



Innovazione nella didattica delle scienze
nella scuola primaria e dell'infanzia:
al crocevia fra discipline
scientifiche e umanistiche

Volume III

Atti del Convegno

Modena e Reggio Emilia
21 e 22 novembre 2014

Articoli selezionati

a cura di

Federico Corni
Tiziana Altiero

La pubblicazione del presente volume è stata possibile grazie al sostegno del

**Dipartimento di Educazione e Scienze Umane
dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

© 2015, Universitas Studiorum S.r.l. - Casa Editrice
via Sottoriva, 9
46100 Mantova (MN), Italy
P. IVA 02346110204
tel. 0376/1810639
<http://www.universitas-studiorum.it>
info@universitas-studiorum.it

Prima edizione 2015

Finito di stampare nel dicembre 2015

ISBN 978-88-99459-28-4

Il convegno *“Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria e dell’infanzia: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche”* è giunto alla sua terza edizione, nel 2014, come momento di dialogo costruttivo tra due mondi spesso molto, anzi, troppo distanti tra loro: il mondo della ricerca didattica, da una parte, quasi esclusivamente condotta a livello universitario, e quello della scuola, che nel suo concreto e quotidiano lavoro lamenta un forte divario dal mondo accademico. Il convegno è anche un’occasione per creare un legame sempre più forte tra discipline scientifiche e umanistiche, che sembrano percorrere strade divergenti per contenuti e obiettivi ma che, dialogando, trovano numerosi punti di incontro costruttivi in grado di generare altra conoscenza. La terza edizione del convegno tenutasi nel 2014, in continuità con le precedenti edizioni (2010 e 2012), ha voluto esplorare ed approfondire uno dei temi emersi fra i più interessanti e innovativi: le storie e la narrazione come strumento di costruzione di significati e di stimolo allo sviluppo del pensiero formale a partire dal linguaggio naturale.

Il convegno è stato organizzato in tre sessioni. Nella prima sessione (21 novembre 2014) e seconda (22 novembre 2014, mattina), studiosi riconosciuti a livello internazionale, esperti in diversi settori della ricerca, da quella umanistica a quella scientifica, hanno presentato su invito aspetti teorici frutto di recenti studi riguardanti le scienze cognitive, linguistiche e pedagogiche che si rivelano sempre più fondamentali per la didattica delle scienze nella scuola primaria e dell’infanzia. Sono stati affrontati temi e problematiche riguardanti anche la didattica delle scienze e la formazione insegnanti, presentando sperimentazioni metodologiche di percorsi scientifici realizzati nelle scuole. La terza sessione (22 novembre 2014, pomeriggio), come di consueto, è stata dedicata alle presentazioni e alla discussione di contributi riguardanti le esperienze di pratica didattica e di ricerca inerenti al tema del convegno da parte dei numerosi insegnanti in servizio e in formazione e dei ricercatori provenienti da diverse regioni italiane e da altri stati europei.

Questo volume riporta contributi selezionati tra quelli presentati al convegno. La lingua è quella originale dell'autore per preservare l'autenticità e la fedeltà del contenuto.

Comitato scientifico

Federico Corni

University of Modena & Reggio Emilia, Italy

Tiziana Altiero

University of Modena & Reggio Emilia, Italy

Hans U. Fuchs

Zurich University of Applied Sciences at Winterthur,
Switzerland

Enrico Giliberti

University of Modena & Reggio Emilia, Italy

José Cantó Doménech

University of València, Spain

Annamaria Contini

University of Modena & Reggio Emilia, Italy

Maria Elena Favilla

University of Modena & Reggio Emilia, Italy

Mauro Marchetti

University of Modena & Reggio Emilia, Italy

Tamer Amin

American University of Beirut, Lebanon

Michele D'Anna

High school of Locarno, Switzerland

Paolo Lubini

High school Lugano 2 of Savosa, Switzerland



Sommario

Seminari su invito

TAMER AMIN The complexity of scientific concepts: the good and the bad news for educators	11
JÖRG ZABEL Narrative and metaphor as conceptual tools for understanding evolution theory	35
LUIGINA MORTARI La saggezza dei bambini. Domande aperte che nascono dall'esperienza	71
HANS U. FUCHS, MANUELA CERVI Wind or Air? A Dialog About Forces of Nature, Emotion, and Good Stories	87
MARIA ELENA FAVILLA Le storie nella didattica delle scienze. La struttura linguistica e l'importanza del dialogo	109
JOSÉ CANTÓ DOMÉNECH Build stories as a teaching tool for teaching of science in early childhood education	131
FRANCO LANDRISCINA The role of mental simulation in understanding and in creating scientific concepts	141
DANIELA SOCI, SILVIA RATTIGHIERI Cosa succede prima? Sostenere la conoscenza attraverso l'esperienza. Tra nido d'infanzia e scuola dell'infanzia	167
FEDERICO CORNI, ENRICO GILIBERTI, TIZIANA ALTIERO Il progetto "Piccoli scienziati": un approccio narrativo alle scienze per insegnanti in servizio	179

Contributi

SANDRA RAMELLI, TOMMASO CORRIDONI Sperimentazione e narrazione nell'apprendimento scientifico alla scuola dell'infanzia	205
MICHELE PERTICHINO, ANTONELLA MONTONE, CARMELA FIORE, MARIA PAGONE Matematica in scena: travestimenti, personaggi e storie attraverso i concetti matematici	221
ANTONELLA MONTONE, MICHELE PERTICHINO, ELEONORA FAGGIANO, MICHELE GIULIANO FIORENTINO La creatività e le fiabe come strumenti di costruzione del pensiero matematico nella scuola primaria	237
ANNA PAOLA LONGO Dall'esperienza alla matematica: alla scoperta di significati	253
GIULIANA CROCE Osservazione e descrizione di fenomeni naturali nella scuola dell'infanzia: "l'acqua, il ghiaccio, il vapore"	271
FRANCESCA MORGESE Il magico cac-tui ed altri racconti. Una esperienza di laboratorio di storytelling e demoiatrica nella scuola primaria	285
MARIO TANGA, FAUSTO GHELLI, GIACOMO GELATI La narrazione come mediatore tra l'esperienza corporeo-motoria e la conoscenza della fisica	297
ALESSANDRA LANDINI Metafora, emozioni e concetti scientifici: rabbia ed elettricità	319
VALERIA DEL RIO La comprensione romantica nella didattica delle scienze	353
LUCA MALAGOLI, GIULIA CATTELANI Scienziati in erba. Ovvero come far emergere lo scienziato che è in noi	371

Seminari su invito

INNOVAZIONE NELLA DIDATTICA DELLE SCIENZE NELLA SCUOLA PRIMARIA E DELL'INFANZIA
AL CROCEVIA FRA DISCIPLINE SCIENTIFICHE E UMANISTICHE

THE COMPLEXITY OF SCIENTIFIC CONCEPTS: THE GOOD AND BAD NEWS FOR EDUCATORS

Tamer G. Amin

American University of Beirut

Abstract

This paper begins by stating some assumptions about scientific concepts and learning difficulties that educators often make. It then describes how scientific concepts are seen from the perspective of the field of cognitive science and the research field of science education. The view from these fields suggests that scientific concepts are complex structures made up of a number of different types of knowledge elements. The paper then turns to commenting on an aspect of this complexity that can be used by educators, namely that many of the knowledge elements that make up scientific concepts are available to learners. Thus, the good news is that instruction can build on these resources. The bad news, however, is that coordinating these multiple resources to support scientific understanding is challenging. The paper concludes by pointing out that some progress is being made in science education research to identify ways to teach with this complexity of scientific concepts in mind.

Introduction

When science educators use the word “concept,” they often have some kind of qualitative or quantitative definition in mind. At the elementary (primary) level the concept of matter might be characterized in terms of its definition – *Matter is that which has weight and occupies space*. At more advanced levels a quantitative definition for a concept might be provided – e.g. *Kinetic Energy = $\frac{1}{2}mv^2$ or $F = ma$* . Traditional instruction would typically introduce the definitions, present a few examples and then encourage application to other situations or problems. Laboratory experiences would often be designed to verify the accuracy of relationships expressed in the definition – e.g. relationships between variables. More progressive instruction might begin with hands on experiences so that a verbally expressed definition is only introduced after the learner has the relevant concrete experiences. At more advanced levels, the experiences may result in the opportunity to infer the relationship between variables.

When the usual instructional approaches are not successful, educators have to diagnose the difficulties faced by students when trying to make sense of scientific concepts. A ready diagnosis is that scientific concepts are “abstract”. Used in this context, “abstract” can mean *removed from everyday experience and/or expressed in an unfamiliar language* (including mathematics). When the difficulty that students face is diagnosed as the abstract nature of scientific concepts, the implication for instruction is often thought of in terms of *readiness*. It might be said that younger learners are “not yet ready for abstract concepts”. This is an unfortunate legacy of Piaget’s stage theory of cognitive development. But Piaget’s theory has, for some time, been shown to underestimate the thinking of younger children (Carey, 1985).

In this paper, I describe how scientific concepts are understood from the perspectives of the field of cognitive science and the research field of science education. I explain what researchers in these fields have in mind when they use the phrase “the concept of ...” As I will explain, the picture of concepts we get from these fields is of a fairly complex cognitive phenomenon. It is this complexity that is the source of the challenges of teaching and learning. However, the complexity of scientific concepts can be broken down into components that, when isolated, can often be shown to be readily available to the learner. The challenge, therefore, ends up being that of assembling diverse knowledge elements.

Scientific Concepts from the Perspectives of Cognitive Science and Research in Science Education

Researchers in the fields of cognitive science and science education have a different understanding of what they mean by the word “concept” when compared to that of most educators. While there are in fact a variety of different views of concepts in these fields, this paper is not the place for an extended discussion of these differences. Instead, the purpose of this section is to illustrate two prominent views - one from cognitive science and the other from science education – which give a single overall picture of concepts around which there is substantial consensus. I begin with cognitive science.

The cognitive developmental psychologist Susan Carey (2009) has formulated an explicit account of the nature of concepts as follows. To her, a concept is a symbol in the mind that supports the ability to think (e.g. categorize, reason, solve problems) and use language. In her view, a concept is a mental representation (some mental symbol) that *refers* to a class of things in the world and participates

in a system of inferences. In Carey's use of the term, a concept *itself* is simply some symbol or mental token, its *content* is characterized by the set of things in the world to which it refers *and* that system of inferences it participates in. Together these aspects of the content of a concept will support distinct judgements about distinct kinds of things in the world and will enable reasoning and problem solving about these distinct kinds. Concepts will also enable language use because they represent the meaning of words. Figure 1 represents this graphically. In the figure, some generic concept (C) is seen as referring to some subset of objects in the world (O6 – O8) and participating in a set of propositions relating it to other concepts (A, D & P). One way to think about the set of propositions that determine the inferential aspect of the content of concept is to imagine not knowing a language and using a dictionary in the language to characterize the meaning of a word.

In science education researchers are converging on a consensus view of concepts that is in many respects consistent with the view from cognitive science just described. Researchers in science education increasingly think of concepts in terms of a mental "ecology" with many interacting components (see Amin, Smith, & Wiser, 2014 for review). These components include domain specific beliefs formulated in language or mathematics (DSB); metacognitive and epistemological beliefs *about* knowledge and learning (MEB); imagery, image schemas and mental models that are iconic representations (IR). Learning a concept from this perspective involves in part acquiring more components and in part (a large part!) re-organizing those components. To illustrate these different types of knowledge components (indicated by the relevant acronyms in parentheses) let's use a description of elements of a fairly (yet not very sophisticated) scientific

understanding of the concept of matter (see Figure 2) based on Smith and Wisner (2013).

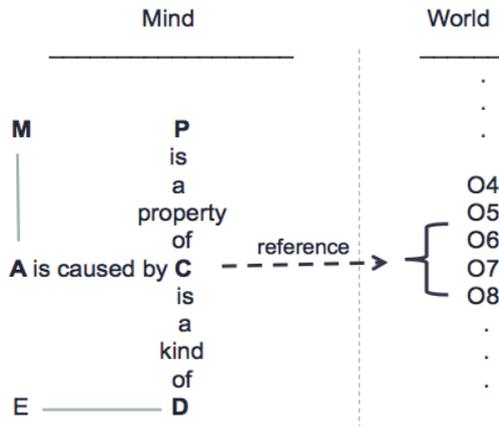


Figure 1: An illustrative representation of concepts.

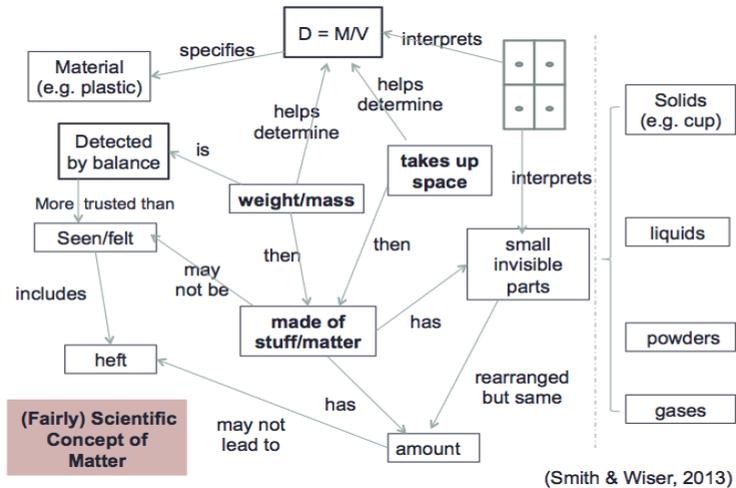


Figure 2: A representation of the content of a fairly scientific concept of matter.

The content of the concept of matter represented in Figure 2 can be summarized as follows. Something is considered to be made of matter if it has weight and takes up space (DSB). That matter/stuff can be visualized as composed of very many small invisible parts (IR). These parts can get rearranged and form different shapes and take different forms (solid, liquid, or gas) (DSB). Sometimes very small amounts are not visible or felt but we know that they can be detected using a sensitive weighing scale and this indicates their presence (MEB). Different materials consist of matter that is packed to different degrees in a certain space (DSB). That is, the density of the material can vary. We can quantify these ideas through the definition of density as mass/volume ($D=M/V$) (DSB). We can visualize the relationship between these three variables in an intuitive way using a model of dots (representing amount of material or mass) and boxes (representing volume) (IR). The extent to which dots are packed into boxes represents density (IR). Thought about in this way the concept of matter refers to many things in the world including clearly solids and liquids, but also powders that seem negligibly light or gases that we may not be able to see or feel. It is this whole collection of various kinds of knowledge elements that constitutes the scientific concept of matter at this level. (Of course, this can get more sophisticated at more advanced levels.)

The Good News and the Bad News for Educators

What does this characterization of scientific concepts mean for educators? In this section, I discuss this question starting with the good news and then turning to the bad news. The good news is that the multiple components that make up concepts can be seen as resources readily

available to the learner. The bad news is that it becomes clear that learning a concept involves the challenging task of coordinating multiple knowledge elements. So let's start with the good news.

The components of concepts as resources

As indicated above, we can list the following types of knowledge elements that constitute a scientific concept: domain specific beliefs, metacognitive and epistemological beliefs, and iconic representations like images, image-schemata and mental models. A useful way to organize a discussion of different types of knowledge is in terms of format, how that knowledge is represented. In cognitive science an important distinction is often made between propositional and non-propositional representations. Propositional representations are language-like with a truth value – i.e. can be judged to be true or false statements about some state of affairs in the world –. Statements in natural language or mathematically expressed relationships between numerical quantities are examples.

Non-propositional representations bear a relationship of similarity to what they represent. A nonpropositional representation can be more or less similar to what it represents but cannot be judged to be true or false. Mental imagery is the clearest example of non-propositional representations. Another example is image schemas, which are abstractions from sensorimotor experiences. Mental models, analogical representations of objects and events, which support dynamic simulation and reasoning by coordinating imagery and image schemas are a third. In the rest of this section, I illustrate each of these knowledge types using examples from science, and discuss how such elements can often be seen as readily available to

learners. I then turn to two types of knowledge elements – symbolic forms and conceptual metaphors - that can be seen to be combinations of both propositional and non-propositional representations.

Examples of propositional representations in science are “Temperature is proportional to kinetic energy,” “ $F=ma$ ” and “ $D=m/V$.” Each of these constitutes a claim about a state of affairs in the world and can be shown to be true or false. These can be referred to as domain *specific* beliefs as they are statements about specific domains – i.e. thermodynamics, mechanics and particulate theory of matter, respectively. Other propositional representations can be *metacognitive*, that is, *about* knowledge more generally. For example, we may hold the belief “Measuring instruments are more trustworthy than the senses” or “Diagrams or models capture only some aspects of what they represent”.

Whether domain specific or metacognitive, we would associate the examples I just listed with accurate scientific knowledge, so in what sense can these be seen as resources “readily” available to the learner? If these are beliefs that constitute parts of scientific concepts, how can recognizing this be seen as part of the “good” news for educators? The answer to both questions is to see these beliefs written in quotes above as (simply) what they are, *representations*. All learners can hear these statements uttered by a teacher or read them in a textbook and remember them. Indeed rote memorization of curricular content is never seen (by teachers or learners) as a challenging aspect of learning concepts. The problem is identified more with meaningful understanding of these remembered representations. But in what sense are these useful “resources”? A recent account of concept development has

recognized that just such shallowly understood propositional representations play the important role of creating symbolic placeholders for the relationships between concepts that need to be understood (Carey, 2009). Simply remembering that “density = mass/volume” provides a useful starting point for developing a conceptual understanding of the concept of density and a scientific understanding of matter. That understanding will come from grounding the interpretation of propositional representations in the intuitive understanding derived from non-propositional representations, which I turn to next.

The first kind of non-propositional representation I will consider is imagery. John Clement and his collaborators (e.g. Clement, 2008; Stephens & Clement, 2006) have shown that school aged learners will use imagery to make sense of scientific concepts presented to them just as scientists do when presented with novel situations that require them to make creative leaps in their understanding. Clement and his colleagues have been devising methods to uncover instances of the use of imagery by students in classroom settings. Central to these methods is the identification and analysis of the use of gesture as a basis for inferring the use of imagery. This is illustrated in the annotations of a student’s use of gestures while responding to a teacher’s question about gravity at different locations on the Earth’s surface. The student is making reference to a diagram drawn on the board of two stick figures on either side of the Earth represented as a circle:

T: Compared to the US, gravity in Australia is: a little less, equal, a little but more?

S: Well I just think that gravity has nothing to do with rotation, but maybe with **[quick rotating movement with right forefinger]** rotation like **[points to chalkboard]** that guy is trying

to get **[emphatic movement with his right hand and arm, beginning on the right side of his body and sweeping leftward in front of him]** thrown off the Earth. So he's getting **[repeats sweeping movement]** pulled at the same rate but he's also getting **[reverses previous movement, pulling his right hand and arm back to the right]** pushed away. (Stephens & Clement, 2006)

According to Stephens and Clement (2006), this student's response and the gestures accompanying it reveal the use of imagery. That is, the student is creating a mental image which is simulating the two different types of rotation that the Earth undergoes. This imagistic simulation is enabling him to reason through to a possible answer to the question posed by the teacher (not included above). In this context, "imagery" is understood as mental reenactment of objects and events in the 'mind's eye'. The research of Clement and colleagues has shown that engaging in imagistic simulation is something that learners can and *do* do even in the absence of explicit instruction to do so.

The next kind of non-propositional representation to consider is *image schemas*. Image schemas are understood as abstractions from sensorimotor experiences. From infancy we begin to interact with the world in various ways, pushing, pulling, putting things in and taking them out of containers, we lose and regain our balance while walking and sitting and so on. All of these interactions involve sensory experiences of perceiving the objects we interact with and motor experiences in which we are aware of our own actions and the bodily sensations that accompany them. When similar sensorimotor experiences of this kind recur we abstract the core, generalizable elements of these experiences. For example, from many different experiences pushing all sorts of

different things to move them from one place to another, we abstract the core elements of *sense of agency associated with exerting a force on an object which results in some motion*. These abstracted core elements form a structure (or “gestalt”). Although it derives from sensorimotor experiences, once abstracted it becomes a *mental* structure that can be invoked in the absence of the sensorimotor experiences themselves that gave rise to the structure in the first place. Thus, image schemas can support *conceptualizing* including categorizing things and making inferences about them (Mandler, 2004).

In science education research, diSessa (1993) made the claim that our intuitive understanding of objects and their interactions is grounded in many image schemas, which he called phenomenological primitives (or p-prims). The image schema glossed above corresponds to what diSessa called the *force-as-mover* p-prim. He has described many others such as *balance* and *overcoming*. He hypothesizes that we all develop hundreds, if not thousands, of such structures throughout our lives and they form the intuitive basis of our sense making about the physical world. He also goes on to argue that these structures continue to play a very productive role in *scientific* understanding and sense making.

David Brown and John Clement (Brown & Clement, 1989; Clement, 1993) provide a particularly dramatic illustration of this productive role in their method of bridging analogies. They used this method to help students understand the idea that any surface exerts an upward normal force equal to the downward force of gravity exerted on an object resting on the surface. They first note that the learning challenge is of accepting the unintuitive idea that an apparently inert surface (of a table, for example) can

be seen as exerting a force. In order, to help students make sense of this idea they search for what they call an anchoring intuition: a situation where an upward force on an object being pulled down by gravity *is* intuitive – e.g. a book placed on a spring. The method of bridging analogy recognizes that learners may not readily accept the similarity of the anchor and the target situation, so they come up with a bridge – a situation that resembles both the anchor and the target (e.g. a thin plank of wood that is “springy” but still made of wood like a table). The bridging analogy technique works, according to Brown and Clement, because it encourages the learner to draw on an intuitive knowledge structure (= image schema, p-prim) that is intuitively and readily invoked in some situations but with the instructional support of the bridging analogy can be shown to be appropriate in a target situation.

A final type of non-propositional knowledge element available to learners is not so much a new type as much as a combination of two others. When images and image schemas get invoked together the result is a mental reenactment of objects and events which is interpreted in terms of image schemas. The result is a mental model which allows someone to reason about the dynamic and causal features of a situation generating predictions of what will happen or explanations of what has been observed. We have already seen an example but it wasn't discussed in relation to the idea of a mental model. If we return to the excerpt of the student reasoning about gravity at different locations on the Earth we will notice that he was not just enacting the movement of the Earth but was invoking causal relations (he talked about the guy being “thrown”, “pushed” and “pulled”). That is, he was *interpreting* the image he invoked with image schemas of force interactions between objects to

reason through the implications of being at different locations of the Earth for the force of gravity on a person. What he did was construct a mental model of a situation which enabled him to enact this situation in his mind and consider the implications for the forces involved. Mental models have been identified in characterizations of intuitive, prescientific understanding in many domains (Gentner & Stevens, 1983) and have been shown to play an important role in scientific cognition as well (Nersessian, 2008).

Before concluding this section, I will mention two more types of knowledge elements that constitute scientific concepts but which need to be characterized in terms of both propositional and non-propositional components; these are conceptual metaphors (Lakoff & Johnson, 1980) and symbolic forms (Sherin, 2001).

Over three decades ago now, the linguist George Lakoff and the philosopher Mark Johnson wrote a book entitled *Metaphors We Live By* (1980) that generated a great deal of interest in linguistics and in cognitive science, more generally. In that book, they pointed out that everyday language is full of implicit metaphors that had not been recognized. They also argued that these metaphors are so pervasive and systematic, suggesting that they reflect an underlying conceptual phenomenon that many abstract concepts are understood in terms of metaphor. They illustrated this point by showing very many patterns in everyday language use. For example, in reference to relationships we would say 'We're at a crossroads,' 'We've had a parting of the ways,' 'Look how far we have come' and 'It's been a bumpy road.' Lakoff and Johnson pointed out that all of these statements (and many more) reflect an underlying conceptual mapping that they called *Love Is A Journey*. This kind of mapping between the domain of love/

relationships and traveling in a journey they called a conceptual metaphor. They discuss many more examples in their book (e.g. *Time Is A Resource*; *Argument Is War*) and the implications of the phenomenon of conceptual metaphor for how we should understand how our conceptual systems work. The central idea was that our understanding of abstract concepts that cannot derive directly from experience is based on mapping of knowledge from more familiar conceptual domains. Since the book appeared in 1980, there has been a great deal of work on conceptual metaphor by Lakoff and Johnson themselves and others. More recently, they have shown that many of the conceptual domains that are mapped to abstract concepts are themselves structured in terms of image schemas (described above) such as *containers*, *possessions*, *movement of possessions*, *paths*, *forced movement along a path* and others (Lakoff and Johnson, 1999).

Based on the analysis of the metaphorical use of the term “energy” in *Feynman’s Lectures on Physics*, I showed how pervasive the phenomenon of conceptual metaphor is in the language of science as well and that it is likely that this reflects conceptual mapping between image schemas and abstract concepts in science as well (Amin, 2009). For example, we see energy is systematically construed as a *substance* (e.g. ‘How much energy does it *have*?’), change of energy state construed as *movement of a substance* (e.g. ‘It *lost* energy to the surroundings.’), and forms of energy are construed as *container* (e.g. ‘The energy was *stored in* the compression of the spring.’) The phenomenon of conceptual metaphor as implicit in the language of science is now being studied extensively (see a special issue on the topic, Amin, Jeppsson & Haglund, 2015). Many issues of relevance to science learning and

teaching have been explored, including the metaphors implicit in the language of science to which students are exposed, the metaphors used by students themselves to construe an abstract scientific concept, the incorrect interpretations that learners will sometimes give to the metaphors they are exposed to, the role that metaphors play in problem solving, and how analogies and visual representations can be selected and designed to help learners correctly appropriate the conceptual metaphors in a domain they are learning. What's particularly important to highlight for the purposes of this paper is that when students get exposed to challenging scientific language when they learn science, that language has verbal clues (in the form of spatial prepositions, concrete action verbs and others) to image schemas that will be useful to them as they try to make sense of difficult abstract concepts. Non-propositional image schemas are triggered by elements of (propositional) linguistic expressions that implicitly encode a metaphorical expression.

An analogous phenomenon has been identified in mathematical equations but is less transparent to the learner. Bruce Sherin (2001) has analyzed problem solving sessions of advanced physics students. Through careful analysis of the transcripts and video recordings of these sessions, Sherin was able to identify an important knowledge resource that enables successful problem solving, a resource he calls symbolic forms. As Sherin explains, symbolic forms are associations of symbol patterns of equations and conceptual schemata. For example, consider the pattern of two terms on either side of an equal sign ($\square = \square$), two terms separated by a minus sign ($\square - \square$) or a term divided by an increasingly larger term (\square / \square). Sherin calls the generic pattern in each of these examples

a symbol template. He found that advanced physics students would parse physics equations using such templates and would associate them with some kind of conceptual schema that would enable them to make sense of the equation. In the three cases just discussed, the conceptual schemata would be *balancing*, *opposing influences*, and *dying away*, respectively. Interpreting equations in this way enabled the problem solvers in Sherin's study to connect the quantitative relationships expressed in an equation with the physical situations they were thinking about; that is, the symbolic forms helped problem solver coordinate qualitative and quantitative understanding of the problem situation.

Identifying the use of symbolic forms in the thinking of advanced problem solvers is to identify symbolic forms as contributors to expertise. However, what is important to point out in the context of this paper is that the conceptual schemata that make up part of symbolic forms are essentially image schemas which are readily available to a learner. As in the bridging analogies strategy, the instructional challenge is to find ways of encouraging learners to trigger the right image schema at the right time. While I know of no study that explores how the use of symbolic forms to interpret physics equations can be taught, it is clear that a key component of this knowledge resource is available to the learner and is waiting for the teacher (or the learner) to find a way to invoke it appropriately.

The challenge of coordinating knowledge resources

The previous section surveyed the various knowledge elements that are the components of scientific concepts and showed that these elements (or at least aspects of

them) can often be seen as readily available to learners and can serve as the basis upon which learners can build their understanding of difficult concepts. That was the good news for educators about the nature of scientific concepts. The *bad* news for educators is the other side of the coin of breaking concepts down into a collection of multiple parts. The result of breaking concepts down in this way shows that they are complex knowledge systems (see also Brown & Hammer, 2008; diSessa, 2002 for different views of this complexity) and that to understand a concept is to coordinate a large collection of knowledge elements of different types and formats. It is here that we must identify the key challenge of instruction.

Some progress has been made in dealing with this complexity in the science education literature but in select domains and much work still needs to be done. Smith and Wiser (2013) give a detailed account of the elements that need coordinating for children to develop a (more) scientific understanding of the concept of matter, to return to the example elaborated earlier in the paper. First, the instructional approach taken builds on and transforms the following ideas available to learners early on, many of which are in the form of non-propositional representations:

- A notion of object in which shape and size are understood as invariant and important for actions; understood to be countable; but *not* yet construed as materials.
- An understanding of *non*-solids that do not maintain shape; are not quantifiable; may lack permanence; but *are* construed as materials.
- Subjective understanding of weight as heft, resulting in the view that very small things weigh nothing; this notion of weight is conflated with density.
- In this early understanding, bigness conflates length,

area and volume; qualitative comparisons are possible but not quantified.

- The metacognitive belief that what you sense (see, feel) is what is there; thus, matter/stuff is that which is seen, felt, touched (so gases are not included).

Some informal learning processes and thoughtful instruction can build on these existing understandings, make use of propositional placeholders and encourage the triggering of useful non-propositional knowledge elements. The following informal processes and formal instructional interventions have been found to contribute to developing a more scientific concept of matter.

- Natural, everyday exposure to linguistic constructions (e.g. [material name] [object name] or X is made of Y) which function as placeholders guide understanding of material kind (e.g. plastic, wood).
- Assisted construction of a macroscopic compositional model needed for amount of material.
- Experiences measuring weight with scales and being taught a concept of measure can guide construal of weight in terms of amount of material (invariant across reshaping and resizing) which then leads to a more objective concept of weight; here representations of quantity serve as placeholders.
- Experiences measuring length, area, volume help differentiate these from each other after being conflated in “bigness;” again, representations of quantity serve as placeholders.
- Inquiry activities exploring volume vs. weight relationships and identifying families of materials with common ratio support the understanding of density as distinct from weight; and again, representations of quantity serve as placeholders.

- Repeated division and weighing activities followed by discussion (supported by imagery) of what happens if we imagine keeping on dividing leads to an imagistic representation of invisible particles.
- Modeling activities (not didactic instruction or unguided inquiry) and explicit instruction about modeling help develop explicit epistemological beliefs about models.

Together, all this leads to a macroscopic particulate model of matter, which is a useful stepping stone to a more scientific understanding. This work by Smith and Wiser (2013) on developing an understanding of matter is conducted within the broad perspective of learning progressions (see Wiser, Smith & Doubler, 2012). From this perspective core domains of conceptual knowledge are identified as central to developing a basic scientific understanding. It is recognized that learning must begin from the conceptual resources children bring to formal instructional settings. It is also recognized that designing instruction has to focus on coordinating multiple knowledge elements (both domain specific and metacognitive) and will be in propositional and non-propositional formats.

A number of other approaches to curricular and instructional design that embrace the challenge of coordinating multiple knowledge elements include: Knowledge Integration, in which extended middle school units are organized around models of intermediate abstraction (Linn, 2008); Learning Goals Design, in which concept learning is developed in the context of inquiry with emphasis on “knowledge-building” where standards, curricular units and assessments are aligned (IQWST middle school project) (Krajcik, McNeill, & Reiser, 2008); and the integrated science and mathematics modeling curricula in elementary years (Lehrer & Schauble, 2000).

Conclusions

In sum, the fields of cognitive science and science education have provided us with a view of concepts as complex knowledge systems. The components that make up these systems are largely available to the learner. This is good news for educators who seek to guide learners to develop meaningful conceptual understanding. The challenge, however, is to guide learners to invoke the resources they have available at the right time and in the right context and to coordinate these multiple resources in ways that resemble what scientists themselves do. There has been some progress in the science education literature to design instructional interventions and curricular sequences that can achieve the needed coordination. But this has been limited to relatively few domains. Moreover, some elements such as conceptual metaphors and symbolic forms are yet to be addressed in these larger scale investigations into instructional and curricular interventions (but see the contributions in Amin et al., 2015 for initial attempts to design instruction in light of the phenomenon of conceptual metaphor). Future work will need to both broaden its scope to address a wider range of domains and deepen its focus to address more knowledge elements within a conceptual domain.

References

- Amin, T. G. (2009). Conceptual metaphor meets conceptual change. *Human Development*, 52(3), 165-197.
- Amin, T. G., Jeppsson, F. & Haglund, J. (2015). Conceptual metaphor and embodied cognition in science learning: Introduction to special issue. *International Journal of Science Education*.
- Amin, T. G., Smith, C. & Wiser, M. (2014). Student conceptions and conceptual change: Three overlapping phases of research. In N. Lederman & S. Abell (Eds.), *Handbook of research in science education*, vol. II (pp. 57 – 81). New York: Routledge.
- Brown, D., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18(4), 237–261.
- Brown, D. & Hammer, D. (2008). *Conceptual change in physics*. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge.
- Carey, S. (1985). *Are children fundamentally different types of thinkers and learners than adults?* In S. Chipman, J. Segal, and R. Glaser (Eds.) *Thinking and learning skills* (volume 2). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. Oxford, UK: Oxford University Press.

- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Clement, J. (2008). *Creative model construction in scientists and students: The role of imagery, analogy, and mental simulation*. Dordrecht: Springer.
- diSessa, A. (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2/3), 105-224.
- diSessa, A. (2002). Why "conceptual ecology" is a good idea. In M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 29-60). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Krajcik, J. S., McNeill, K. & Reiser, B. (2008). Learning goals driven design model: Developing curricular materials that align with national standards and incorporate project based pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1-23.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and the challenge to Western thought*. New York: Basic Books.
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2000). Developing model-based reasoning in mathematics and science. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 39-48.

- Linn, M. (2008). Teaching for conceptual change: Distinguish or extinguish ideas. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change, 1st edition*. New York: Routledge.
- Mandler, J. (2004). *The foundations of mind: The origins of conceptual thought*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Nersessian, N. (2008). *Creating scientific concepts*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sherin, B. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction, 19*(4), 479-541.
- Smith, C. & Wiser, M. (2013). Learning and teaching about matter in the elementary grades: What conceptual changes are needed? In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change, 2nd edition*. New York: Routledge.
- Stephens, L. & Clement, J. (2006). Designing classroom thought experiments: What we can learn from imagery indicators and expert protocols. *Proceedings of the NARST 2006 Annual Meeting*, San Francisco, CA.
- Wiser, M., Smith, C., & Doubler, S. (2012). Learning progressions as tools for curriculum development: Lessons from the Inquiry Project. In A. Alonzo & A. Gotwals (Eds.), *Learning progressions in science: Current challenges and future directions* (pp. 359-404). Rotterdam, the Netherlands: Sense Publishers.

INNOVAZIONE NELLA DIDATTICA DELLE SCIENZE NELLA SCUOLA PRIMARIA E DELL'INFANZIA
AL CROCEVIA FRA DISCIPLINE SCIENTIFICHE E UMANISTICHE

NARRATIVE AND METAPHOR AS CONCEPTUAL TOOLS FOR UNDERSTANDING EVOLUTION THEORY

Jörg Zabel

Institute for Biology, Biology Education
Leipzig, Germany

Abstract

Human beings 'make sense of the world by telling stories about it' (Bruner 1996, p.130). Thus, meaningful narrative explanations cannot simply be replaced by scientific conceptions that are contradictory to the learner's experimental realism (Gropengiesser 2003). This is specifically relevant in those domains of science where conceptual change in favour of scientific explanations is difficult to achieve, e.g. the theory of evolution. Learners tend to make sense of the phenomena in their own, non-scientific way that includes intentional and teleological explanations.

This paper focuses on the role of a so-called 'narrative mode of thought' (Bruner 1996) for meaning making in the science classroom. We present results from a study in lower secondary school (age 12-13 ys.), exploring how students make sense of adaptation phenomena. Before and after a teaching sequence on the theory of evolution, students explained the evolution of modern whales from their terrestrial ancestors by writing narrative or non-narrative texts on the issue. Text analysis, combined with student interviews, revealed students' conceptions and their

individual methods of making sense of adaptation phenomena. Those students who chose to write narratives often used common story plots and motives. Some of these plots, e.g. 'social outcast'-stories, appeared to help students to understand key concepts of Darwin's theory. The data suggest that the narrative paradigm is appropriate to investigate and to strengthen individual and emotional aspects of understanding science. However, the evidence also puts into question too generalized assumptions on the two 'modes of thought'.

1 Introduction

For a person who wears glasses and suffers from asthma, as I do, survival in the Stone Age wouldn't have been easy. If a rhino had tried to spear me – well rhinos don't spear people, but if I was threatened, I might have spotted it too late. I wouldn't have been able to run fast enough due to my lungs not working so well. So I would have been killed and wouldn't have had the chance to pass on my genes due to my defects. (Katharina, 18 ys.)

This passage from an interview with a German school student illustrates how deeply narrative can be involved as soon as learners start explaining complex biological phenomena. The interviewer had asked Katharina to explain what natural selection was about, and after trying hard to formulate an abstract definition to this notion, she eventually came up with this imaginative little story. The stone-age scene immediately reminds the reader of Darwin's metaphorical conceptualization of natural selection as a struggle for life. This metaphor literally condenses a complex process to a concrete, observable event, a physical confrontation. In a subsequent step of concretisation, Katharina elaborates the idea of natural selection as being a 'struggle' to a narrative structure, thereby filling the roles of the adversaries with a mighty animal and –

in the inferior position – herself. Obviously she imagines herself as a potential victim of natural selection, due to her physical 'defects'. The imaginary example illustrates Katharina's belief that if nature had had its will, defective individuals like herself would have been eradicated long before. This example may raise the question: What is the meaning and the value of narratives like this one for the science classroom?

2 Theoretical Background

2.1 The Narrative Predisposition

It is known that certain meaning categories dominate the child's interest and attention during the period of early language acquisition, e.g. people and their actions (1). Furthermore, young children show an early readiness to mark what is unusual (2), they master the subject-verb-object order of indicative sentences relatively early (3), and they use perspective, primarily through prosodic features (4). Interestingly, these four categories are also basic requirements of narrative. Bruner (1990, p. 79) concludes from this evidence that 'it is the human push to organize experience narratively that assures the high priority of these features in the program of language acquisition'. Stories and myths have been an essential part of human culture long before the rational period. Narrative is believed to play an important role in meaning making because it is very close to fundamental human experience and behaviour. E.g. in stories, actions have reasons, not causes. Unlike cause-effect relationships, intentional states such as beliefs and desires invite the reader or listener to judge them in normative schemes. This implies sometimes breaches of convention or unusual points of view that challenge the reader's own interpretation of reality.

Narrative realities

In the last 25 years, narrative psychology and the related disciplines have extended the investigation of the role of narrative from the early, relatively narrow cognitive approaches to a variety of functions of the human mind such as identity (for a review see Echterhoff & Straub 2003). The research was influenced by the constructivist paradigm. Narrative is no longer reduced to a mode of writing or communicating, but viewed as a mode of thought that creates an entire reality of its own. Bruner (1996) considers narrative particulars and narrative genres as a predominant way of interpreting everyday events. Since creating and maintaining an image of ourselves means to interpret the countless episodes that we experience and integrate them into a coherent self, our individual identity can be viewed as a narrative reality, imposed on a whole lifespan. But Bruner's phrase 'it takes a story to make 'sense' is equally valid on a cultural level: the joint narrative accrual of history is just one example of how humans work together mentally in order to make sense of their world (1996, p.146). Science, as much as history, is a cultural enterprise that owns its achievements not only to pure application of the scientific method but also to various particulars, coincidences and personal construals of meaning.

2.2 Narrative in the Science Classroom?

The 'power of story' has become an issue in science teaching, and explanatory stories are part of curricular recommendations (Millar & Osborne 1998). However, there is no comprehensive theory and very little data concerning the use of narrative in the science classroom (e.g. Kurth, Kidd, Gardner & Smith 2002). Bruner (1990) stresses the

importance of story for meaningful understanding and the special characteristics of paradigmatic and narrative thinking (Table 1).

	Narrative mode	Scientific mode
Method	Particular events, actions and their reasons are described. A problem is at the centre.	The systematic study of phenomena and logical thinking help to identify relations in the natural world.
Goals	To make meaning of experiences, to fascinate, to convince, to entertain, to create identity	Tested knowledge such as theories, natural laws and explanations
Criteria	coherent, true-to-life	Verifiable, free of contradictions

Table 1. Two Ways of Interpreting Reality (Bruner 1996, modified). Bruner starts from the assumption that there are two distinct modes of thought to be dealt with: the narrative and the scientific (orig. 'paradigmatic') mode, each of them following different rules and objectives.

The gap that opens between the everyday logic applied by the learners and the scientific conceptions can also be described as two 'modes of thought': a narrative mode and a paradigmatic (scientific) one, each of these with universal characteristics (table 1). Human beings 'make sense of the world by telling stories about it' (Bruner 1990, 1996). Bruner criticizes that only the scientific mode is allowed in the science classroom. Instead, a key to conceptual change may lie in the use of both the narrative and the scientific mode as well as 'metacognitive sensitivity' (Bruner 1996) in order to allow students not only to learn the appropriate scientific conceptions but also to give them an individual significance.

Kurth et al. (2002) have investigated classroom conversations in elementary school. Their results depict how an interplay between the two modes develops and helps children to make sense of the natural world. Meaningful narrative explanations cannot simply be replaced by scientific conceptions that are contradictory to the learner's experimental realism.

Narrative and Evolution Theory

This study attempts to explore potential benefits and problems of the narrative mode in the science classroom, particularly in the field of evolution theory and Darwinism. Darwin's Theory of Natural Selection plays a key role for biological understanding (Darwin 1872, Mayr 1984). Some of its essential concepts, such as the biopopulation, differ fundamentally from any physical or chemical entity. Evolution theory therefore constitutes what Mayr (2004) called the 'autonomy' of biology as a science. Furthermore, explaining evolutionary phenomena requires considering natural 'laws' of selection, as well as unique events and random variation. Explanations for species change usually combine the nomological aspects of natural selection, predicting the survival of the fittest and the accumulation of changes in the population's gene pool, with rather 'narrative', contingent aspects of natural history, such as climate changes or catastrophes.

Maybe it is partly due to this complexity that evolution theory is difficult to grasp for students. Conceptual change in favour of scientific explanations is obviously hard to achieve in this domain (Deadman & Kelly 1978, Halldén 1988, Wandersee et al. 1995, Baalman et al. 2004, Zabel & Gropengieser 2011). Learners tend to make sense of

species evolution and adaptation phenomena in their own, non-scientific way that includes intentionalist and Lamarckian explanations. The cognitive linguistics framework (Lakoff 1990, Lakoff & Johnson 1999, Gropengiesser 2003) has proved to be quite helpful in exploring and explaining how students make sense of scientific phenomena such as heat (Amin 2001) and biological adaptation (Weitzel 2006). Apparently, conceptual metaphor and narrative are both powerful tools of everyday meaning making, and we have only begun to explore the relevance and the specific role they play when it comes to the understanding of certain scientific domains, such as evolution theory.

2.3 Adaptation in the Framework of Cognitive Linguistics

According to conceptual metaphor theory (Lakoff 1990, Lakoff & Johnson 1999), thought is embodied, that is, our basic conceptions grow out of bodily experience, i.e. perception, body movement, and experience with our physical and social environment. Lakoff (1990, 269f.) distinguishes between basic-level concepts such as »cat«, »sit« or »mat«, and kinaesthetic image schemas such as up-down, centre-periphery, front-back, or inside-outside. Wherever we lack experience, e.g. in abstract domains, we tend to use these kinaesthetic schemas in order to imagine this target domain, mainly by means of a metaphor. In other words, conceptual metaphors serve as unidirectional projections of a schema from a source to a target domain (Lakoff & Johnson 1999). There is convergent evidence from neural science to the theoretical framework of experientialism. The structure of certain schemas was found to correspond to neural structures of our brain (Gallese & Lakoff 2005).

In the framework of cognitive linguistics, adaptation can be considered a relatively well-investigated concept. We have good knowledge of the conceptual metaphors that the learners use in order to explain how and why species change in time. Weitzel (2006) documented that adaptation (*Anpassung* in German) is a cognitive model based on physical experience. Individuals *adapt* themselves or certain objects up to the point where they fulfil certain criteria. The everyday idea of adaptation is a cognitive model, depicting an active, intentional process initiated by an individual. Subsequently, if the learners metaphorically transfer this cognitive model to the context of evolution, they will consider species adaptation to be active, intentional and individual, too (figure 1) – and many studies indicate that they do so indeed.

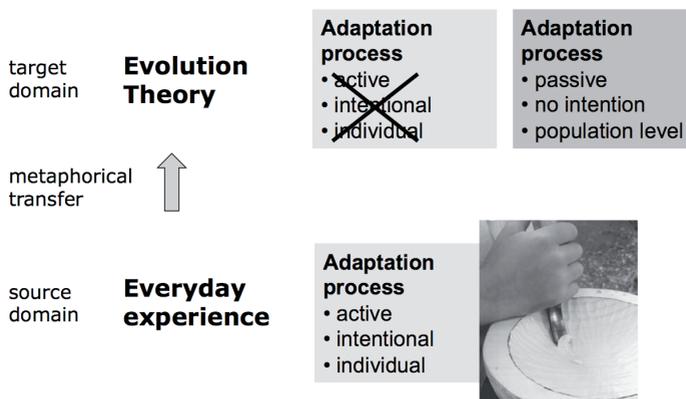


Figure 1. Adaptation as a Cognitive Model Based on Physical Experience. Individuals adapt themselves or certain objects up to the point where they fulfil certain criteria. The everyday idea of adaptation is a cognitive model, depicting an active, intentional process initiated by an individual (Weitzel 2006). The metaphorical transfer of this cognitive model to the context of evolution results in inadequate understanding of biological adaptation.

3 Research Objectives

The main focus of this paper is to investigate the role of narrative in evolution teaching, and to explore its function in the process of individual meaning making. Based on the analysis of case studies, we attempt to draw general conclusions as to the potential benefits and difficulties narratives in the learning of evolution theory.

4 Research Design

Our naturalistic study involved five classes from three different grammar schools (*Gymnasium*), all situated in small towns in northern Germany. The sample encompassed a total of 107 lower secondary students (grade 7, average age 13). All students followed a teaching sequence on evolution theory over a period of five weeks, about 10 lessons in all, designed according to the theory of conceptual change (Posner & Strike 1992) and cognitive conflict (Duit & Treagust 1998). The sequence had been tested in school and finally published (Giffhorn & Langlet 2006). During this study, all students were taught by their usual biology teachers. In an initial phase, students were to explain whale evolution based only on their pre-instructional knowledge. Then, Lamarck's ideas were presented to them as a scientific theory of evolution without labelling it as historical. Most students felt confirmed in their preconceptions, conceiving evolution as a process of individual adaptation, initially triggered by environmental conditions and inherited by following generations. The students were then confronted with Weismann's experimental findings (Weismann 1902) in order to shatter their belief of the inheritance of acquired traits and make them actively search for a new explanation for adaptation phenomena. Then their attention was directed towards the breeding of domestic animals.

Darwin's theory of natural selection was introduced and applied to various evolution phenomena.

The data were collected by a writing assignment at the beginning and end of a teaching sequence, in which the students were asked to explain the evolution of modern whales from their terrestrial ancestors (Zabel 2009, p. 126-128). The assignment was almost identical in the pre- and post-test and was illustrated with three naturalistic drawings: a contemporary blue whale and two extinct whale ancestors, one terrestrial and one semi-aquatic. In this way, we collected a total of 214 pre- and post-instructional texts from the 107 students of the sample group. In addition to the text data, a total of 30 students were interviewed individually, focusing on the writing process, conceptions of evolution and their individual significance.

5 Data Analysis

5.1 Text Sample (n = 214)

All student texts (pre- and post-instructional) were analysed for explanations of whale evolution, using Qualitative Content Analysis (Mayring 2007). The students' explanations were condensed to nine explanation patterns and formulated. According to the Model of Educational Reconstruction (Duit, Gropengiesser & Kattmann 2005), the corresponding scientific conceptions are needed for a mutual comparison. For this purpose, we used Weitzel's (2006, p. 41-79) thorough clarification of the concept of 'adaptation', based on the theories of evolution by Lamarck, Darwin and Mayr. The mutual comparison of student and scientific conceptions led to conceptual frontiers, each of them marking one major learning task on the way towards a Darwinian explanation. The conceptual development of all 107 participants was then assessed according to the

explanations they used before and after the instruction. These longitudinal data were visualised as learning trajectories on a mental landscape (Fig. 2, see also Zabel & Gropengiesser 2011).

5.2 Case Studies (n = 5)

All 30 texts of the focus sample were transcribed from their handwritten originals, keeping the original spelling and stanza. They were then interpreted in a hermeneutical procedure, encompassing three steps with respect to different focuses. Interview data were used to validate and complete the text analysis. We performed an in-depth analysis of five case-studies, all of which showed evidence for meaning making processes. The sample of $n = 5$ was theory-based; it was selected to characterize narrative meaning making processes according to the theoretical background developed previously in this paper. Each of the five case studies consists of a text and a related interview (see Zabel 2007, Zabel 2009).

Analysis step 1: Narrative discourse and narrative syntax

The narrative dimension of the sample texts was assessed in two different dimensions. The first analysis step focused on narrative discourse. The texts were scanned for obvious indicators of narrative, e.g. words such as 'I' or phrases such as 'our story begins here'. Taking into account such indicators of narrative discourse, the texts were roughly classified as narrative, partly narrative or non-narrative, according to general narratology (e.g. Martinez & Scheffel 2003).

In a second step, the 'deep structure' of the texts was analyzed. This means describing the basic components of a narrative, according to the concept of narrative syn-

tax (Labov 1977). In addition, action- and non-action elements were identified (Sutton-Smith 1981). This approach was initially developed to analyze Russian folk tales (Propp 1968), but has been developed since to suit the requirements of sociological and psychological research better than the classical narratology with its more literary context. Elements to be identified are figures, motives and events that constitute the action and the central disequilibrium that the story is built around, but also non-narrative elements such as a moral or an additional explanation given by the storyteller.

Analysis step 2: Explanative Function and student conceptions on adaptation

The explanation for whale evolution given in the text was analyzed and compared to students' explanations for adaptation processes described in previous studies (Baalmann et al. 2004, Weitzel 2006). Similarities with and differences to scientific explanations for evolution processes were examined, including the subtype of a 'narrative explanation' as found in Norris, Guilbert, Smith, Hakimelahi & Phillips (2005). Assuming that a 'narrative construal of reality' may have repercussions on the type of explanation used (Bruner 1996, p. 136), the analysis tried to carefully consider the possible effects of the narrative discourse when describing the explanations found in the texts.

Analysis step 3: Meaning making by narrative construal of reality

In order to retrace meaning making processes, the interviews were now integrated in this last step of the analysis. The students' understanding of adaptation processes expressed in these interviews was compared to the corres-

ponding passages in the narratives that they had written. Interview evidences also allowed relating particular features of stories to their author's attitudes, experiences or biographic details. Our aim in doing so was to reconstruct individual processes of meaning making through which the authors had established individual links between the issue of whale evolution and their conceptual system. The underlying idea is that narratives are particularly suitable to look for such links, because 'we live most our lives in a world constructed according to the rules and devices of narrative' (Bruner 1996, p. 149). Starting from this assumption, it is interesting to examine how and to what degree the individual understanding of a biological process is interwoven with everyday experience in a narrative. To do so, text and interview data were repeatedly interpreted and related to each other. This interpretation of the data was brought into agreement with other researchers at the occasion of regular workgroup meetings.

6 Findings

6.1 Text Sample

Explanations for whale evolution

Eight patterns of explanations for evolutionary change were identified in the 214 learners' texts (see Zabel & Gropengiesser 2011, p. 146):

- (1) Intentional adaptation of individuals
- (2) Intentional adaptation over generations
- (3) Environment causes evolution
- (4) Evolution caused by need
- (5) Usage of organs
- (6) Evolution through interbreeding
- (7) Evolution by variation of a type and natural selection
- (8) Evolution by full variation and natural selection

Two of these patterns, no. 7 and 8, are Darwinian' in a broader sense. Whereas pattern no. 8 represents the scientifically correct Darwinian explanation, no. 7 is close and can be considered a preliminary state. The instruction on evolution theory increased the frequency of Darwinian explanations in the post-instructional texts (see Zabel & Gropengiesser 2011).

Both narrative and non-narrative texts contained Darwinian explanations for whale evolution. Those students who chose to write narratives often used common story plots and motives. Some of these plots, e.g. social outcast stories, appeared to help students to understand key concepts of Darwin's theory. The social outcast stories in our data are narratives based around a single individual which turns out to have hidden qualities when the conditions change, e.g. when food gets scarce, and thereby manages to survive and become an attractive mating partner (see figure 3, Max).

Our analysis also revealed that three of the rather naïve explanations, no. 1 to 3, exhibit a common metaphorical structure: The pattern that connects them is the action schema, described by Gallese and Lakoff (2005, p. 461) as follows: 'action, that is, a movement executed to achieve a purpose'. Our data suggest that it is the action schema that is responsible for the genesis of three widespread and misleading explanation patterns for species evolution. For a detailed description of method and findings see Zabel & Gropengiesser (2011).

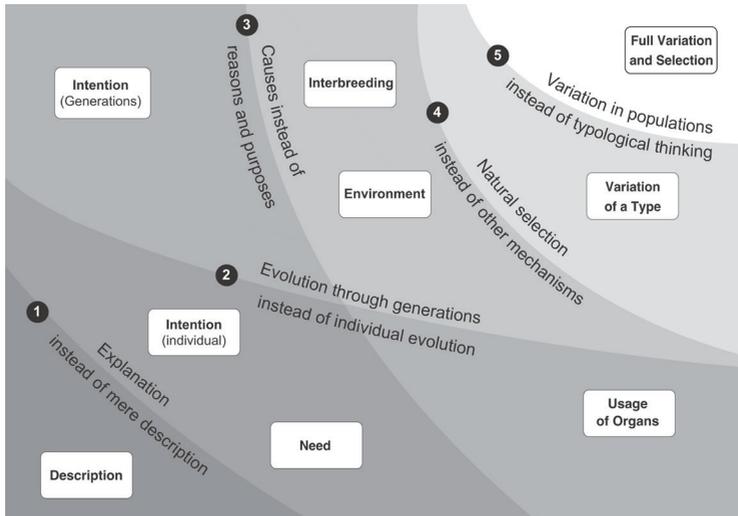


Figure 2. Darwin's Conceptual Landscape. The squares indicate the explanation patterns found in students' pre- and post-instructional texts on whale evolution ($n = 214$). The positions of the squares, as well as the areas and frontiers that structure the landscape result from a mutual comparison between the explanation patterns and key ideas of Darwin's theory of natural selection (Darwin 1872). This comparison is based on the Model of Educational Reconstruction (Duit et al 2005). The higher and the further to the right an explanation is located on the landscape, the more scientifically adequate can it be judged, because it shares more common features with the 'target' explanation for evolution, the theory of natural selection.

6.2 Case studies

For an in-depth analysis of the interview sample ($n = 30$) and all five case studies see Zabel (2009). Two of the five case studies are presented here, one of them (Anna) is based on pre-instructional, the other one (Max) on post-instructional data.

The Whales (Anna, 13 yrs.)

The whales. Who could not know them? These big, beautiful animals. With a length of
more than 30 meters and a weight of more than a 100 tons they belong to the biggest
5 animal species in the world (blue whale).
But how did their ancestors live? All this goes back 50 million years. A long, long time
before our time. Where our story begins.
The whale used to be a land animal that fed on plants as well as on meat. But then the
land got scarce and later on there was more water than land. So the space to live was
10 limited and there was less and less food. Millions of years later, the whale began to live
both on land and in the water. His anterior limbs were formed like fins and his tail ended
with a mighty horizontal tail fin. They hunted at the coastal waters, at the sea and at the
river mouths. This was unusual for land animals. As a consequence, they adapted more
and more to the water element. With their new shape, the whales could move more
15 quickly in the water and could catch much more prey like this. On land, they were very
slow and were therefore exposed to the danger. For on land, there were many enemies
for them. So the whales began to live in the water entirely. There was more food, more
space, more prey and less enemies. So the whale grew to the size that it has today. For
with over a 100 tons, the whale would be squashed by its own weight on land.
20 However, one thing still shows to man that the whales were once land animals. They
have got lungs, they are mammals and they give birth to live children. For we all know
that water animals, like fish for example, breathe with gills and lay eggs from which
their young hatch.
25 Of course this is only a theory, for not even the brightest scientists know how the
whales' life really looked like.

Unfortunately, the whales are threatened by extinction today. But as we all know now,
whales are beautiful animals. They all have a long history behind them. And we should
30 do everything to protect their lives and to help them.

Evolution of the Whale (Max, 13 yrs.)

Bernd was teased by the other prehistoric whale kids all the time, only because he was
bigger and had a longer tail. Besides that, he swam very well.
5 As more and more children were born, there soon was a famine on the island. Even the
youngest ones fought for food. But not Bernd. As he could swim, he gathered his food
from the sea. He was an individual. All the pre-whales were broken-down and the
females all had a crush on Bernd because he was strong.
10 Finally he started a family with Susy. Their kids could swim, too. They also started
families. And that is how the whales evolved.

Figure 3. Two of the Student Texts Used for Case Studies. Anna's text (above) is pre-instructional, that of Max is post-instructional (below). Both authors were interviewed, so that each case consists of text and interview data.

Analysis step 1: Narrative discourse and narrative syntax

Max classified his text as a 'story' (*Geschichte*). Indeed he has created a fictitious whale-storyteller that gives an account of his own evolution, which is a clearly a narrative discourse. In the narrative syntax analysis, crucial elements could be identified (figure 4).

Anna's text shows a more heterogeneous picture. There is no whale storyteller, and she considers her text to be non-narrative. However, the text provides all necessary psychological elements, such as complication and resolution, to be read as a story (figure 4). The text consists of a central narrative, framed by an introduction and a final passage. These framing passages are non-narrative, which is not unusual for stories. They obviously have communicative functions closely associated to the story itself: The introduction (lines 3 to 7) describes the beauty and the importance of today's whales ('who could not know them?', line 3), thereby setting the scene for the narrative middle part, which is explicitly introduced in line 7 by the phrase 'where our story begins'. This story is equivalent to the whales' natural history, which is later referred to in the final passage of *Anna's* text (line 28): 'As we all know now...they all have a long history behind them'¹. Therefore, despite the fact that it consists of narrative as well as non-narrative passages, the text still forms a unit, which is interesting against the background of Bruner's theory (Bruner 1990, Bruner 1996, see chapter 2.2). The non-narrative passages can well be interpreted as accessory non-action elements of the central story in the sense of Labov (1977).

1. In german, there is only one word for „story' and „history': *Geschichte*.

Anna	Orientation 50 mill. years before our time	Initial equilibrium The terrestrial whale lives on plants and meat.	Complication Lack of food as land becomes scarce (physical lack).	Development The whale starts living in the water (translocation) and develops aquatic traits (transformation).	Resolution The aquatic habitat provides food and safety (physical lack liquidated).	Terminal Explanation (explains weight and mammal traits) Coda & Moral They are endangered, we should protect them.
Max	(no initial equilibrium described)	Complication A whale boy with amphibian traits gets picked on by his peers (lack of respect).	Development His aquatic traits help him to gather sea food during a famine.	Resolution The females prefer him because he is strong. He starts a family with aquatic offspring (lack of respect liquidated).	Terminal explanation & Summary That is how the whale evolved.	

Figure 4: Structural Analysis of a Pre- and a Post-instructional Text (Anna, Max). This type of analysis focuses on the deep structure or 'syntax' of texts by identifying narrative elements (grey sections) and non-narrative elements (white sections), according to a generalized story scheme (Labov 1977, Sutton-Smith 1981).

Analysis step 2: Explanative Function and student conceptions on adaptation

In this step, the texts are being analysed as to how they explain whale evolution. The explanations are analysed for their causal relations and compared to the scientific theories that the students became acquainted with in class. In a subsequent step, interview data of the respective student are integrated in this analysis to validate and precise the result of the text analysis and find out more about the learner's conceptions on evolution.

Anna (pre-instructional)

Anna's text (figure 3) shows some causal conjunctions such as 'so' (9, 17,18), 'as a consequence' (13), 'therefore' (16) and 'for' (16). However, the dominating conjunction 'so' is rather vague. It expresses that one thing led to another, but does not precisely mark the preceding event as a cause of the following. Even more important, the crucial passage in lines 10 to 12, where the change

of habitat and the physical adaptation process are first described, lacks any conjunction at all. Instead, the author gives an account of the events that followed each other. The same type of vague causality is found in the context of the physical adaptation process twice: in lines 13 (*as a consequence*, they adapted more and more to the water...) and 18 (*So the whale grew to the size...*). These physical adaptations make sense under the conditions described previously, they were simply *needed*, and according to the text, that is obviously a sufficient cause for them to happen.

To sum up this result: the explanative function in Anna's text is fulfilled by purely descriptive passages and some vague causal relationships that do not state cause and effect clearly. Also, there is no explicitly mentioned intention in Anna's text. With respect to the categories of our conceptual landscape (figure 2), Anna's explanation is best characterised by 'Description' (it just happened) in some important passages and 'Need' in others (it happened because it was necessary). Anna's interview data confirm the impression of an adaptation concept based on need.

Interviewer: You write that the whales have adapted. How exactly do you figure that?

Anna: Well, if there is more water, it is a matter of fact that fins will appear, so that one can live better. Because otherwise it is dangerous to live on the land.

Interviewer: You are actually describing why it was better for them to live in the water than on land. But that doesn't explain how it worked that they had fins at some point. Do you have any explanation for that?

Anna: No, I don't.

Max (post-instructional)

Max's explanation integrates two basic components of Darwin's theory of natural selection: (1) the idea that different traits can exist within one population and (2) the conception that the better adapted have more reproductive success. Additionally, Max combines those two ideas with a particular conception of heredity, the dominance of adaptive traits. According to his explanation, the reproductive success of the first 'outcast' finally leads to a new status of homogeneity in the population, because every new outcast hands down his aquatic traits to all his offspring until all the population is aquatic. As to the origin of the aquatic traits, Max propagates the idea of a single deviant specimen that originates from a population of apparently homogeneous conspecifics. Although his explanation reflects a considerably developed conception of natural selection and even female choice, it still differs considerably from Darwin's idea of variation within the entire population (Darwin 1872). In consequence, Max' explanation was categorized as 'Evolution by variation of a type and natural selection' (pattern no. 7, see fig. 2), in contrast to no. 8, "Evolution by full variation and natural selection", which would be truly Darwinian.

The impact of narrativity on explanation

The given explanations may depend on the author's choice of the narrative or non-narrative text option. To assess this relation of explanation and narrativity, all authors were asked in their interviews to comment on this point. Max considers his texts to be a story, Anna declared it as non-narrative. In the interview, Max described some transformations he believed were necessary if he was to write a non-narrative text instead of his story: concern-

ing the narrative discourse, he considered to leave out the first person narrator and straighten the order in which the facts are accounted. As to the story action itself, he would omit the human names and the human feelings attributed to the whales. But apart from these anthropomorphic details of the action, the explanation itself, that is the sequence of events and their causal relations to each other, was unaffected by these transformations. Asked in the interview to explain whale evolution like it should be explained in a biology book, Max stated: 'I would leave out the names, and that he was picked on by the others. But I would still write that this one individual had an advantage compared to the others and could gather food that the other's couldn't reach.'

Analysis step 3: Meaning making by narrative construal of reality

The whales as a threatened group (Anna)

In Anna's story, the backbone of the action is a group that responds to a threat corporately. The action starts with an equilibrium: obviously their terrestrial habitat provides enough food for the whale ancestors. But then the lack of food on land forces them to act. The whales solve their problem jointly by fleeing into the water and later adapting their bodies to the aquatic life. The threat of famine is essential to the explanative function of the text (see above), but it also propels the action of the story of a collective flight and subsequent transformation. Interestingly, the threat to the whales is renewed and transferred to the present days in the final passage: the storyteller deplores that the whales are threatened by extinction today (line 28) and appeals to the reader to protect them, after having stressed that 'they all have a long history behind

them' (line 29). The author refers to the account he has just given, using the eventful past of the whales to plea for their survival in the future. To know what these animals have already jointly gone through reinforces the moral of Anna's story that 'we should do everything to protect their lives' (line 30). Additionally, the author justifies his appeal by reminding the reader that they are 'beautiful animals' (line 29). The interview data help to understand why Anna makes a case for whale protection at all, even if the text assignment didn't require any moral statement.

The whole world keeps changing, that is what I felt when I wrote my text. In former times, the world used to be better or worse, and this keeps changing on and on. So the world may look totally different in a hundred years or so, it may be much nastier. There may be only factories and cars left and no more nature. You can see already that more and more electronic things and more and more factories and cars are produced. And that pollutes the environment, too. The whales change because the world has changed, and we will change, therefore, too. We should protect the whales because they are threatened by extinction. It would be stupid if they didn't exist any more, because they have such a long history behind them, and it should be continued. Maybe in another millions of years, they will be totally different again (Anna, 13 yrs.).

Anna perceives the human environment as being in constant transition. The data suggest that she has attached a symbolic meaning to the whales, a meaning that is closely related to her own anxieties and values. Against this background, the whales' fate obviously becomes a metaphor for the future of mankind. The whales symbolise for her beauty, but also continuity in a changing world and the ability to adapt successfully to new and hostile conditions. That is probably why she insists that their long (hi)story 'should be continued' (text line 24 and interview). By projecting her hopes and fears onto an animal species, Anna

creates her own, individual meaning here, using a subjectivating view of nature that is closely associated with a narrative, her story of how the whales became aquatic animals. This 'long (hi)story' of the whales, together with the author's underlying concern of a polluted and technical world, probably encouraged the symbolic meaning making process.

The social outcast motive (Max)

In contrast to the whales in Anna's story that solve their problem together, Max' account is characterized by an opposition between a single specimen that is better adapted to the amphibian or aquatic life, and the rest of the group. The existence of a deviant specimen is not only developed as to its biological, but also its social consequences, which we may call the social outcast motive. Bernd, the social outcast in Max' text, is 'teased by the other prehistoric whale kids all the time' (line 3). The story develops as the outsider successfully reproduces with a normal female (Max). It seems obvious that discrimination comes to an end as soon as the outsiders hold the majority or are the only survivors anyway. Roughly summarized, Max' story initially describes a social problem and then drives it to a biological resolution, which consists in the evolutionary triumph of the formerly discriminated social outcast. The interview data revealed interesting additional information in this case: an authentic experience had influenced Max' story. In the interview, he explains without hesitating that it was the poor fate of a discriminated girl in his class that had inspired him to write his social outcast story. Back then, he had felt for her but had not dared to help her.

She was called Lisa. For some reason, no one else liked her, and she didn't have any friends. And so she was picked on all

the time, although she was actually just like everyone else. At first, I had picked on her a bit, too, but then I stopped. I thought it was nasty in some way, because, if the others got bullied, they wouldn't like it either. I thought what the others did was, to be honest, crap. But I have never tried to defend her, for in that case; the others would have picked on me. (Max, 13 yrs.)

Compared to the author's authentic experience, the action of his story shows some interesting differences: Max' hero Bernd is male, and his fortune comes to a happy ending when his deviant traits prove to be advantageous and attractive for the opposite sex. It is a plausible interpretation that by writing an social outcast story with positive outcome, the author has constructed a symbolic solution for problems that had preoccupied him for quite a while.

Summary of case study findings

The explanations reconstructed from the text sample and the case studies represent different stages of conceptual development towards an understanding of natural selection. Max and other story authors stated that in order to write a non-narrative text, they would remove elements of narrative discourse and anthropomorphic attributes of the whales, or arrange the facts to a more compact account. But apart from these text features, all story authors considered their explanations to be factual and correct. This statement was confirmed by the non-narrative explanations that they formulated in the interviews.

Students used the narrative mode to create individual meaning by connecting personal experiences and values with scientific contents. Several examples of individual meaning making in student narratives could be described, two of them were unfolded in this paper. These examples suggest that some authors projected their values, hopes and fears on the biological subject, the whale ancest-

ors and their evolution. In one case, the narrative of the whales was used to valorise them and plead for their protection. The way in which these underlying affective or motivational forces influenced the author's text could be retraced in the interview. In a second case study (Max), a biographical episode could be clearly related to the story. However, in two more examples of social outcast stories, there was either no evidence for individual meaning making, or no distinct relation to the author's lived experience could be identified (Zabel 2009).

The individual meaning making was found to be of symbolic nature (Anna, Max), 'symbolic' in the sense that the individual meaning attached to the whales obviously mirrored another, formerly existing affective situation or context that could be retraced in the interview. However, the role of narrative in the described meaning making processes could hardly be derived from the student texts alone. Only in correspondence with the interview data, individual meaning making processes could be partly reconstructed.

7 Discussion and Conclusions

7.1 Why Narrative in Science Education?

Why should we use narrative in science education? And why may the 'narrative mode' influence learning results even if we do not use any narrative method? The findings of this study, as preliminary as they may be, allow to draw some prudent conclusions and dare some categorizations. Obviously, narrative can have different functions for science education:

(1) Narrative as a text form or outer shell for content

The idea that a narrative format or discourse can help to communicate scientific content is not at all new, it is a

classic and widely accepted amongst science teachers. Stories about scientists, scientific discoveries or natural phenomena can help to understand the natural world and scientific conceptions. The Swiss physics education expert Kubli (1996) makes a case for this teaching method and even extends it to the idea of the teacher being the narrator of a science lesson in a very broad sense. Within this 'narrative method', it is usually the teacher that chooses the stories, and narrative is understood as a 'wrapping', a format for a scientific core content. This format is believed to enhance student motivation, and it contextualizes the naked scientific idea with historical aspects or aspects of everyday human life. Storytelling as a teaching method for the science classroom is believed to produce a beneficial 'narrative effect' (Norris et al. 2005). The results of this study, however, underline that the methodological potential and the implicit role of narrative for learning science is far from being sufficiently characterized through this 'content-core' approach. Therefore, we proceed here to more fundamental viewpoints on the role of narrative for understanding science.

(2) Narrative as a 'construal of reality'

From a constructivist perspective, narratives represent far more than just a 'format'. Bruner makes a case not to exclude narrative realities from science education. The omnipresence of stories in the human world leads him to criticize the 'intolerant puritanism of 'scientific method' in the science classroom and to plead for an education that creates 'the metacognitive sensibility needed for coping with the world of narrative reality and its competing claims' (1996, p. 149). In a nutshell: science requires rational and non-narrative thinking, but as stories are so

prevalent in our world and our minds, even in the scientific culture, we cannot ban narratives from science education as mere illusions but have to train students to work consciously with both construals of reality, the narrative and the paradigmatic one.

Do our data confirm this theory, do they strengthen Bruner's approach to narrative? Using a combination of text and interview data, individual meaning making processes could be reconstructed in several cases. The role of narrative for these processes could be assessed by retracing the narrative syntax of these texts. Furthermore, we found structural similarities between narrative and non-narrative understanding of natural selection, and the authors' lived experience. E.g.: Max and a couple of other authors developed the well-known social outcast motive to a story of a 'successful social outcast', which reflects some basic concepts of Darwin's Theory of Natural Selection. Other students used motives with lower learning potential such as: 'Threat by dangerous enemies' or 'Search for food'.

These findings allow conclusions regarding the use of narrative in the science class, against the background of an assumed narrative predisposition (Bruner 1996).

Those students who labelled their text as a 'story' indeed constructed narrative realities that correspond to Bruner's 'universals' (1996, p. 133). Their stories fall into certain genres, such as social outcast stories, and there is a problem at the centre, e.g. someone not accepted by his peers. Reasons and motives are crucial for the action, e.g. fear of being killed. The student stories even show the 'ambiguity of reference' that Bruner states: the fate of an outsider whale in the story is a fictitious event, but at the same time it fulfils its function in explaining how

the real whales evolved. So far, this evidence supports Bruner's assumption of a narrative mode. But things become more complex if we consider the heterogeneous cases, such as Anna. For her at least, the two modes were easier to combine than it could be expected according to Bruner's strict distinction.

(3) Narrative as a way of relating to natural phenomena in a symbolic and intuitive way

According to Gebhard (2003), symbolization is a prerequisite for meaningful understanding. Narratives obviously functioned as a helpful platform for this symbolization process, for some of the learners at least. Some learners' conceptions of evolution are tightly interwoven with their personal experiences and emotions. The analysis of their text and interview data revealed underlying emotions and attitudes, attached to the topic of whale evolution. In the case of Anna, it was predominantly the author's fear of environmental damage caused by modern civilization. There is an interesting contrast to Katharina's story, which was not part of this study but cited in the introduction section: the 'rhino scene' elaborates the motive of a 'struggle for life' with, thereby putting the narrator in the inferior role. In her meaning-making process, Katharina attributes a positive role to modern civilisation, associating it with protection from the former roughness of nature symbolized by the rhino. In the second case study presented here (Max), a biographical episode could be related to the story, and the happy ending of Max' successful social outcast may even be interpreted as a narrative solution to a social conflict

In all three cases cited here, the meaning that the learners created was 'symbolic' in the sense that it obviously mirrored another, formerly existing affective situ-

ation or context that could be retraced in the interview. This evidence strengthens Bruner's assumptions concerning the close relationship between narrative and individual meaning making.

7.2 Bruner's Two modes of Thought: a Critical Comment

This study is based on a constructivist perspective on narrative, because recent works, including Bruner's, have revealed some universals of narrative realities that make it difficult not to consider narrative as a 'construal of reality' of its own. This seems more appropriate and more sensitive to individual learning processes than to reduce storytelling to a teaching method that benefits from a 'narrative effect' such as Norris et al. (2005) do. However, our results also allow some critical remarks on the concept of two distinct 'modes of thought'. Only a third of the interviewed authors could actually relate the scientific content of their text to certain episodes in their non-scientific, everyday life. It is possible that the teaching method did not foster narrative meaning making. Gebhard (2003) emphasises that it takes plenty of time and a certain classroom atmosphere to develop the learners' individual relation to the object of study. The occasional opportunity to write a story, integrated in an otherwise non-narrative learning environment, may not have encouraged the learners sufficiently to leave the beaten path. Also, existing relations between scientific conceptions and everyday contexts in the learners minds may have influenced the texts, but not be accessible to conscious reflection in the interview. But beside these methodological aspects, a possible explanation for these findings is that narrative meaning making is not as widespread as Bruner assumes after all – either in the science classroom, or generally in

the learner's world. Hence, we recommend that Bruner's two modes should be viewed as helpful categories in order to describe and improve learning and communicating in science education, but not be perceived as distant and mutually exclusive realms in the practice of teaching. The two modes can rather function as two extreme points on a chart, where the learners can also take intermediate positions for very different reasons. This is consistent with the findings of Baumeister & Newman (1994) and Gerrig (1994) in that it challenges the idea of a distinct 'narrative mode of thought'.

7.3 Narrative and Metaphor as Conceptual Tools for Evolution Theory

Our findings allow some conclusions on the role of narrative and metaphor imaginative thinking tools in science teaching, particularly evolution theory. The interview data provide examples of narrative meaning-making in science. Plausibly, in order to explain an event as counter-intuitive as species evolution, humans are seduced to look for an agent, for reasons and purposes, which means reasoning with the structural frame of the action schema. However, for many scientific explanations, including natural selection, this is obviously misleading, as the explanation patterns no. 1-3 show. This doesn't mean though that teachers should avoid all imaginative understanding and anthropomorphism in the science classroom. E.g., for 13 year-old learners, social outcast stories appear to be a good stepping stone to a more developed understanding of Darwinism. Student narratives, such as these social outcast stories, probably trigger meaning making

processes, or at least they make them visible. Therefore, our results encourage the use of student narratives in the science classroom.

7.4 Some General Conclusions

The following general claims on narrative in science education cannot be 'verified' in a strict sense by our results. However they are at least strengthened or inspired by the findings.

- (1) Narratives, particularly those produced by the students themselves, can foster science learning, as they bridge the gap between everyday concepts and scientific conceptions. They represent one way of imaginative understanding.
- (2) Nevertheless, our data do not support Bruner's assumption of two distinct and mutually exclusive modes of thought, a narrative and a scientific one.
- (3) Due to their structural similarities to the scientific 'target' conceptions, some narratives are more appropriate for understanding science than others.
- (4) Narratives often refer to social experiences and express values and attitudes. This can be beneficial for science learning (Gebhard 2003, Born 2007).
- (5) Being able to use analogy, metaphor and narrative in order to understand and explain science is an aspect of scientific literacy, but it also bridges the gap between the 'two cultures', science and humanities.

References

- Amin, T. G. (2001). A cognitive linguistics approach to the layperson's understanding of thermal phenomena. In A. Cienki, B. Luka and M. Smith (eds.), *Conceptual and discourse factors in linguistic structure*, Stanford, CA: CSLI Publications, 27-44.
- Baalman, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengiesser, H., Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung. [Students' conceptions on processes of adaption]. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (10), 7-28.
- Baumeister, R.F., Newman, L.S. (1994). The primacy of stories, the primacy of roles, and the polarizing effects of interpretive motives: Some propositions about narrative. In: Wyer, Jr., R.S. (Ed.): *Advances in Social Cognition* 8 (97-108). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Born, B. (2007). Lernen mit Alltagsphantasien. Zur expliziten Reflexion impliziter Vorstellungen im Biologieunterricht. Wiesbaden: VS.
- Bruner, J.S. (1996). *The culture of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bruner, J.S. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Darwin, C. (1872). *On the origin of species by means of natural selection*. 6th ed. London: John Murray.
- Deadman, J.A., Kelly, P.J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education* 12(1), 7-15.

- Duit, R., Treagust, D.F. (1998). Learning in science: From behaviorism towards social constructivism and beyond. In B.G. Fraser & K.G. Tobin (Eds.): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, p. 3-25.
- Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The Model of Educational Reconstruction. In: *Developing standards in research on science education. The ESERA Summer School 2004*. Ed. H. Fischer, 1-9. London: Taylor and Francis.
- Echterhoff, G., Straub J. (2003, 2004). Narrative Psychology: Facetten eines Forschungsprogramms. In: *Handlung-Kultur-Interpretation*, 12 (2) and 13 (1).
- Gallese, V., Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology* (22) 3/4, 455-479.
- Gebhard, U. (2003). Die Sinndimension im schulischen Lernen: Die Lesbarkeit der Welt. In B. Moschner et al. (Ed.): *PISA 2000 als Herausforderung*. Hohengehren: Schneider.
- Gerrig, R.J. (1994). Narrative Thought? *Personality and Social Psychology Bulletin* 20, 712- 715.
- Giffhorn, B., Langlet, J. (2006). Einführung in die Selektionstheorie: So früh wie möglich! [Introduction to the Theory of Selection: As early as possible!] *Praxis der Naturwissenschaften Biologie* 55 (6), 6-15.
- Gropengiesser, H. (2003). Lebenswelten, Sprechwelten, Denkwelten. Wie man Schülervorstellungen verstehen kann. [Worlds of living, speaking, and thinking: How to understand students' conceptions]. Beiträge

- zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 4, Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Halldén, O. (1988). The evolution of the species: Pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education* 10 (5), 541-552.
- Kubli, F. (1996). Erzählen in konstruktivistischer Sicht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 2 (2), 39-50.
- Kurth, L.A., Kidd, R., Gardner, R., Smith, E.L. (2002). Student Use of Narrative and Paradigmatic Forms of Talk in Elementary Science Conversations. *Journal of Research in Science Teaching* 39, 793-818.
- Millar, R., Osborne, J. (1998). Beyond 2000: Science Education for the Future. A report with ten recommendations. King's College London.
- Labov, W. (1977). Language in the inner city: Studies in the black English vernacular. Oxford: Blackwell.
- Lakoff, G. (1990). Women, Fire, and Dangerous Things. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G., Johnson, M. (1999). Philosophy in the flesh. New York: Basic Books.
- Martinez, M., Scheffel M. (2003). Einführung in die Erzähltheorie. [An introduction to theory of narrative]. München: C.H. Beck.
- Mayr, E. (1984). Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Berlin, Heidelberg and New York: Springer.
- Mayr, E. (2004). The Autonomy of Biology. In What makes biology unique? Considerations on the autonomy of

- a scientific discipline, 21-38. New York: Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2007). *Qualitative Inhaltsanalyse [Qualitative content analysis]*. Weinheim: Beltz.
- Norris, S.P., Guilbert, S., Smith, M.L., Hakimelahi, S., Phillips, L.M. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education* 89 (4), 535-563.
- Posner, G.J., Strike, K.A. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: R.A. Duschl & R.J. Hamilton (Eds.): *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise*. New York: State University of New York Press, 147-176.
- Propp, V. (1968). *Morphology of the folktale*. Austin: University of Texas Press.
- Sutton-Smith, B. (1981). *The Folkstories of Children*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Wandersee, J., Good, R.G., Demastes, S.S. (1995). Forschung zum Unterricht über Evolution: Eine Bestandsaufnahme. [Research on evolution education: A stock-taking]. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 1, 43-54.
- Weismann, A. (1902). *Vorträge über Descendenztheorie [Lectures on the theory of descent]*. 2. Band. Jena: Gustav Fischer.
- Weitzel, H. (2006). *Biologie verstehen: Vorstellungen zu Anpassung. [Understanding Biology: Conceptions of Adaptation.] Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 15*, Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

- Zabel, J. (2007). Stories and meaning: What students' narratives reveal about their understanding of the Theory of Evolution. Paper presented at the conference of the European Science Education Research Association (ESERA) 2007, August 22-25, in Malmo, Sweden.
- Zabel, J. (2009). Biologie verstehen: Die Rolle der Narration beim Verstehen der Evolutionstheorie. [Understanding biology: The role of narrative in understanding the Theory of Evolution]. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Zabel, J., Gropengiesser, H. (2011). Darwin's Mental Landscape: Mapping Students' Learning Progress in Evolution Theory. *Journal of Biological Education* 45 (3), 143-149.

LA SAGGEZZA DEI BAMBINI DOMANDE APERTE CHE NASCONO DALL'ESPERIENZA

Luigina Mortari

Dipartimento di Scienze Umane, Università di Verona

Educare: partire dall'esperienza

Io ho fatto l'insegnante per tanti anni e chi insegna sa qual è il potere delle menti dei bambini.

I pedagogisti più attenti avevano scoperto questo aspetto già da tempo.

Uno di questi è John Dewey, filosofo pragmatista che nasce alla fine dell'Ottocento nel nord degli Stati Uniti e diventa in poco tempo un importante autore di riferimento per chi si occupa di educazione e scuola.

Nel 1894 a Chicago Dewey aveva fondato il *Department of Pedagogy* e insieme il *Laboratory School*, ossia un laboratorio di ricerca educativa dentro la scuola, con l'obiettivo di costruire un sistema dove le idee venivano non solo formulate, ma anche messe alla prova, sia per trovare buone idee per la prassi sia per ispirare nuove buone ricerche. La visione pragmatista assume come *key-idea* la tesi secondo la quale nessuna buona conoscenza può emergere da una ricerca dove la direzione teoretica è scissa da quella pratica, dove il pensare non si associa al fare, e va così a sviluppare una ricerca capace di coniugare l'insegnamento teorico che avviene nelle aule accademiche con la ricerca a scuola.

Un punto centrale del *Laboratory School* è la formazione alla democrazia. Educare alla democrazia può sembrare un concetto lontano dal tema della didattica della fisica o

dalla didattica delle scienze, ma nel pensiero di Dewey la riforma di ogni sistema scolastico è attraversata dall'idea di democrazia: l'educazione delle menti dei bambini viene concepita come formazione alla democrazia e quindi alla partecipazione alla vita pubblica.

Un primo elemento della partecipazione dei bambini all'educazione riguarda il presente: «I bambini – infatti – vivono per definizione nel presente» (Dewey, 2008, p. 69)

Gli adulti non dovrebbero interpretare il tempo della scuola come un tempo per il futuro, ossia organizzare la vita della classe come una preparazione al futuro. Questo significherebbe tenere i bambini a scuola per cose che avranno un senso in un tempo che non è il loro.

L'ideale di adoperare il presente unicamente come preparazione al futuro è contraddittorio. Significa omettere o persino eliminare le sole condizioni che permetterebbero ad un individuo di preparare il proprio avvenire. Noi viviamo sempre nel nostro tempo e non in un altro: solo estraendo in ogni momento il pieno significato di ogni esperienza presente ci prepariamo a fare altrettanto nel futuro (Dewey, 1993, p. 34).

Per cambiare la scuola occorre fornire ai bambini quelle esperienze che hanno senso nel presente ed evitare che il presente venga funzionalizzato ad un ipotetico futuro.

Un secondo elemento riguarda il tipo di apprendimento che occorre sviluppare a scuola: *learning by doing*, ossia "apprendere facendo" o "apprendere dall'esperienza". Non si apprende stando sui banchi, perché sui banchi si sviluppa un apprendimento fatto solo di idee e percezioni, ma si apprende facendo, ossia mettendo le mani in pasta:

di qui proviene il diluvio di semi-osservazioni, di idee verbali, di conoscenza non assimilata che affligge il mondo. Un'oncia di esperienza è meglio che una tonnellata di teoria, semplicemente perché è soltanto nell'esperienza che una teoria può avere un significato vitale e verificabile (Dewey, 2008, p. 185).

Se ci si muove nell'orizzonte della pedagogia deweyana è essenziale rendere possibile un apprendimento esperienziale, cioè creare contesti di apprendimento non astratti, intellettualistici, ma che si modulano in modo da coinvolgere gli allievi in azioni concrete. A partire da questa idea nasce la scuola dei laboratori, quella in cui i bambini imparano facendo e sperimentandosi attivamente nell'ambiente.

Il valore che Dewey dà all'esperienza non intende però mettere da parte l'importanza del pensare e delle teoria. Non basta trasformare la scuola in un laboratorio perché essa si trasformi in un luogo di apprendimento; non è passando dalla scuola delle enunciazioni e della trasmissione della conoscenza alla scuola dei laboratori che automaticamente si attivano le capacità cognitive dei bambini. Per potenziare le capacità educative di un contesto non è sufficiente approntare situazioni esperienziali, cioè situazioni in cui i bambini possano diventare soggetti di azioni concrete, ma è indispensabile educare a pensare a quello che si fa.

L'educazione non può essere riduttivamente concepita solo sul piano del coinvolgimento a "fare cose". Assai poco formativa sarebbe l'esperienza diretta se non fosse accompagnata da una riflessione su tale esperienza. La scuola in cui si apprende per esperienza è quella scuola in cui il fare è accompagnato dalla riflessione: occorre portare i bambini a pensare quello che fanno.

Educare a pensare: aprire domande irrispondibili

Per capire il senso dell'attività del pensare per l'educazione, occorre richiamare la distinzione messa a punto da Kant nella *Critica della Ragione Pura* tra ragione (*Vernunft*) e intelletto (*Verstand*) dove la ragione risulta qualcosa di più e di diverso dal semplice conoscere. La ragione svi-

luppa domande destinate a rimanere aperte, fuori dall'ordine: "perché in generale è l'ente e non piuttosto il niente?" "Com'è possibile che un essere finito coltivi dentro di sé l'idea di infinito?" Tali domande sono non-rispondibili ed è per la mancanza di risposte univocamente certe e definitive che tali questioni vengono definite metafisiche. Pensare, ossia porsi tali domande, è un'attività che non può essere evitata, tanto che Kant parla di un «bisogno stringente» della ragione umana di occuparsi di tali questioni (1996, p. 138). Pensare però non è solo sollevare questioni metafisiche, ma anche porsi quelle domande che danno voce al bisogno propriamente umano di andare alla ricerca di una misura del vivere bene: "cos'è il bene?" "Cos'è la giustizia?"

Hanna Arendt nel suo testo *La vita della Mente* ha sviluppato in modo più netto la distinzione tra conoscere e pensare. Interesse del pensare è cercare il significato, mentre il conoscere mira a costruire il sapere scientifico. Il conoscere è quell'attività cognitiva che porta a costruire conoscenze rigorosamente fondate sul mondo, che ordinate e sistematizzate danno corpo alle scienze; il pensare si occupa delle questioni di significato che alimentano la produzione artistica e le pratiche filosofiche (Arendt, 1987, pp. 95-96; 1989, pp. 122-123).

A fare la differenza è il tipo di interrogazioni messe in moto da queste due attività cognitive: il conoscere scaturisce dalla curiosità che si nutre per il mondo, dal desiderio di investigare ogni cosa che sia colta dal nostro apparato sensoriale per acquisire e accumulare informazioni; il pensare si nutre dei problemi di significato che investono l'esistenza umana [...] e che hanno a che fare con il problema di dare senso al proprio esistere. [...] In un'epoca di scientismo dilagante, in cui si vorrebbe risolvere tutto more *scientific*, è compito dell'educazione recuperare quelle domande che danno voce al bisogno di cercare una

comprensione profonda delle cose e con essa una misura per abitare con senso il mondo (Mortari, 2013, p. 72).

C'è un modo di interpretare la didattica che sviluppa il pensare e non solo il conoscere, ed è a questa che dobbiamo prestare attenzione. Nella didattica a scuola c'è un modo di procedere per domande chiuse e un modo di procedere per domande aperte. Le domande chiuse sono le domande illegittime, quelle che hanno già una risposta; mentre le domande che non hanno risposta sono quelle che il cibernetico Von Foerster definiva «domande legittime» (1991, p. 132). Il rischio della scuola è quello di istupidire il pensiero, ridurre il potere della mente dei bambini, privilegiando le questioni illegittime e trascurando di coltivare le questioni di significato.

Le domande che non hanno risposta sono le domande che infatti stanno all'origine anche del pensiero scientifico, non solo di quello filosofico. Riprendendo le domande metafisiche, ce n'è una molto vicina all'epistemologia da cui è nata la scienza della fisica: che cos'è l'infinito?

Noi siamo esseri finiti, nel senso che viviamo in un tempo e andiamo a morire. Siamo finiti perché abbiamo delle capacità finite, e per questo ragioniamo in modo finito, eppure la nostra mente ha elaborato un concetto come quello di infinito ed è rapportandosi a questo concetto di infinito, aprendo una domanda – che cos'è l'infinito? – che non ha risposta, che la mente dell'uomo si apre a scenari imprevedibili.

Come facevano i primi fisici a pensare un universo che non vedevano se nella loro mente finita non avevano già il concetto di infinito?

La fisica è diventata la fisica che conosciamo noi oggi attraverso lo sviluppo e la realizzazione di grandi labora-

tori di fisica. Ma prima di essere fisica dei laboratori essa è stata (ed è) fisica teoretica, ossia filosofia, perché all'inizio, la filosofia era rappresentata da queste domande.

Nel libro sulla metafisica di Aristotele si trovano i fondamenti della filosofia ma anche i fondamenti della fisica.

I grandi pensieri nascono infatti là dove si tengono aperte quelle domande che non hanno risposta e che tante volte sembrano inutili da pensare, perché non danno risultati immediati in termini di conoscenza. Quando a scuola non coltiviamo le domande irrispondibili è allora che procuriamo un venir meno della potenza del pensiero dei bambini. Alcune delle domande dei bambini aprono una dimensione metafisica: senza coltivare queste domande non si coltiva il pensiero dei bambini.

Narrare e descrivere

Come pensare nei laboratori? Narrare e descrivere rappresentano due forme del pensiero importanti da sviluppare se vogliamo coltivare il pensiero dei bambini.

La narrazione rappresenta una svolta importante rispetto al modo in cui i pedagogisti pensavano l'educazione. Fino agli anni '60 del secolo scorso, la narrazione non era considerata una forma del pensiero adeguata all'apprendimento dei concetti scientifici. In quegli anni fu lo psicologo Jerome Bruner ad introdurre un'importante distinzione nelle forme del pensare: il pensiero argomentativo e quello narrativo.

Il primo, quello paradigmatico o logico-scientifico, persegue l'ideale di un sistema descrittivo ed esplicativo formale e matematico. Esso ricorre alla categorizzazione o concettualizzazione, nonché alle operazioni mediante le quali le categorie si costituiscono, vengono elevate a simboli, idealizzate e poste in relazione tra loro in modo da costituire un sistema. [...] quello narrativo produce invece buoni racconti, drammi avvincenti

e quadri storici credibili, sebbene non necessariamente "veri". Il pensiero narrativo si occupa delle intenzioni e delle azioni proprie dell'uomo o a lui affini [...]. Il suo intento è quello di calare i propri prodigi atemporali entro le particolarità dell'esperienza e di situare l'esperienza nel tempo e nello spazio (1988, pp. 17-18).

A scuola, prevalentemente, si tende a sviluppare il pensiero di tipo argomentativo, mentre meno spazio viene dato a quello narrativo, soprattutto in ambito scientifico, con una perdita notevole sul piano della formazione della mente. Questo perché dal punto di vista dello sviluppo cognitivo, la narrazione è un potente strumento di educazione della mente dei bambini.

Poiché è qualità essenziale dell'esperienza il suo snodarsi nel tempo e poiché la temporalità è asse strutturante del pensiero narrativo, allora il narrare risulta il modo discorsivo privilegiato per parlare dell'esperienza. Proprio perché la temporalità è la struttura originaria dell'esperienza «il discorso è temporale in se stesso» (Heidegger, 1976, p. 419).

L'esperienza è qualcosa di vivo che fluisce nel tempo: mentre il pensiero argomentativo tende a cristallizzare il movimento dell'esperienza in un'architettura concettuale dove si perde il sapore temporale delle cose, il pensiero narrativo è in grado di salvaguardare la qualità fluida degli eventi esperienziali.

Dal punto di vista delle pratiche educative, dare spazio al pensiero narrativo dentro esperienze di tipo scientifico, significa portare i bambini in laboratorio, far fare loro delle attività, e chiedere loro di ricostruire l'esperienza che hanno vissuto – ovvero narrare quello che si è fatto –. È sulla narrazione degli eventi che i bambini possono poi costruire la concettualizzazione, ossia sviluppare i concetti secondo la forma del pensiero argomentativo.

Non dobbiamo però dimenticare un'altra pratica importante per l'educazione del pensiero dei bambini: la descrizione.

Quando si costruiscono i concetti si lavora a livello di astrazione e il processo di astrazione può partire da una narrazione, oppure da una descrizione. Mentre ai bambini (così come agli adulti in genere) piace molto narrare, la descrizione rappresenta una modalità più faticosa per il pensiero. La descrizione infatti chiede un'attenzione dettagliata alla realtà, poiché è solo un'attenzione dettagliata al reale che consente di guardare alle cose così come accadono. Senza descrizioni fedeli della realtà, qualsiasi narrazione sarebbe povera. Quando invece poggia su descrizioni ricche di dettagli concreti, la narrazione diventa più viva.

Una conoscenza fondata richiede un pensiero che sappia tenersi legato ai fatti, perché attenersi ai fatti è essenziale, soprattutto quando nella nostra cultura a dominare sono argomentazioni ideologiche e valutazioni arbitrarie (Mortari, 2008, p. 89).

C'è un racconto molto bello per chi studia epistemologia della ricerca che narra di una particolare lezione di dottorato in biologia; è un celebre aneddoto su Agassiz (famoso zoologo, geologo e paleontologo del XIX secolo).

Un giovane studente universitario si recò al laboratorio di Agassiz intenzionato ad intraprendere una carriera di ricerca. Lo studioso di grande fama prese un pesce da un vaso in cui era stato conservato e deponendolo davanti al giovane studente gli chiese di osservarlo attentamente e subito dopo chiese lui cosa avesse notato.

Lo studente esibì con orgoglio una grande conoscenza sulla tassonomia del pesce, ma dopo poco Agassiz lo interruppe chiedendo lui cosa aveva visto. Lo studente perplesso non riuscì a dare una risposta adeguata.

Agassiz allora disse: «Guardi ancora, guardi ancora», e se ne andò.

Dopo mezz'ora lo studente ebbe la certezza di aver osservato tutto ciò che vi era da osservare in quel pesce. Ma Agassiz non tornava. Il tempo passava, ed il giovane, non aveva nulla da fare, e così tornò a guardare il pesce. Lo studente riesaminò il pesce fino a sera e se ne andò a casa. Il giorno successivo tornò al laboratorio, e qui, non avendo trovato lo scienziato lo studente ricominciò ad esaminare il pesce: cominciò a contare le scaglie e finite le scaglie, contò le vertebre delle pinne. Poi cominciò a fare un disegno del pesce. Mentre faceva il disegno notò che il pesce non aveva palpebre. Quando Agassiz tornò al laboratorio sul tardi, lo studente gli recitò la propria litania di osservazioni. Annuendo col capo, Agassiz disse: "Sì. Guardi, guardi ancora!", e se ne andò.

Il giovane continuò con impegno le sue osservazioni e con sorpresa notò tratti del pesce che non aveva notato prima; le nuove osservazioni lo coinvolgevano sempre più. Si dice che Agassiz fece rimanere lo studente ad osservare il pesce per tre giorni interi. Alla fine di quei tre giorni lo studente aveva iniziato a comprendere cosa significa osservare attentamente, prestare attenzione alle cose: guardare, guardare ancora!

La capacità di descrivere chiede innanzitutto di far crescere la facoltà dell'attenzione, quella che rende in grado di cogliere ogni minimo dettaglio con meticolosità costante.

Perché educativamente è così importante dedicare tempo alla descrizione lo spiega María Zambrano, la quale afferma che conoscere significa entrare nella realtà (1996, p. 99). Dalla realtà noi siamo circondati, ma fino quando non la cerchiamo, noi siamo da essa separati. Il metodo che consente di entrare e quindi conoscere la realtà è quello che rende possibile un «modo pieno di vedere le circostanze» (Zambrano, 1992, p. 63). Questo pieno vedere consiste nel prestare attenzione al modo in cui le cose si rivelano, e poi trovare quelle precise parole che fedelmente dicano il manifestarsi delle cose. Il modo di conoscere guidato dall'attenzione è quello che si adatta al profilo delle cose come il guanto si adatta alla mano,

consentendo alla cosa di apparire intensamente nel suo essere proprio. Adattare il conoscere al profilo con cui gli enti si rivelano significa mettere l'oggetto della conoscenza al riparo dalla tendenza del soggetto a vincerlo, sottoponendolo alle condizioni della ragione. Alternativo all'osservatore invadente proprio della ragione cartesiana, è colui che guarda alle cose da ogni lato, gira intorno ad esse con rispetto.

Il pensare che gira attorno è quasi una forma di corteggiamento opposta all'esercizio del dominio, che invece caratterizza l'epistemologia della modernità, che concepisce la scienza come esercizio di potere sulle cose. Nella concezione baconiana la natura doveva essere soggiogata e dominata. Nell'epistemologia classica della conoscenza, fondamentalmente baconiana, il soggetto sta fermo e manipola l'oggetto. Nel girare intorno, invece, è il soggetto che si muove avendo rispetto di lasciare la cosa, l'altro, al suo posto (Mortari, 2006, p. 32).

Un'altra pensatrice ci conduce nella stessa direzione: Iris Murdoch, filosofa inglese, mette in discussione un'idea di razionalità che cerca di afferrare le cose, per dare spazio ad una ragione che mira ad una percezione raffinata della realtà, «un discernimento giusto e paziente e un'esplorazione di ciò che si trova di fronte» (1997, p. 330). Questa percezione della qualità del reale non è il risultato di un semplice vedere ma di un'attenzione già eticamente orientata. Anche in questa filosofa troviamo conferma dell'importanza dell'attenzione nella sua dimensione etica di rispetto nei confronti della realtà. Per Murdoch l'essenza dell'eticità sta proprio nel tenere lo sguardo sulla realtà, per questo il primo modo per sviluppare il pensiero è l'obbedienza alla realtà. L'agire morale è in relazione con la conoscenza, non però la conoscenza generale dei principi vuoti e astratti, ma la conoscenza del particolare, che si fonda su una percezione raffinata di

quello che accade e che è possibile solo dopo un'esplorazione attenta; questo è il ruolo morale dell'attenzione alla realtà (Mortari, 2015, p. 140).

La più grande lezione che si può offrire ai bambini è prestare attenzione e obbedienza al profilo con cui la realtà si mostra, perché la difficoltà della mente, sia quella dei bambini sia quella degli adulti, è di mistificare la realtà; non stare alla realtà delle cose è introdurre quella fantasia che non permette più di vedere la realtà per quello che è.

Lo sviluppo dell'attenzione è quindi la prima grande forma di educazione della mente, perché l'attenzione è una facoltà cognitiva dal grande valore morale e non dobbiamo disgiungere l'educazione cognitiva dall'educazione etica, perché altrimenti si perde quella capacità del pensiero di preparare le nostre menti a diventare cittadini del mondo.

Avere coraggio di pensare

Introduco un altro elemento di etica della conoscenza secondo me fondamentale per l'educazione al pensiero di oggi, utilizzando un'osservazione di Heisenberg, presa dai primi passaggi del libro *Fisica e Filosofia*; qui Heisenberg sta ricostruendo il momento in cui è nata la fisica quantistica e afferma: «questa volta fu il giovane Albert Einstein, genio rivoluzionario tra i fisici, che non ebbe paura d'allontanarsi ulteriormente dai vecchi concetti» (Heisenberg, 2009, p. 44).

In questo passaggio si narra di un giovane che non ebbe paura di uscire dai confini di concetti conosciuti, per inventare un altro paradigma, perché la teoria della relatività è un vero e proprio cambio di paradigma. Il giovane Albert Einstein non ha avuto paura, e non è un caso che Heisenberg usi questa espressione. In ambito scientifi-

co, quando c'è una scoperta, qualcuno scopre un nuovo problema e lo affronta, e questo affrontare significa non avere paura di oltrepassare certi confini per andare oltre. Quel giovane ha avuto il coraggio di uscire fuori dai sentieri che gli altri percorrevano da tempo.

Questo conferma che l'educazione cognitiva non può essere assunta in modo disgiunto dall'educazione affettiva e politica; occorre che l'educazione dia il coraggio di andare oltre, di rompere gli schemi. Se pensiamo alla scuola di oggi quante volte insegniamo ai nostri bambini a stare dentro gli schemi già dati e quando escono, portando il loro pensiero verso zone a noi poco conosciute, li riconduciamo verso sentieri già percorsi, a noi più familiari. Questo è bene farlo quando i bambini sbagliano, ma capita, a volte, di tenerli su piste sicure per una nostra necessità, cosicché teniamo i bambini dentro quella che viene definita in pedagogia *the comfort zone*, cioè una zona di conforto per i docenti. Decisivo per l'educazione è quindi l'esercizio del coraggio: il coraggio di non limitarsi ad esistere secondo le regole precodificate e di arrischiare a dare visibilità al proprio pensiero. Assumere la postura della ricerca della verità significa assumere l'impegno, e accettare il rischio ad esso connesso, di liberarsi dalla reticenza che non ci fa azzardare il nominare le cose secondo direzioni non previste dall'ordine esistente.

Nell'*Etica Nicomachea* di Aristotele si trova una distinzione, che è andata perdendosi nel tempo, tra virtù pratiche (chiamate anche virtù morali) e virtù dianoetiche. Le virtù pratiche sono quelle che usiamo nella vita pratica, ossia dentro le situazioni quotidiane, nel rapporto con gli altri; mentre le virtù dianoetiche sono quelle della mente, quelle che agiamo quando la nostra mente entra in rapporto con il reale per conoscerlo (*Etica Nicomachea*, V, 1, 1103a 5).

Se consideriamo il concetto di virtù dianoetiche e attraverso queste prendiamo in esame la qualità dei processi conoscitivi che supportano buone pratiche di educazione scientifica, scopriamo che esse costituiscono validi orientamenti etici della vita della mente, vere e proprie posture cognitive che possono essere così riassunte: obbedire alla realtà, sostenere con lealtà lo sguardo anche di fronte al difficile dell'esperienza della conoscenza del reale, mantenere il pensiero libero da teorie predate per essere capaci di accogliere gli enti nella loro datità originaria, e non ultimo resistere alla tentazione di accontentarsi delle idee già disponibili per stare continuamente alla ricerca di un'idea che meglio delle altre aiuti ad entrare in rapporto con il mondo per conoscerlo.

Queste riflessioni portano a prendere in considerazione un altro elemento fondamentale dal punto di vista educativo: imparare a formulare problemi. Tante volte a scuola si chiede ai bambini di risolvere problemi, mentre raramente si domanda loro di formularli.

Proseguendo nel seguire i passi di Einstein verso la fisica quantistica, Heisenberg commenta:

Spiegava qualitativamente il comportamento chimico degli atomi ed i loro spettri a righe [...]È da questo periodo che i fisici appresero a formulare con esattezza i problemi; e formulare esattamente i problemi significa spesso essere già a mezza strada dalla soluzione (2009, p. 47).

Chiedere ai bambini di formulare i problemi significa insegnare loro a stare in una zona di incertezza, e far vedere loro che la realtà è una realtà che va letta, poiché i problemi non sono già dati, ma vanno formulati. Individuare le zone problematiche e poi formulare i problemi è un elemento di grande educazione del pensiero, perché vuol dire imparare la capacità di tenere il pensiero in una zona

di incertezza. Secondo Dewey perché la riflessione si manifesti è necessario innanzitutto che il soggetto percepisca uno stato di incertezza, di perplessità (1986, p. 72). Ma per percepire il problematico è necessario attivare uno sguardo di intelligenza sul reale. La problematicità di una situazione è qualcosa che il soggetto elabora quando ha sviluppato un'attenzione radicalmente analitica rispetto all'esperienza, che gli consente di cogliere di essa la sua alterità rispetto a sistemi interpretativi disponibili. Il problema non è un'evidenza oggettiva, ma una costruzione del pensiero quando è attento al divenire delle cose (Mortari, 2003, p. 26). Di fronte all'incertezza, determinante è dunque la qualità della fase analitica in cui si dovrebbe condurre un esame chiaro e distinto della situazione; tale fase è quella in cui si imparano a formulare i problemi.

Anche in questo caso la dimensione cognitiva e quella etica si trovano a coincidere. Esaminare analiticamente è una fase delicata non solo sul piano cognitivo, ma anche su quello emotivo, perché comporta, oltre alla capacità di "vedere" la situazione nei minimi dettagli, anche la capacità di "accettare" quegli elementi che, una volta individuati, risultano indesiderabili. Saper accettare il profilo reale delle cose senza distrarre lo sguardo dagli elementi che scompigliano le nostre aspettative, e che quindi ci mettono in una situazione di incertezza, rappresenta la condizione per l'esercizio di un pensiero che sa «farsi misura misurante dell'esperienza» (ivi, p. 24).

Riferimenti bibliografici

- Arendt, H. (1987) *La vita della Mente*, Bologna: Il Mulino (ed. or. *The life of the Mind*, Harcourt Brace Javanovich, New York, 1978).
- Arendt, H. (1989) *Vita activa*, Milano: Bompiani (ed. or. *The Human Condition*, The University of Chicago Press, Chicago, 1958).
- Aristotele. (1993) *Etica Nicomachea*, Milano: Rusconi.
- Bruner, J. (1988) *La mente a più dimensioni*, Bari: Laterza (ed. or. *Actual Mind, Possible Worlds*, Harvard University Press, Cambridge, London, 1986).
- Dewey, J. (1986) *Come pensiamo*, Firenze: LaNuovaltalia (ed. or. *How we think*, Heat, Boston, 1933).
- Dewey, J. (1993) *Esperienza ed Educazione*, Firenze: LaNuovaltalia (ed. or. *Experience and Education*, Macmillan, New York, 1938).
- Dewey, J. (2008) *Democrazia ed Educazione*, 2 ed. Milano: Sansoni (ed. or. *Democracy and Education*, The Macmillan Company, New York, 1916).
- Foerster Von, H. (1991) *Cibernetica ed epistemologia: storia e prospettive*, in G. Bocchi, M. Ceruti (a cura di) *Sfida alla complessità*, Feltrinelli, Milano, 112-141.
- Kant, I. (1996) *Che cosa significa orientarsi nel pensiero?* Milano: Adelphi (ed. or. *Was heißt sich im Denken Orientieren?* In Id., *Gesammelte Schriften*, Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften, Berlin-Leipzig, 1902, Vol. VIII, 131-147).

- Heidegger, M. (1976) *Essere e Tempo*, Milano: Longanesi (ed. or. *Sein und Zeit*, Niemeyer, Tübingen, 1927).
- Heisenberg, W. (2009) *Fisica e Filosofia*, Milano: Il Saggiatore (ed. or. *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*, Harper and Row, New York, 1958).
- Mortari, L. (2003) *Apprendere dall'esperienza. Il pensare riflessivo nella formazione*, Roma: Carocci.
- Mortari, L. (2006) *Un metodo a-metodico. La pratica della ricerca in María Zambrano*, Napoli: Liguori.
- Mortari, L. (2008) *A scuola di libertà*, Milano: Cortina.
- Mortari, L. (2013) *Aver cura della vita della mente*, Roma: Carocci.
- Mortari, L. (2015) *Filosofia della cura*, Milano: Cortina.
- Zambrano, M. (1992) *I beati*, Milano: Feltrinelli (ed. or. *Los bienaventurados*, Ediciones Siruela, Madrid, 1990).
- Zambrano, M. (1996) *Verso un sapere dell'anima*, Milano: Cortina (ed. or. *Hacia un saber sobre el alma*, Losadas, Buenos Aires, 1950).

WIND OR AIR? A DIALOG ABOUT FORCES OF NATURE, EMOTION, AND GOOD STORIES

Hans U. Fuchs

Zurich University of Applied Sciences at Winterthur,
Winterthur, Switzerland

Manuela Cervi

Consulente educativa, Autrice. Milano, Italy.

PART I (Fuchs)

It is said that a good story involves emotions: polarities such as GOOD ↔ BAD generate emotions or affect, a good story lets us know how to feel about the events in the end (Egan, 1986). Stories give emotional closure, not intellectual understanding: “A description of events qualifies as a story in virtue of its power to initiate and resolve an emotional cadence in the audience” (Velleman, 2003). Does this mean that it is impossible to create scientific stories?

Let us consider an apparently innocent question. What did the old Egyptians mean when they talked about Shu who separated heaven and earth? Did they mean *air* (as it is normally translated) or *wind*? What do small children perceive? Air or wind? There is strong evidence that it is the latter—wind. Wind is a primary perception, air—the substance— is not. Wind can be associated with a cluster of polarities (of which STRONG ↔ WEAK is the central one) whereas air is not. Emotion is involved in the perception of wind and this is hardly the case with the substance air. The question of “wind or air” can therefore serve as a starting point for a discus-

sion of narrative in science: can *scientific narratives* be produced that are at the same time good stories?

The phenomenon of wind is perceived as a *force of nature* with all its attributes. Creating a story about wind, about a storm, makes it easy for emotion to be part of the narrative. At the same time, the characterization of wind as a force of nature will bring about the resources needed for an intellectual (scientific) understanding of the phenomenon. It seems that the emotional response to forces of nature is the wellspring of intellectual understanding.

I will argue in this contribution that, seen from this perspective, there is no inherent dichotomy between emotion and reason that prohibits the creation of good scientific stories.

Wind or Air?

Do we perceive wind or air? Which can be used to tell stories? Which is related directly to emotion? Which should we learn about in school—at least at the beginning?

Here are a couple of brief arguments relating to our question. First, if we study ancient sources ranging from texts written and stories told by Egyptians, Babylonians, Maoris, or the natives of North America, we always find that *wind* is one of the important phenomena used and discussed in myths. There are no “air myths.”

This last point needs some explaining. In our modern culture, we are quick to think of air—and the motion of air as the cause of wind—so that we do not recognize the primacy of wind any longer. It does not seem to matter that we do not have any direct means for perceiving air and conversely that we readily perceive wind. I am inclined to say that we modern humans are

dissociated from the natural world in a profound manner, and the issue of wind and air proves it.

As a consequence, translations of ancient Egyptian texts speaking of wind or breath mostly show a “modern” bent. What should probably be interpreted as the description of a phenomenon or *action*—blowing of wind or the act of breathing—is *nominalized* and called *air*. Some say this is supported by the Egyptians themselves who, as we explain today, introduced gods to personify phenomena. Shu, who is “air personified” in modern interpretation, separates heaven and earth (Fig.1). Our modern ambivalence about wind and air is exemplified by typical translations where wind and air seem to be treated as the same thing (see the hieroglyphs on the right of Fig.1). The symbol for wind used in Egyptian is the billowing sail that certainly identifies the action of wind and not the presence of a substance, air. Shu is sometimes represented by a feather, which can be carried easily by the wind. Shu stood for the cool northern winds and the breath of life; he was invoked to give wind to the sails of boats.

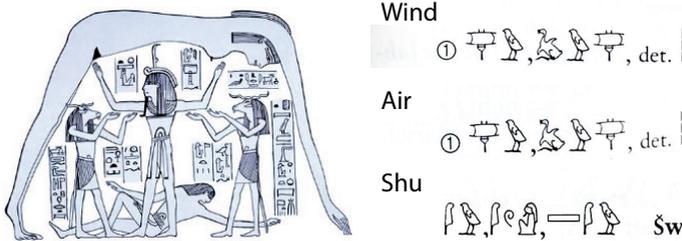


Figure 1. Shu (Wind) separates Earth (Geb) from Sky (Nut); see left. In translations, Wind and Air are treated equally (reflecting a modern dilemma) even though the symbol is that of a billowing sail. Shu is represented by a feather. Excerpts from R. Hannig: *Grosses Handwörterbuch Deutsch – Ägyptisch*, Mainz, 2000. Sample of story “La Marieta i la lupa” (The ladybug and the magnifying glass) performed by the children of child 5 years of the school “Real Blanc” of Cocentaina (Spain).

At any rate, it is not necessary to think of Shu as a person or substance that intervenes between heaven and earth. Rather, it makes more sense to think of Shu as the agentive character of the gestalt of the phenomenon we call *wind*. (In our translations of Babylonian cosmology, it is the wind that moves between two disks that become earth and sky and separates them.) Moreover, thinking of a phenomenon (a force of nature) by invoking an agent is only one aspect of our perception of such a phenomenon (see the next section).

So here is my *First Thesis*:

We do not have to anthropomorphize or personify wind. Wind is a power, it is an agent, a spirit. This is not to say that we are thinking of persons or gods. People are quite able to conceptualize agents/characters without having to resort to personification or even deification. In fact, it is quite wrong to think that what we now call the gods of ancient Egypt (or the American Natives' Great Spirit) were anything like the modern concept of god.

Second, it does not seem to be farfetched to assume that small children perceive *wind* but are not privy to the notion of (a substance called) *air*. I remember my daughter during the first two years of her life in Holland and how she reacted to the ever present wind by turning her face into it when it was gentle and turning away when it was harsh. Clearly, there is a polarity to be perceived ranging from no (or very gentle) wind to storms, very similar to other polarities that lead to the construction of conceptions of other forces of nature (COLD ↔ HOT, DARK ↔ LIGHT, SLOW ↔ FAST). The perception of these polarities is the source of our understanding of nature.

And I remember how I was introduced to the existence of air toward the end of third grade—before that, this was

simply no subject for us kids, it simply did not matter (if it mattered much in the years after that is debatable). Our teacher sliced the air with the hazel stick (which he used to beat us with when we were disobedient), making us aware of the sound it made, telling us that this proved the presence of air.

So here is my Second Thesis:

Do not introduce small children to the notion of air (as a substance); if you do use the term air, use it as the substantive/agentive aspect of the gestalt of wind. Introduce them to wind; let them experience wind and its effects; let them discuss their experience, let them create and tell stories. Use the power of such experiences to educate children both in their knowledge of nature and in their mastery of good language.

Stories of Forces of Nature

To lead up to my next theme—emotion in the perception and conceptualization of natural phenomena—I need to briefly turn to the issue of stories of *forces of nature*. Examples of forces of nature are wind, light, fire and ice, soil, water, food, etc. In a formal setting, in macroscopic physical science, we encounter them as the phenomena of fluids, electricity, heat, chemical substances, and motion.

In the last few years, Federico Corni and I have investigated the construction and use of stories of such forces (Fuchs, 2013a,b; Corni, 2013). In summary, we find that good stories can be told about forces of nature, and teachers can learn to create them and so become masters of their own understanding of the most important of natural phenomena.

It turns out that narrative provides a crucial element for embedding forces of nature. On the one hand, we under-

stand forces because they are structured by relatively small-scale figures of mind such as *conceptual metaphors*. On the other hand, they appear in *stories* that are large-scale imaginative products. In other words, our understanding of forces is buffeted between metaphors and stories (see Fig.2 and Fig.3). We might say that metaphoric projection of image schemas allows us to explain the character of forces (giving us tools for formally structuring the gestalt) whereas stories give birth the notion of forces as agents or patients. By being embedded in a story, WIND is given a character with emotional aspects (related to the generating polarity, i.e., GENTLE ↔ HARSH), causing and being subject to processes that unfold over time. The emotional and cognitive function of forces is their role in stories.

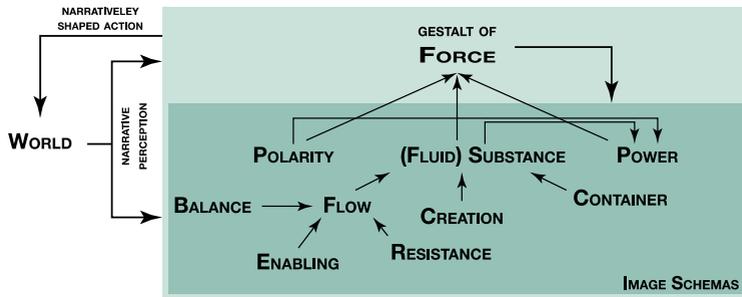


Figure 2. A model of a part of figures of mind that depict the interaction between image schemas and the gestalt of forces.

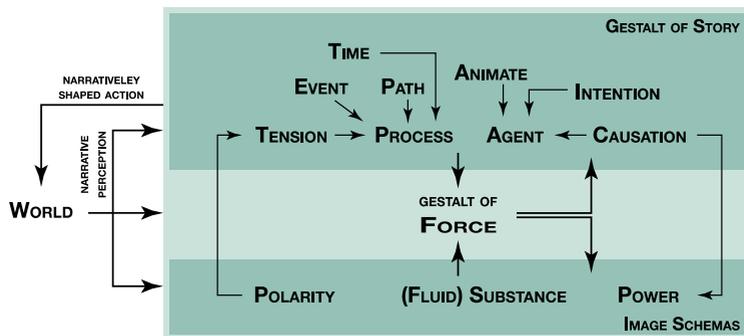


Figure 3. The story gestalt contains structure from a number of schemas such as event, path, tension, causation. Story with its structure(s) gives character to the concept of forces, and the gestalt of force projected to story gives meaning to elements such as agent.

Emotion and Reason

Finally, I turn to the question of the relation between emotion and reason in narratives of forces of nature. This, I hope, will prepare the ground for Manuela Cervi in her reply to my short remarks. Let us take this exchange as an opportunity to begin some more substantial work on the relation between emotion and reason in science learning (and beyond).

Velleman (2003) argues that two basic conditions have to be met for narrative understanding to exist.

“The first premise is that the understanding provided by narrative should be attributable to the nature of narrative itself—to that by virtue of which a recounting of events qualifies as a story. The second premise is that a description of events qualifies as a story in virtue of its power to initiate and resolve an emotional cadence in the audience.” (p. 18)

This leads him to conclude that stories give *emotional closure, not intellectual understanding*.

What does this mean for our subject? Stories help us understand intentions, hopes, and fears of conscious human-like agents—they relate to our experience of ourselves and other persons, they are repositories for *folk psychology* (Bruner, 1987, 1990). Now, as an analogy, stories of forces of nature relate to our experience of nature and they are repositories for *folk physics*. Thus, two new questions arise: how is folk physics different from folk psychology, and how does folk physics relate to scientific physics? Here, I will deal only with the former.

As to the first of these questions, how is an experience of an angry teacher, a caring father, or a wild birthday party with a dozen boys running and screaming different from experiencing water cascading over rocks, a gentle breeze, or a forest fire? My point is that these two groups of experiences cannot be fundamentally different—they are made with the same resources by the same mind using and creating the same figurative structures such as conceptual metaphors. Stories of forces of nature can do what “normal” stories do for us: they create emotional understanding of these forces. They let us feel what forces of nature are about. Folk physics is the equivalent to folk psychology—it reveals that *forces have a character* just as persons do.

This is not all. Stories describe, if only qualitatively, how forces do their work and in this manner they reveal the character of these forces. Concrete stories reveal their conceptual structures. Stories help us learn about the aspects of the gestalt (of force of nature) and they let us use elements of embodied logic entailed by metaphors when we weave forces into the events narrated. Import-

antly, they make it clear that the world is dynamic where agents cause change and are changed as events unfold. These are all elements that create more than what we call emotional forms of knowledge—they build the base upon which we can invent formalized representations.

Let these last words suffice for an answer to the second question—how does folk physics relate to science? I believe that we can show that there is a strong and, for education, very useful relation between everyday thought and formal reasoning. But this would be the theme of another talk...

So here is my Third Thesis:

The perception of Wind leads to both emotion and conception. Stories of Wind teach us how to express the emotional side of the experience. At the same time, speaking of what Wind does, how it acts, and why it does so, contains the seeds of conceptual understanding of the phenomenon.

References

- Bruner, J. (1987): *Actual Minds, Possible Worlds*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1990): *Acts of Meaning*. Harvard UP, Cambridge, MA.
- Corni, F. (ed.) (2013): *Le scienze nella prima educazione. Un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*, Erickson, Trento, Italy.
- Corni, F., Giliberti, E., Fuchs, H.U. (2013): Student teachers writing science stories: A case study. *Proceedings of the ESERA Conference 2013*, Cyprus.
- Egan, K. (1986): *Teaching as Story Telling*. University of Chicago Press, Chicago.
- Fuchs, H.U. (2013a): Il significato in natura. In Corni F. (ed.) (2013): *Le scienze nella prima educazione. Un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*, Erickson, Trento, Italy. English version: Meaning in Nature. From Schematic to Narrative Structures of Science. ZHAW, Institute of Applied Mathematics and Physics, <www.zhaw.ch/~fusa/LITERATURE/Literature.html>.
- Fuchs, H.U. (2013b): Costruire e utilizzare storie sulle forze della natura per la comprensione primaria della scienza. In Corni F. (ed.) (2013): *Le scienze nella prima educazione. Un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*, Erickson, Trento, Italy. English version: Designing and Using Stories of Forces of

Nature for Primary Understanding in Science. ZHAW, Institute of Applied Mathematics and Physics, <www.zhaw.ch/~fusa/LITERATURE/Literature.html>.

Velleman, J.D. (2003): Narrative Explanation. *Philosophical Review*, 112(1), 1-25.

PART II (Cervi)

Premessa

Il dialogo “*Wind or air?*”, ovvero “Come chiamerebbe un bambino l’aria, quando ne facesse esperienza? Vento o aria?”, nasce in virtù di un triplice fatto. Il primo è che l’emozione è intelligente, come hanno dimostrato le teorie dell’*Appraisal* (Scherer, 2001), (Leventhal et al., 1987), possiede cioè una dimensione fisiologica o dinamica; una dimensione espressiva e comportamentale, ma anche una dimensione cognitiva cioè intelligente, capace – in particolare – di valutare eventi, fenomeni, oggetti e persone in rispondenza ai bisogni vitali dell’uomo. Ad esempio la felicità (una modalità emotiva tra le 401 categorizzate dal codice linguistico italiano) è una ragione che si apre alla realtà, perché nella realtà c’è una risposta al cuore dell’uomo, alla sua sete di amore, di giustizia, di verità, di bellezza, ecc. Detto altrimenti: la felicità (emozione) è una valutazione positiva della realtà (cognitiva) rispetto al parametro del senso delle cose (Bellezza, Amore, Giustizia, Verità, ecc.), di cui il cuore avverte l’insopprimibile esigenza. Se nella realtà facciamo esperienza di Bellezza, Amore, Giustizia, Verità, è precisamente questo a renderci felici.

Il secondo fatto è che l’intelligenza dell’emozione è parte integrante della ragione o della capacità elaborativa dell’informazione insieme alla razionalità, contribuendo entrambe a un unico processo comprensivo e conoscitivo dei fenomeni, che si snoda attraverso modalità operative diverse, ciascuna con un proprio specifico ruolo (Cervi, 2012).

Il terzo fatto, infine, è che l’emozione è il modo di elaborare le informazioni prioritario nell’infanzia (Andersen,

2003), cioè fino ai 10-11 anni circa quando il suo ruolo inizia a diventare paritario rispetto alla razionalità per 4-5 anni circa, fino a quando, attorno ai 15-16 anni circa, il suo ruolo diventa subalterno rispetto a una razionalità, che da quel momento in poi prenderà il definitivo sopravvento nell'elaborazione delle informazioni a garanzia del processo conoscitivo.

Non ci sono dunque le emozioni da un lato e la ragione dall'altro, come suggerisce l'intera tradizione razionalista a partire da una parte della greco-antica fino a quella moderna. Le emozioni sono piuttosto il primissimo modo dato all'essere umano di conoscere la realtà, solo sulla base del quale si svilupperà e opererà la conoscenza prettamente razionale attraverso l'insieme di tutte le modalità elaborative e astrattive (non valutative delle condizioni che rendono possibile la vita), che ne costituiscono la natura specifica.

Ed è così che si invertono i termini di "soggettività" e "oggettività" conoscitiva (conoscenza soggettiva e conoscenza oggettiva) rispetto a come vengono normalmente utilizzati: solo la dinamica emotiva è universale, e quindi oggettiva nel risultato della sua specifica capacità elaborativa (ad esempio per qualsiasi persona al mondo la paura è la valutazione negativa della realtà rispetto al parametro della sicurezza), mentre la razionalità con la sua complessità e astrattezza è specifica di ciascuno, cioè soggettiva.

Vento o aria?

Un bambino fino ai 10-11 anni circa farà pertanto esperienza del "vento"; conoscerà il "vento"; parlerà del "vento", e solo sulla base di una conoscenza corporea, esperienziale, diretta del fenomeno "vento" inizierà a pensare all'"aria" e a parlare dell'"aria". E il singolo uomo non fa

che ripercorrere l'intera storia culturale che lo ha preceduto e costituito (Egan, 1997), e che si snoda attraverso il percorso di conoscenza che dalle civiltà antiche (come la babilonese, l'egiziana, civiltà popolari e mitiche, ad ogni modo largamente pre-razionaliste) arriva fino a quella contemporanea largamente razionalista. Cerchiamo allora di capire come.

Esperienza

La vita, che viviamo dentro il nostro corpo (Rosch et al. 1991), è un succedersi di esperienze: oggi è primavera e siamo a Capo Sunio con il tempio di Poseidone alle spalle e il Mediterraneo davanti agli occhi: qui siamo accarezzati da una brezza profumata di salsedine. Ieri era estate ed eravamo in vetta al Monte Rosa a 4.500 mt. di altitudine: lì eravamo investiti da folate di vento gelide e sferzanti. Il giorno prima era autunno, ed eravamo sulla spianata della Torre di Belem, a Lisbona, dove eravamo sollevati dal vento potente proveniente dall'Oceano. Tre esperienze molto diverse del "vento" (una brezza profumata; folate sferzanti; raffiche possenti), tutte ugualmente vissute dentro il corpo, che le rende possibili.

A questo livello elaborativo il pensiero è esperienziale (*embodied*); vivo (ha un profumo, una temperatura, esercita una pressione); vitale o adattivo (un marinaio dell'antichità, molto più di noi oggi, sapeva bene quali e quante informazioni essenziali a garantire la vita o a non garantirla porta il vento); rapido (secondo una tempistica calcolata in pochi millesimi di secondo). A questo livello il pensiero è "warm" (*warm cognition*); associativo (il profumo del vento di Capo Sunio può suscitare a uno il ricordo di Budelli guardando lo stretto di Bonifacio, e a un altro la baia di Capo Rizzuto); strutturato in opposti, in polarità

(il vento caldo o freddo; lieve o sferzante; ecc.) in virtù della sua struttura binaria (Cervi, 2012); muove verso la realtà, mette cioè in movimento, come osservava già Aristotele (fa ad esempio desiderare di tornare in vetta al M.te Rosa); è ineffabile (è un pensiero che non ha parole, che viene prima delle parole, che sta tutto prima delle parole), e che solo più tardi verrà eventualmente espresso per come le parole di un certo codice linguistico saranno capaci di esprimerlo. È un pensiero corporeo (dentro un corpo dotato di un certo tipo di struttura, come un davanti e un dietro, un dentro e un fuori; di una sensorialità, di una certa sensibilità, di una certa motilità, ecc.); largamente inconsapevole (un pensiero che precede la consapevolezza, e che spesso non arriva alla consapevolezza); gestaltico (coglie la totalità del vento nel suo complessivo investire il soggetto); approssimato (si attesta sulla totalità del fenomeno senza entrare nei suoi dettagli); intuitivo (fa percepire il fenomeno); immaginifico (si struttura immediatamente in proiezioni – metafore concettuali - verso altri domini conoscitivi, costituiti a loro volta da immagini poi utilizzate nella narrazione).

Quel che maggiormente ci interessa è che sotto il profilo elaborativo tale pensiero sia unicamente valutativo, non elaborativo, incapace cioè di analisi, di sintesi, di paragoni, ecc.

Un pensiero esperienziale

Il nostro pensare l'esperienza, nel nostro esempio il vento, in primo luogo viene garantito da una base neurobiologica costituita da circuiti neuronali molto brevi (da qui ad esempio il suo essere rapido, oppure adattivo). Inoltre tali circuiti sono i primi ad essere investiti dalle informazioni provenienti dall'ambiente (da qui ad esempio il suo es-

sere un pensiero “*warm*”, oppure il suo essere ineffabile). In più la struttura elaborativa eminentemente valutativa, che su di esso si articola, è binaria (Cervi, 2012), e da qui deriva ad esempio la sua percezione polare dei fenomeni. Infine tale pensiero è direttamente (per vie neurali) e indirettamente (per vie chimiche) connesso a tutto il corpo (da qui il suo essere ad esempio esperienziale; il suo essere gestaltico; il suo essere e-motivo, capace cioè di muovere).

Comprendere l'esperienza: dal vento all'aria

Subito dopo aver fatto esperienza del vento, che cosa accade? Emerge immediatamente sotto il profilo cognitivo il bisogno meramente economico di gestire l'infinitudine dell'esperienza. Sarebbe infatti impossibile per il pensiero gestire entità costantemente diverse, quali sono nell'esperienza il vento di Capo Sunio, quello del M.te Rosa, quello della Spianata di Belem, ecc. Per gestire un'esperienza per definizione in-finita il pensiero fa economia, riduce cioè il molteplice a entità finite, che così possono essere gestite ed elaborate. Il pensiero – in altre parole – categorizza la realtà. Che cosa vuol dire categorizzare? Vuol dire chiedersi che cosa il vento di Capo Sunio, quello del M.te Rosa, quello della Spianata di Belem, hanno in comune al di là delle loro differenze, e quindi perché possano essere trattati dal pensiero in maniera analoga.

E che cos'hanno in comune? Tutti allo stesso modo possiedono una temperatura, una densità, una viscosità dinamica, una viscosità cinematica, ecc. Questa è precisamente l'aria: l'insieme degli elementi (temperatura, densità, viscosità dinamica, viscosità cinematica, ecc.) ricorrenti come costanti in tutte le esperienze di vento o – detto in altri termini - la categorizzazione di tutte le possibili esperienze del vento.

Temperatura (°C) ↕	Densità (kg/m ³) ↕	Viscosità dinamica (Pa·s) ↕	Viscosità cinematica (m ² /s) ↕	c _p (kJ/kg K) ↕	c _v (kJ/kg K) ↕	c _p /c _v ↕
0	1,293	1,71×10 ⁻⁵	1,32×10 ⁻⁵	1,0037	0,7166	1,401
10	1,247	1,76×10 ⁻⁵	1,41×10 ⁻⁵	1,0041	0,7170	1,400
15	1,225	1,78×10 ⁻⁵	1,45×10 ⁻⁵	1,0043	0,7172	1,400
20	1,205	1,81×10 ⁻⁵	1,50×10 ⁻⁵	1,0045	0,7174	1,400
30	1,165	1,86×10 ⁻⁵	1,60×10 ⁻⁵	1,0050	0,7179	1,400
40	1,127	1,90×10 ⁻⁵	1,69×10 ⁻⁵	1,0055	0,7184	1,400
60	1,060	2,00×10 ⁻⁵	1,88×10 ⁻⁵	1,0068	0,7197	1,399
80	1,000	2,09×10 ⁻⁵	2,09×10 ⁻⁵	1,0084	0,7213	1,398
100	0,946	2,18×10 ⁻⁵	2,30×10 ⁻⁵	1,0104	0,7233	1,397
126.85	0,8824	2,286×10 ⁻⁵	2,591×10 ⁻⁵	1,0135	0,7264	1,395
226.85	0,7060	2,670×10 ⁻⁵	3,782×10 ⁻⁵	1,0295	0,7424	1,387
326.85	0,5883	3,017×10 ⁻⁵	5,128×10 ⁻⁵	1,0511	0,7640	1,376
526.85	0,4412	3,624×10 ⁻⁵	8,214×10 ⁻⁵	1,0987	0,8116	1,354
726.85	0,3530	4,153×10 ⁻⁵	1,176×10 ⁻⁴	1,1411	0,8540	1,336
1226.85	0,2353	5,264×10 ⁻⁵	2,236×10 ⁻⁴	1,2112	0,9241	1,311
1726.85	0,1765	6,23×10 ⁻⁵	3,53×10 ⁻⁴	1,2505	0,9634	1,298

Notiamo solo brevemente, che nel caso del vento-aria il nostro codice linguistico ci segnala la differenza elaborativa e conoscitiva con uno stratagemma lessicale, ma non per tutti i fenomeni e non in tutti i codici linguistici questo accade.

Una volta categorizzato il vento come aria, la razionalità ha a questo punto materia su cui procedere con i propri strumenti elaborativi e astrattivi, per esempio con la sua capacità di analisi. Da questo punto di vista verificherà una composizione dell'aria (gli elementi che la compongono, cui darà una formula, una concentrazione degli elementi, cui attribuirà una misura, ecc.); oppure troverà e calcolerà il suo indice di rifrazione; oppure elaborerà i suoi possibili trattamenti (la compressione, la liquefazione, il frazionamento, la purificazione), ecc.

Qui il pensiero non è più esperienziale, bensì astratto (etimologicamente *abstractus*, "tirato fuori", da che cosa? dall'esperienza, appunto). Non è più vivo (non ha più un

profumo, non esercita più una pressione sul corpo), generalizzato. Non è più adattivo, garante della vita, ma garante della comprensione della vita, della comprensione dei fenomeni. Non è più rapido (calcolabile in pochi millesimi di secondo), ma lento, lentissimo. Non è più “*warm*”, caldo, ma “*cold*”, freddo, privo di legame con la vita. Non è più associativo, ma analitico, sintetico, differenziante, discriminante, segregativo, integrativo, ordinativo, ecc. in una parola elaborativo. Non è più strutturato nella rigida forma di una polarità (solo caldo o freddo; solo lieve o sferzante; ecc.), ma liberissimo di articolarsi nelle forme più diverse. Non muove verso nulla, non fa desiderare nulla, non fa commuovere di nulla; ha il solo scopo di far comprendere quanto ha mosso o commosso. Non è inefabile, pre-linguistico, ma si esprime esclusivamente in categorie, in concetti, in parole, inserendosi nello spazio limitato e circoscritto di una parola e da essa facendosi veicolare. Non è corporeo e non passa attraverso la sensorialità, ma ne prescinde, essendo ormai totalmente mentale. Non è largamente inconsapevole e involontario, ma completamente consapevole e volontario. Non è gestaltico, intuitivo, approssimato, ma analitico e capace di entrare nei dettagli. Non è solo immaginifico, ma utilizza le strategie costruttive più diverse. Non è solo passato, ma capace di proiettarsi nel futuro.

Quel che a noi qui più interessa è il fatto che non sia esclusivamente valutativo, ma ampiamente elaborativo.

Tempi di sviluppo di capacità di pensiero diverse

Quando dal pensare il vento diventiamo capaci di pensare l'aria? Quando le strutture neurobiologiche che presiedono agli strumenti cognitivi di tipo elaborativo e astrattivo diventano disponibili, a partire dai 10 anni circa, fino a

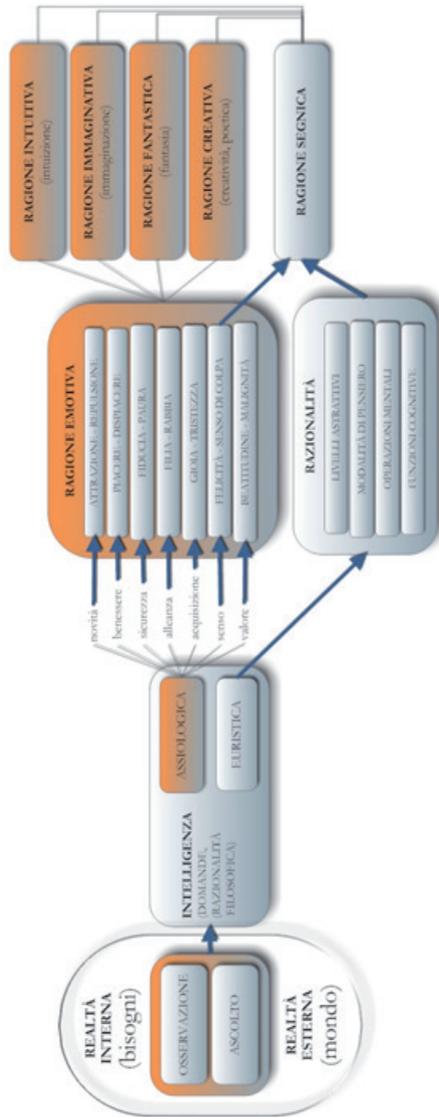
diventare prevalenti attorno ai 15-16 anni circa. In questo lasso di tempo la razionalità si dota via via di strumenti propri sempre più complessi e sofisticati, che ci consentono di conoscere l'aria in tutti i suoi aspetti fisici, meccanici, chimici, ecc.

La scuola oggi

Se togliessimo la possibilità di pensare il vento al pensiero dell'aria – come normalmente accade a scuola, in cui si affronta esclusivamente l'aria semplificandola tanto più quanto più i bambini sono piccoli – separeremmo il soggetto che conosce, l'uomo con la sua esperienza del vento, dalla realtà che vuole conoscere, l'aria in tutte le sue sfaccettature; separeremmo il soggetto della conoscenza dall'origine del processo conoscitivo; separeremmo il soggetto della conoscenza dalla sua relazione col fenomeno da conoscere. In breve separeremmo l'uomo dalla vita in un processo conoscitivo che rimarrebbe esclusivamente astratto (non nel senso di astrazione, ma di astrattezza).

È profondamente vero allora – come sostiene Hans Fuchs – che l'uomo moderno è separato dal mondo naturale in maniera profonda, ed è precisamente quello che si osserva a scuola, quando ad esempio si affronta il fenomeno dell'acqua con bambini di 5 anni a partire da un libro, invece che facendoli giocare con recipienti pieni d'acqua. Il problema è che nel tempo, quello razionale, che pensiamo essere l'unico modo di pensare e di conoscere l'aria, quando viene separato dall'esperienza viva del vento, specie nei primi anni di vita, diventa sterile, incapace di conoscere, incapace di sviluppare gli strumenti cognitivi propri della razionalità. Il razionalismo, che toglie il vento all'aria, nel tempo priva della possibilità di conoscere l'aria stessa.

Occorre allora restituire organicità al processo conoscitivo; restituire all'uomo moderno la sua profonda relazione col mondo *tout court*, compreso il mondo naturale; restituire all'uomo moderno una ragione integrale. «Non è un grande uomo chi sa molto – asseriva Luigi Settembrini –, ma chi ha molto meditato», chi è stato cioè capace di andare a quella profondità conoscitiva delle cose, che sola restituisce la loro comprensione viva e intera, non solo il significato ma anche il valore ch'esse possiedono.



(Cervi, 2012)

Bibliografia

- Andersen, S.L. (2003): *Trajectories of brain development: point of vulnerability or window of opportunity?*. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27, 3-18.
- Cervi, M. (2012): *La ragione del cuore. Antropologia delle emozioni*, Edizioni Cantagalli, Siena.
- Egan, K. (1997), *The Educated Mind: How Cognitive Tools Shape Our Understanding*, trad. it. *La comprensione multipla*, Erickson, Trento 2012.
- Leventhal, H., Scherer, K.R. (1987): *The relationship of emotion to cognition: a functional approach to semantic controversy*. *Cognition & Emotion*, 1(1), 3-28.
- Scherer, K.R. (2001): *Appraisal considered as a process of multi-level sequential checking*. In: K.R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (Eds.). *Appraisal processes in emotion: theory, methods, and research* (92-102), New York: Oxford University Press.
- Rosch, E., Thompson, E., Varela, F.J. (1991), *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*, MIT Press, Cambridge, MA, USA.

LE STORIE NELLA DIDATTICA DELLE SCIENZE

LA STRUTTURA LINGUISTICA E L'IMPORTANZA DEL DIALOGO

Maria Elena Favilla

Dipartimento di Educazione e Scienze Umane,
Università di Modena e Reggio Emilia

1. Introduzione

Stories, which rely so much on words, offer a major and constant source of life and language experience for children. Stories are motivating and memorable, rich in language experience, and inexpensive! Surely stories should be a central part of the work of all primary teachers, whether they are teaching the mother tongue or a foreign language (Wright 2008: 4)¹.

Le ricerche condotte da Federico Corni, Hans Fuchs e collaboratori (ad es., Fuchs 2011; Fuchs *et al.* 2011; Corni 2013a; Corni *et al.* 2012; nonché i loro contributi nel presente volume) mostrano come le storie costituiscano un'importante risorsa per l'insegnamento delle scienze ai bambini della scuola dell'infanzia e della scuola primaria. Tali ricerche partono dal presupposto che «tutti gli "ingredienti" metodologici per ragionare di scienze nella scuola primaria sono già presenti nella mente dei bambini» (Corni 2013b). Evidenziano il carattere narrativo della scienza:

1. «Le storie, che si affidano così tanto alle parole, offrono un'importante e costante fonte di esperienza di vita e di lingua per i bambini. Le storie motivano e sono memorabili, sono ricche di esperienza linguistica e non costano soldi! Le storie dovrebbero davvero essere una parte centrale del lavoro di tutti gli insegnanti della scuola primaria, di quelli che insegnano la lingua madre, così come di quelli che insegnano una lingua straniera» [trad. mia].

«se ascoltiamo la natura, la sentiremo narrare delle storie, e anche quando parliamo di lei utilizziamo dei racconti» (Fuchs 2012a: 9). Sostengono che le storie possono aiutare i bambini a costruire i concetti basilari necessari per interpretare la natura e comprendere le scienze (Corni 2013b). In questa prospettiva, spiegare il funzionamento dei fenomeni fisici e scientifici non è altro che raccontare storie sul “dramma” della natura (Fuchs 2012a: 27-28) e sui modi in cui i personaggi delle forze della natura – il calore, il freddo, l’acqua, l’aria, l’elettricità ecc. – danno un senso alla natura stessa (Fuchs 2012b: 82-83).

Perché queste storie risultino davvero efficaci, la loro costruzione deve prestare particolare attenzione alle scelte linguistiche. Queste ultime, come sottolinea Altieri Biagi, costituiscono un aspetto fondamentale della descrizione scientifica, non solo funzionale all’insegnamento:

le scelte teoriche, metodologiche, tematiche, operate da uno scienziato, selezionano scelte corrispondenti sul piano della forma linguistica; sicché quest’ultima si configura agli occhi dello scienziato (e va considerata da noi) come aspetto non marginale della sua attività (Altieri Biagi 1990: 219-220).

Tali scelte risultano tanto più importanti quando la descrizione scientifica è rivolta ai bambini all’inizio del percorso scolastico e mira ad utilizzare le storie per favorire la comprensione e la conoscenza consapevole dei concetti scientifici “primari” (Fuchs 2012b: 57) e per sviluppare ragionamenti corretti dal punto di vista scientifico a partire da spiegazioni basate sul linguaggio naturale (Corni 2014). Questo contributo presenta alcune riflessioni relative alla possibile forma linguistica delle storie per l’insegnamento delle scienze. In particolare, evidenzia l’importanza della prospettiva dialogica, sia all’interno delle storie che nelle discussioni condotte su di esse con i bambini.

Dopo aver ricordato la tradizionale presenza del dialogo come forma linguistica privilegiata nei principali ambiti qui implicati, nella tradizione didattica, così come in quella dell'argomentazione scientifica e nella teoria linguistica (§ 2), si richiamano gli aspetti della teoria linguistica necessari per capire la rilevanza della prospettiva dialogica e il suo uso nell'insegnamento delle scienze attraverso le storie. In primo luogo, si presentano gli elementi di novità che caratterizzano la rinnovata attenzione al dialogo nei recenti studi sul linguaggio (§ 3). In secondo luogo, sono presentati e discussi la teoria della sintassi dialogica (§ 4) e alcuni aspetti che collegano questa teoria ai meccanismi cognitivi coinvolti nell'elaborazione del linguaggio (§ 5). Questo quadro, importante ma non ancora del tutto consolidato e condiviso nella comunità scientifica dei linguisti, offre la base teorica a nostro avviso più convincente e fruttuosa per la comprensione delle potenzialità del dialogo e per la sua valorizzazione nell'insegnamento delle scienze nei primi anni della scolarizzazione (§ 6).

2. Il dialogo come genere tradizionale dell'insegnamento e della prosa scientifica

La proposta di utilizzare il dialogo nell'insegnamento delle scienze non può essere considerata una novità né con riferimento ai metodi e alle tecniche didattici in generale, né con riferimento alla tradizione letteraria scientifica.

Quanto alla didattica in generale, esistono molte metodologie e strategie didattiche basate sul dialogo e sull'interazione, ed è ampiamente nota e riconosciuta l'importanza di una didattica interattiva e condivisa che favorisca il dialogo e la riflessione, rispetto ad una didattica prescrittiva intesa come mera trasmissione di saperi.

Per quanto riguarda la tradizione letteraria scientifica, non possiamo dimenticare che nella prosa scientifica il dialogo è presente come genere letterario fin dai tempi più antichi nella nostra tradizione. Se già Platone, nel Fedro, esalta esplicitamente «l'orazione viva e animata» come quel tipo di orazione «di più gentile natura e anche più possente» che rimane impressa nell'anima del discendente (Platone [2008]: 730-732 e Reale 2004: 16-19), Galileo lo utilizza come «un'arma» che «serve alla propaganda delle sue idee e serve alla lotta contro il 'paradigma' della scienza ufficiale» (Altieri Biagi 1990: 229). La scelta del dialogo da parte di Galileo non è legata soltanto a ragioni «estetico-stilistiche» e «strategico-prudenziali», ma anche al fatto che il dialogo permette di discutere i dubbi, potenziare gli stimoli e arrivare in modo collaborativo alla conoscenza (Altieri Biagi 1990: 226-227). In questo senso, la proposta di utilizzare il dialogo per insegnare le scienze trova radici profonde nella tradizione scientifica occidentale.

3. La natura dialogica, interazionale e contestuale del linguaggio

Nella prospettiva linguistica, anche grazie alla maggiore attenzione dedicata alla lingua parlata, si stanno sempre più affermando, negli ultimi anni, teorie volte ad evidenziare la natura dialogica del linguaggio e a ricondurre a questa natura il funzionamento e la spiegazione di vari fenomeni linguistici.

Anche in questo ambito, tuttavia, l'attenzione al dialogo non rappresenta una novità e gli aspetti dialogici del linguaggio sono stati posti in evidenza fin dai tempi ai quali si fa risalire la nascita della linguistica come disciplina scientifica da studiosi importanti, quali ad esempio Humboldt, Bühler, Bachtin, Benveniste, Terracini.

La rinnovata attenzione al dialogo di questi ultimi anni è da ricondurre alla sempre maggiore consapevolezza della necessità di considerare il linguaggio e la grammatica come azione e interazione, dalle quali dipende la comprensione del funzionamento del linguaggio. Come evidenziato da Calaresu (2015a), gli studi degli ultimi anni sul parlato e sui percorsi di grammaticalizzazione alla base del mutamento linguistico suggeriscono di riconsiderare la prospettiva tradizionale di osservazione della grammatica e di indagare il suo funzionamento a partire dal discorso piuttosto che dalle singole frasi, riconoscendo la priorità della dimensione dialogica nell'organizzazione del linguaggio.

In effetti, negli ultimi anni si sono sviluppati, molto spesso senza esplicite connessioni e richiami reciproci, vari filoni di ricerca, per lo più di stampo funzionale cognitivo, che fanno emergere la natura inerentemente dialogica, interazionale e contestuale del linguaggio e sottolineano la necessità di rendere conto del funzionamento del linguaggio a partire dagli usi effettivi che i parlanti ne fanno, interpretati in termini di elaborazione cognitiva e azione e interazione sociale.

Così, ad esempio, Auer (2009) considera il parlato e la sua struttura temporale come il risultato di un processo interattivo, dialogico, tra parlante e ascoltatore, che si dispiega momento per momento nel corso del tempo. Il modello della grammatica *on-line* descritto da Auer non è compatibile con una definizione strutturalista della frase.

Utilizzando il concetto di dialogo in un senso più esteso, che include qualsiasi canale, parlato, scritto ed elettronico, anziché solo quello parlato, Linell ha dedicato vari saggi (ad esempio, 2006; 2009a) e una ricca monografia, intitolata *Rethinking Language, Mind and World Dialogically* (2009b), allo studio del dialogo. Linell conside-

ra dialogo «qualsiasi tipo di pratica, azione, interazione, ragionamento, comunicazione semiotici e dotati di senso purché si tratti di fenomeni intesi dialogicamente» (Linell 2009a: 6). All'interno di questa prospettiva, evidenzia l'uso dinamico delle risorse linguistiche nella costruzione del significato nell'interazione e rispetto al contesto.

L'importanza di studiare la grammatica come azione e interazione è sottolineata anche da Thompson e Couper-Kuhlen (2005), che studiano le regolarità nelle pratiche messe in atto dai parlanti nelle interazioni per capire il funzionamento e l'organizzazione della grammatica.

Nella ricerca linguistica italiana, Calaresu ha dedicato varie recenti ricerche a dimostrare la natura dinamica e dialogica della grammatica e ad evidenziare l'origine dialogica di varie strutture sintattiche (ad es., Calaresu 2015a; 2015b; 2015c).

Ancora, con riferimento all'acquisizione delle strutture grammaticali, Hopper (ad es., 2014) propone il concetto di *grammatica emergente*, in base al quale le strutture grammaticali non sono aprioristicamente possedute dai parlanti, ma vengono ricavate e continuamente rimodelate in base all'esperienza e al riscontro che ciascun parlante si fa di queste strutture nelle interazioni con gli altri parlanti nei diversi contesti. Questo concetto può essere considerato una diretta conseguenza del dispiegarsi nel tempo della grammatica e in questo senso è in linea con la grammatica *on-line* di Auer (cit.). Nella condivisibile prospettiva della grammatica emergente, acquisire le strutture linguistiche significa imparare ad adattare il proprio comportamento linguistico a contesti e situazioni sempre più complessi, in un processo che non si conclude ad una determinata età, ma continua per tutta la vita, e nel quale le forme linguistiche emergono in situazioni di dialogo e di interazione.

Tra le ricerche che evidenziano la natura dialogica, interazionale e contestuale del linguaggio, la teoria della sintassi dialogica risulta particolarmente interessante nella prospettiva dell'insegnamento delle scienze ai bambini nei primi anni della scolarizzazione. Per coglierne la rilevanza ai fini dell'insegnamento, conviene richiamarne gli aspetti principali.

4. La sintassi dialogica

Come riconosce l'autore al quale si deve la sua elaborazione, la teoria della sintassi dialogica e il saggio che la presenta hanno avuto una lunga gestazione (Du Bois 2014: 402): se la presentazione della teoria è pubblicata in un volume monografico recentissimo della rivista *Cognitive Linguistics* (Giora, Du Bois 2014), i primi riferimenti a questa teoria risalgono alla fine degli anni Novanta del secolo scorso e varie versioni manoscritte del saggio hanno avuto ampia circolazione grazie a Internet molto prima della pubblicazione ufficiale del 2014.

La teoria della sintassi dialogica si inserisce nell'ambito teorico e metodologico della linguistica funzionale cognitiva, interessata a comprendere il funzionamento del linguaggio e il ruolo che la cognizione umana svolge su questo funzionamento (Du Bois, Giora 2014: 351-352). Considerando la sintassi in una prospettiva più ampia di quella lineare, analizza il linguaggio prendendo come unità di base non la frase o l'enunciato, ma l'intera serie degli enunciati che si susseguono in un'interazione, superando i confini tra gli interlocutori. Da questo punto di osservazione emergono delle serie di parallelismi di forme e significati tra coppie di enunciati prodotti nel corso delle interazioni, dallo stesso parlante o da interlocutori diversi, in turni adiacenti così come in turni distanti tra loro.

Questi parallelismi mostrano affinità relazionali tra gli enunciati prodotti, che dal punto di vista del significato e della funzione non implicano necessariamente equivalenza e somiglianze, ma possono anche esprimere differenze, concetti opposti o informazioni di tipo diverso:

As one utterance is juxtaposed to another, the structural coupling that results creates a new, higher-order linguistic structure. Within this structure, the coupled components recontextualize each other, generating new affordances for meaning (Du Bois 2014: 360)².

In questo senso, dunque, l'oggetto di studio della teoria non è la sintassi usata nel dialogo, ma il ruolo che le strutture linguistiche prodotte nei turni precedenti hanno nell'elaborazione del linguaggio da parte dei parlanti.

La teoria della sintassi dialogica studia i processi linguistici, cognitivi e interazionali sottostanti ai parallelismi, cercando di capire questi ultimi dal punto di vista della loro strutturazione linguistica e delle funzioni che svolgono rispetto agli obiettivi comunicativi, cognitivi e collaborativi dei parlanti (Du Bois, Giora 2014: 352-353).

Le affinità relazionali determinate dai parallelismi tra le coppie di enunciati generano un effetto che Du Bois definisce di risonanza, che contribuisce alla creazione di significato potenziando le possibilità di ricavare inferenze legate al contesto.

Questo tipo di affinità può riguardare qualsiasi tipo di unità e livello linguistico:

2. "Nella giustapposizione degli enunciati, l'accoppiamento strutturale che ne risulta crea una nuova struttura linguistica di livello più alto. All'interno di questa struttura, i componenti accoppiati si ricontestualizzano a vicenda, generando nuove potenzialità di significato" [trad. mia]. Sul significato preciso del termine *affordances*, qui tradotto come 'potenzialità', si rimanda a Linell (2014: 6).

Any aspect of language can give rise to resonance, if there is suitable structural parallelism to support the perception of affinity. Resonance can arise across pairs of signs, morphemes, words, phrases, clauses, constructions, or speech acts, and indeed across all of these levels at once within a single utterance (Du Bois, Giora 2014: 353)³.

È importante sottolineare che sono intesi davvero tutti i livelli e tipi di unità e che sono esplicitamente inclusi anche i fenomeni prosodici e gli aspetti pragmatici:

Resonance can be created at any level of linguistic organization, including syntax, lexis, morphology, phonology, prosody, semantics, and pragmatics (Zima 2013: 40)⁴.

Non è opportuno descrivere qui in modo dettagliato la teoria. Al fine di evidenziare la sua possibile rilevanza e utilità nella didattica delle scienze, tuttavia, può essere utile soffermarsi brevemente sull'esempio discusso da Du Bois per illustrare l'attivazione delle affinità ai diversi livelli linguistici (2014: 361-363). La coppia di enunciati è tratta da un'interazione tra moglie e marito ed è la seguente:

Joanne: It's kind of like ^you Ken.

Ken: That's not at ^all like me Joanne⁵.

Per evidenziare i parallelismi, gli enunciati prodotti in giustapposizione dialogica vengono trascritti in quello che

3. "Qualunque aspetto del linguaggio può dare luogo a risonanza, se c'è un adeguato parallelismo strutturale a supportare la percezione dell'affinità. La risonanza può emergere tra coppie di segni, morfemi, sintagmi, clausole, costruzioni, o atti linguistici, e anche tra tutti questi livelli contemporaneamente nello stesso enunciato" [trad. mia].

4. "La risonanza può essere creata a qualsiasi livello dell'organizzazione linguistica, inclusi la sintassi, il lessico, la morfologia, la fonologia, la prosodia, la semantica e la pragmatica" [trad. mia].

5. "Joanne: È un po' come te Ken.

Ken: Non è affatto come me Joanne" [trad. mia].

Il segno ^ indica l'accento primario dell'enunciato.

Du Bois definisce «diagrafo», una trascrizione in righe e colonne che aiuta a evidenziare i parallelismi (Du Bois 2014: 362):

JOANNE:	It	's	kind of	like	^you	Ken
KEN:	That	's	not at ^all	like	me	Joanne

Come evidenzia il diagrafo, i due enunciati presentano una serie di parallelismi tra le varie forme prodotte dai due interlocutori: i pronomi (*it : that, you : me*), i nomi propri a fine enunciato (*Ken : Joanne*), gli avverbiali modificatori (*kind of : not at all*), le due identiche repliche della stessa forma (*'s : 's, like : like*). La risonanza dialogica tra i due enunciati riguarda i diversi livelli dell'elaborazione linguistica: il livello del significato (i due pronomi *you* e *me* sono coreferenti, riferiti entrambi a Ken, così come i pronomi *it* e *that* sono entrambi riferiti alla situazione), quello pragmatico (la funzione vocativa dei due nomi propri), quello frasale (la costruzione *X è Y*, i sintagmi avverbiali), quello prosodico (entrambi gli enunciati sono costituiti da un'unica unità intonativa).

Questa coppia di enunciati si presta particolarmente bene anche per mostrare come le affinità tra gli enunciati non implicano necessariamente equivalenza e somiglianze. Al contrario, possono essere utilizzate per esprimere in modo efficace concetti opposti: nell'esempio, l'ampio numero di parallelismi individuabili ai diversi livelli dell'elaborazione linguistica tra i due brevi enunciati non ha l'effetto di ripetere o rafforzare ciò che viene detto, ma di esprimere un significato completamente opposto. In particolare, se si considera il parallelismo tra i due vocativi, alla presenza dei due nomi propri con questa funzione nella stessa identica posizione corrisponde sul piano del

significato una funzione pragmatica completamente diversa. Mentre nel primo enunciato l'uso del vocativo è giustificato anche dalla presenza di un terzo partecipante all'interazione che non partecipa allo scambio discusso, nel secondo enunciato non può avere la funzione di segnalare a chi è rivolta la risposta. La sua funzione sembra invece quella di creare risonanza tra i due enunciati, con un meccanismo che Du Bois riconduce all'ironia, sottolineando il disaccordo e una specie di rivalse del secondo interlocutore con un effetto di replica un po' "spigolosa" del vocativo prodotto dal primo interlocutore.

Questa teoria offre più di uno spunto per la costruzione e l'uso delle storie nell'insegnamento delle scienze ai bambini della scuola dell'infanzia e primaria. Prima di discutere questa possibile applicazione della teoria, però, occorre richiamare il concetto di *priming*, il quale costituisce uno dei quattro "pilastri" fondamentali per la sintassi dialogica, insieme a parallelismo, analogia⁶ e dialogicalità (Du Bois 2014: 363).

5. La risonanza e il *priming*

Nella teoria di Du Bois, il *priming* determina le condizioni cognitive che facilitano la riproduzione selettiva delle forme e delle strutture linguistiche recentemente utilizzate, contribuendo ad un aumento di attivazione che catalizza i successivi processi che costituiscono il ciclo di risonanza composto da *priming*, riproduzione e risonanza (Du Bois 2014: 364).

6. Non ci si sofferma qui sul ruolo dell'analogia. È sufficiente ricordare che secondo Du Bois, l'analogia si fonda sul parallelismo strutturale e permette di sviluppare le conseguenze di quest'ultimo per il significato e per la forma. Riflette le capacità cognitive generali e in una prospettiva funzionale costituisce un ponte tra linguaggio e cognizione [Du Bois 2014: 363-4].

Il *priming* è un effetto studiato dalla psicolinguistica e si riferisce alla circostanza che l'elaborazione di un determinato elemento linguistico facilita l'elaborazione di un elemento uguale o correlato in un enunciato successivo. La correlazione non è necessariamente lessicale e può implicare livelli linguistici diversi: ad esempio, si parla di *priming* semantico per definire quei casi in cui l'elaborazione di una parola risulta facilitata se è stata precedentemente elaborata una parola ad essa semanticamente correlata; si parla, invece, di *priming* sintattico quando ad essere facilitata è l'elaborazione di una struttura sintattica, come nel caso delle strutture passive, per le quali si è osservato, in situazioni sia sperimentali che naturali, e con adulti così come con bambini, che la probabilità di produzione e/o la velocità di elaborazione di costruzioni passive aumenta se nel contesto precedente sono state elaborate strutture passive.

Gli effetti del *priming* si osservano in tutti i tipi di operazioni linguistiche (produzione spontanea e semi-spontanea orale e scritta, ripetizione orale e scritta, comprensione orale e scritta, lettura, dettato, copia) e anche incrociando le varie modalità. Così, ad esempio, nel caso del *priming* sintattico, le possibilità che una persona descriva un'immagine che rappresenta un'azione utilizzando una struttura passiva aumentano non solo se precedentemente questa persona ha prodotto altre frasi passive, ma anche se le ha udite o lette.

Se gli studi sui meccanismi sottostanti all'elaborazione del linguaggio evidenziano una maggiore facilità ad elaborare unità e strutture attivate da poco, anche solo in modo passivo (cioè, come si è visto, senza essere state necessariamente prodotte, ma anche solo dopo che sono state lette o ascoltate), risulta abbastanza eviden-

te il collegamento tra questo fenomeno e la risonanza. Quest'ultima, infatti, è determinata proprio dal fatto che durante l'elaborazione linguistica risultano più disponibili, e dunque più facilmente producibili, quelle unità e strutture che sono state attivate più recentemente. D'altra parte, la duttilità e riutilizzabilità del linguaggio permettono di utilizzare queste unità e strutture più facilmente attivabili non necessariamente con la stessa funzione e per gli stessi scopi per cui sono state utilizzate in precedenza. In questo senso, come sottolinea Du Bois (2014: 364), il *priming* aumenta le probabilità di riproduzione e, dunque, di risonanza, anche se i tre processi sono distinti tra loro. In altri termini, come suggerito da Sakita (2006: 473) in uno studio dedicato all'esplorazione dei fenomeni dialogici nella conversazione naturale e dei rapporti tra discorso e cognizione⁷, la risonanza è attivata come risultato del *priming* di elementi attivati in un enunciato precedente e, dunque, più disponibili perché già messi a disposizione nei turni precedenti: un approccio ai fenomeni dialogici che unisca la prospettiva della sintassi dialogica a quella cognitiva presuppone che i parlanti elaborino l'informazione utilizzando quello che trovano a disposizione nel contesto dialogico condiviso dai partecipanti all'interazione e che l'attivazione della risonanza sia basata sulle abilità cognitive dei parlanti. In questo approccio, le forme linguistiche vengono prodotte «nel flusso continuo della cognizione socialmente coordinata nell'impegno dialogico» (Sakita 2006: 494).

7. L'anno di pubblicazione anteriore a quello della pubblicazione non deve trarre in inganno rispetto alla relazione con la teoria di Du Bois: questo studio è basato sulla teoria e fa riferimento ad una versione manoscritta del 2001 del saggio con il quale è stata presentata (cfr. quanto detto sulla lunga gestazione della teoria all'inizio del § 4).

Inoltre, la rilevanza del *priming* rispetto alla prospettiva della sintassi dialogica è rafforzata dal fatto che gli effetti del *priming* vengono riscontrati anche tra parlanti diversi, sono legati al contesto comunicativo e mostrano che i partecipanti ad una conversazione si influenzano a vicenda anche nelle scelte linguistiche (Schoot *et al.* 2014). Anche gli studi più recenti sul *priming* in ambito psicologico e psicolinguistico, quindi, sembrano evidenziare l'importanza dello studio del linguaggio e del suo funzionamento in una prospettiva più ampia, che includa l'interazione e i suoi partecipanti e non i singoli parlanti considerati individualmente.

Dunque, oltre a rimarcare l'interesse di un approfondimento dei rapporti fra *priming* e risonanza, si vuole qui sottolineare come il fenomeno del *priming* permetta di collegare la teoria della sintassi dialogica ai reali meccanismi di elaborazione del linguaggio e come il funzionamento di tali meccanismi possa essere compreso davvero solo superando i confini della frase o dell'enunciato e assumendo come oggetto di osservazione e analisi l'intera serie degli enunciati che si susseguono in un'interazione.

Dopo aver presentato la prospettiva dialogica ed evidenziato la sua importanza nel rendere conto del funzionamento del linguaggio, resta da ricavarne la rilevanza e le possibili applicazioni nell'insegnamento delle scienze e, in particolare, nell'insegnamento di determinati concetti attraverso la narrazione di storie, a partire dalla loro formulazione linguistica.

6. La rilevanza della prospettiva dialogica: i meccanismi di risonanza nelle storie per l'insegnamento delle scienze

Nelle pagine precedenti, si è cercato di evidenziare come la prospettiva dialogica permetta di capire meglio

il funzionamento del linguaggio e la sua acquisizione. Anche con specifico riferimento all'insegnamento delle scienze, questa prospettiva può risultare per varie ragioni particolarmente efficace per favorire nei bambini la comprensione e la conoscenza dei concetti scientifici di base a partire da spiegazioni fondate sul linguaggio naturale.

In generale, l'interazione e il dialogo sono per tradizione forme particolarmente adeguate all'insegnamento e alla discussione scientifica. Come sottolinea Linell in una nota dedicata alla pedagogia dialogica (2014: 28), non dovrebbero essere utilizzati solo per quello che può essere definito *l'apprendimento strumentale*, nel quale le domande dello studente costituiscono il punto di partenza per l'insegnante, ma rischiano di dare luogo ad una pratica un po' artificiale, che porta al trasferimento di saperi senza una trasformazione della persona. Gli approcci dialogici dovrebbero anche mirare ad un *apprendimento ontologico*, che porti ad una evoluzione personale dello studente.

Con riferimento più specifico alle teorie linguistiche che evidenziano la natura inerentemente dialogica, interazionale e contestuale del linguaggio, è importante anzitutto ricordare che qualsiasi testo, e dunque anche una storia, è sempre dialogico, perché presuppone un destinatario, reale o immaginario, che deve decodificarlo e interpretarlo alla luce delle proprie conoscenze ed esperienze linguistiche, enciclopediche e cognitive. Inoltre, se i concetti sopra richiamati di grammatica *on-line* e di grammatica emergente presuppongono che acquisire le strutture linguistiche significa imparare ad adattare di volta in volta ai diversi contesti e situazioni il proprio comportamento linguistico, anche per imparare a parlare in modo appropriato di concetti e fenomeni scientifici la situazione linguistica più appropriata risulta quella di interazioni il più possibile naturali. In questa prospettiva, nelle storie i riferimenti ai

destinatari potrebbero essere espliciti e potrebbero essere inseriti dialoghi tra i protagonisti, così come del resto avviene tradizionalmente nelle fiabe e nelle novelle per bambini. I dialoghi inseriti dovrebbero rispecchiare il più possibile il funzionamento delle interazioni naturali e i significati, e i concetti da fare acquisire potrebbero risultare più efficaci e naturali se co-costruiti dai partecipanti a queste interazioni.

Infine, con specifico riferimento alla sintassi dialogica, l'apprendimento dei concetti scientifici e delle espressioni adeguate a descriverli potrebbe essere favorito mettendo a disposizione dei bambini possibili risonanze. È stato, infatti, osservato che anche i bambini molto piccoli sono in grado di partecipare in modo attivo alla conversazione e che lo fanno costruendo e co-costruendo dialogicamente la grammatica nelle interazioni fra pari così come in quelle con gli adulti (Köymen, Kyratzis 2014). La giustapposizione dialogica, i parallelismi e la risonanza facilitano la percezione di analogie ed equivalenze, sfruttando non solo il livello lessicale, ma tutti i livelli linguistici, e forniscono ai bambini che partecipano all'interazione occasioni di quello che Du Bois definisce *bootstrapping*⁸ dialogico:

8. Utilizzata nella linguistica acquisizionale oltre che in ambito informatico, in italiano l'espressione *bootstrapping* è traducibile come "innesco" (Guasti 2007: 139) o "inizializzazione" (Nespor, Napoli 2004: 140), ma è ormai diffusa come termine specialistico nella sua forma inglese. Deriva da *bootstrap* e indica la linguetta che si trova ai lati o dietro la parte superiore degli stivali e che serve per aiutare a calzarli. È presente nell'espressione metaforica *pull/lift oneself up by ones own bootstraps*, che significa "tirarsi su con le proprie risorse, senza aiuto". Nella linguistica acquisizionale *bootstrapping* viene utilizzato per indicare quei meccanismi di apprendimento che permettono ai bambini di ricavare proprietà strutturali della propria lingua da informazioni presenti nell'input (Höhle 2009).

Dialogic syntax creates a rich environment for what we may call dialogic bootstrapping. Dialogic bootstrapping is a powerful strategy for learning language by exploiting the affordances of dialogic resonance. [...] For young children [...], or indeed for learners of any age, a dialogic bootstrapping strategy can facilitate the targeted learning of patterns rendered locally salient, which emerge grammaticized as linguistic categories, structures, and rules⁹ (Du Bois 2014: 367-8).

Questi meccanismi favoriscono, dunque, l'acquisizione non solo del lessico e delle strutture linguistiche, ma anche dei concetti, perché non si limitano a riflettere le relazioni semantiche già consolidate, ma permettono di crearne di nuove: «Dialogic Syntax posits the "principle of engagement", that "engaged forms make engaged meanings"»¹⁰ (Zima 2013: 40).

Per concludere, la prospettiva dialogica allo studio della grammatica e della lingua, così come, in particolare, una conoscenza approfondita della sintassi dialogica e dei meccanismi di risonanza possono offrire un utile contributo per l'insegnamento delle scienze ai bambini attraverso le storie. In qualche modo giustificano la tradizione che attribuisce un'importanza particolare al dialogo per l'insegnamento e per l'argomentazione scientifica. Ma, soprattutto, consentono di portare avanti con maggiore consapevolezza questa tradizione, sfruttando i meccanismi alla

9. «La sintassi dialogica crea un contesto ricco per quello che possiamo chiamare *bootstrapping dialogico*. Il *bootstrapping dialogico* è una potente strategia per imparare la lingua sfruttando le potenzialità della risonanza dialogica. [...] Per i bambini piccoli [...], ma anche per gli apprendenti di qualsiasi età, una strategia di *bootstrapping dialogico* può facilitare l'apprendimento mirato di strutture rese localmente salienti, che emergono grammaticalizzate in categorie, strutture e regole linguistiche» [trad. mia].

10. «La sintassi dialogica afferma il principio di correlazione, in base al quale le forme correlate creano significati correlati» [trad. mia].

base dell'elaborazione linguistica. In particolare, un uso deliberato di parallelismi e risonanze nei testi delle storie e nelle discussioni condotte su di esse con i bambini potrebbe non solo favorire l'acquisizione delle espressioni linguisticamente più appropriate a descrivere i fenomeni scientifici, ma anche sviluppare la comprensione dei concetti e delle loro connessioni, sottolineando e creando attraverso i parallelismi e le risonanze le associazioni fra significati e concetti correlati.

Le storie da utilizzare per l'insegnamento dei concetti scientifici di base ai bambini della scuola dell'infanzia potrebbero così risultare particolarmente efficaci con l'aggiunta di dialoghi e con un'accentuazione del carattere dialogico di questi testi, con scelte linguistiche volte a riprodurre i naturali meccanismi di risonanza della lingua fra i diversi enunciati, non solo nei dialoghi ma anche nelle parti meno dialogiche delle storie, per accentuare le correlazioni fra i concetti. Anche nelle attività di discussione delle storie con i bambini, l'interazione e la co-costruzione dialogica dovrebbero essere la forma di comunicazione favorita, incoraggiando i bambini a porre e porsi domande. In questo, oltre a cercare di stimolare la curiosità e la collaborazione dei bambini, l'insegnante consapevole del funzionamento della sintassi dialogica potrebbe cercare di sfruttare e potenziare gli effetti di risonanza ai vari livelli linguistici, "pilotando" le interazioni, in modo da favorire senza che i bambini se ne accorgano l'acquisizione dei concetti oltre che delle unità e delle strutture adatte ad esprimerli.

Riferimenti bibliografici

- Altieri Biagi, M.L. (1990) *L'avventura della mente. Studi sulla lingua scientifica*, Napoli: Morano.
- Auer, P. (2009) On-line syntax: Thoughts on the temporality of spoken language, *Language Sciences* 31, 1–13.
- Calaresu, E. (2015a) Grammatica del testo e del discorso: dinamicità informativa e origini dialogiche di molte strutture sintattiche, in Ferrari A., Lala L., Stojmenova R. (a cura di), *Testualità, fondamenti, unità, relazioni*, Firenze: Cesati, pp.45-59.
- Calaresu, E. (2015b) Sull'origine dialogica di alcune strutture sintattiche: domande-eco, temi sospesi e grammaticalizzazione "verticale", in Busà M.G., Gesuato S. (a cura di) *Lingue e contesti. Studi in onore di Alberto Mioni*, Padova: Cleup, 597-608.
- Calaresu, E. (2015c) La fagocitazione dell'interlocutore: dialoghi a una voce sola nella finzione letteraria. Osservazioni sulla sintassi dialogica del dialogo 'spaiato', in Pistolesi E., Pugliese R., Gili Fivela B. (a cura di) *Parole, gesti, interpretazioni. Studi linguistici per Carla Bazzanella*, Roma: Aracne, 79-106.
- Corni, F., Giliberti, E., Mariani, C. (2012) Piccoli scienziati in laboratorio. Percorsi di formazione scientifica per insegnanti di scuola primaria, in L. Dozza, G. Chianese (a cura di) *Una società a misura di apprendimento. Educazione permanente tra teorie e pratiche*, Milano: Franco Angeli, 83-97.
- Corni, F. (a cura di) (2013a). *Le scienze nella prima educazione. Un approccio narrativo a un curriculum interdi-*

sciplinare, Trento: Centro Studi Erickson.

- Corni, F. (2013b) Force Dynamic Gestalt, image schema e concetti scientifici, in Corni F. (a cura di) *Le scienze nella prima educazione. Un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*, Trento: Centro Studi Erickson, 103-128.
- Corni, F. (2014) Stories in physics education. In S. Burra, M. Michelini, L. Santi (eds.) *Frontiers of Fundamental Physics and Physics Education Research (Springer Proceedings in Physics)*, Cham: Springer International Publishing, 365-396.
- Du Bois, J.W. (2014) Towards a dialogic syntax, *Cognitive Linguistics* 25(3), 359-410.
- Du Bois, J.W., Giora, R. (2014) From cognitive-functional linguistics to dialogic syntax, *Cognitive Linguistics* 25(3), 351-357.
- Fuchs, H.U. (2011) Force Dynamic Gestalt, metafora e pensiero scientifico, in *Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche*, Modena: Artestampa, 8-18.
- Fuchs, H.U. (2012a) Il significato in natura Dalle strutture schematiche alle strutture narrative della scienza, in Corni F. (a cura di), *Le scienze alla portata dei bambini. Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche*, Brescia: Editrice La Scuola, 9-31.
- Fuchs, H.U. (2012b) Costruire e utilizzare storie sulle forze della natura per la comprensione primaria della scienza, in Corni F. (a cura di), *Le scienze alla portata dei*

bambini. Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche, Brescia: Editrice La Scuola, 57-84.

- Fuchs, H.U., Corni, F., Giliberti, E., Mariani, C. (2011) Force Dynamic Gestalt of natural phenomena: Teaching the concept of energy, in Bruguière C., Tiberghien A., Clément P., *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship (Lione, 5-9/9/2011)*, Lione: ESERA, 31-37.
- Guasti, M.T. (2007) *L'acquisizione del linguaggio. Un'introduzione*, Milano: Raffaello Cortina Editore.
- Höhle, B. (2009) Bootstrapping mechanisms in first language acquisition. *Linguistics*, 47(2), 359-382.
- Hopper, P.J. (2014) Emergent grammar. In Tomasello M. (ed.) *The new psychology of language*, New York & London: Psychology Press, 143-161.
- Köymen, B., Kyratzis, A. (2014) Dialogic syntax and complement constructions in toddlers' peer interactions, *Cognitive Linguistics* 25(3), 497-521.
- Linell, P. (2006) Towards a dialogical linguistics, in Lähteenmäki M., Dufva H., Leppänen S., Varis P. (eds.) *Proceedings of the XII International Bakhtin Conference, Jyväskylä, Finland, 18-22 July, 2005*, Jyväskylä: Dept. of Languages, 157-172.
- Linell, P. (2009a) Grammatical constructions in dialogue, in Bergs A., Diewald G. (eds.) *Context and Constructions*, Amsterdam: John Benjamins, 97-110.
- Linell, P. (2009b) *Rethinking Language, Mind and World Dialogically*, Charlotte (NC), Information Age Publishing

- Linell, P. (2014) *A dialogical notebook. Afterthoughts after Rethinking. Latest updating 2014-02-21*, <http://www.ipkl.gu.se/digitalAssets/1475/1475848_163-a-dialogical-note-book.pdf>.
- Nespor, M., Napoli, D.J. (2004) *L'animale parlante. Introduzione allo studio del linguaggio*, Roma: Carocci.
- Platone. (versione di Francesco Acri, a cura di Carlo Carena, 2008) *Dialoghi*, Milano: Mondadori.
- Reale, G. (2004) *Storia della filosofia greca e romana. Volume terzo. Platone e l'accademia antica*, Milano: Bompiani.
- Sakita, T.I. (2006) Parallelism in conversation. Resonance, schematization, and extension from the perspective of dialogic syntax and cognitive linguistics, *Pragmatics & Cognition* 14:3, 467-500.
- Schoot, L., Menenti, L. Haggort, P., Segaeert, K. (2014) A little more conversation. The influence of communicative context on syntactic priming in brain and behaviour, *Frontiers in Psychology*, 5, 208, 1-15.
- Thompson, S.A., Couper-Kuhlen, E. (2005) The clause as a locus of grammar and interaction, *Discourse Studies* 7 (4-5), 481-505.
- Wright, A. (2008) *Storytelling with children*, Oxford: Oxford University Press.
- Zima, E. (2013) Cognitive Grammar and Dialogic Syntax. Exploring potential synergies, *Review of Cognitive Linguistics* 11 (1), 36-72.

BUILD STORIES AS A TEACHING TOOL FOR THE TEACHING OF SCIENCE IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

José Cantó Doménech

Department of Science Education,
University of Valencia (Spain)

Introduction

There are basically two opposing views when considering early childhood education (ECE): the care and educational stages. In the late eighties, Castillejo (1989) classified the evolution of these views as the different functions that historically had had this stage that ranges from 0 to 6 years, and found the following:

- Observational function.
- Preparatory function.
- Preventive function.
- Compensatory function.
- Integrating function.
- Specifically educational function.

So, seeing the historical evolution, it is not surprising that the idea of ECE (in governmental and academic circles) still remains to be viewed as a care stage more than an educational one. However, they are increasingly more studies from different disciplines (psychology, didactics, pedagogy, neurobiology, etc.) showing the ECE as an educational stage with its own identity, in which children build, among other knowledge, their first explanations of the world around them, using cognitive and affective instruments at their disposal for it.

It is clear that in these stages we can't speak of scientific or analytical reasoning as understood in adulthood, as they are influenced by other factors that are losing merit over the years, for example imagination and fantasy constitute the key elements of the so-called mythical mind (Egan, 1991).

With regard to the teaching and learning of science in ECE, it exists in the field of Science Education as a fundamental question: Are the sciences suitable for ECE? This question has been studied by several authors (Marin, 2005; Harlen, 2007), finding that the answer obviously depends on what you mean by science. If we understand science as a

careful, disciplined and logical pursuit of knowledge about the world around us, obtained after reviewing the best available evidence, always subject to refutation, corrections and improvements if they are more conclusive evidence

as indicated by James Randi, founder with Paul Kurtz and Carl Sagan of the Committee for the Scientific Investigation of Claims of the Paranormal, CSICOP in the United States, it is impossible to learn science in ECE; but if we understand it like the famous doctor and Mexican communicator Dr. Ruy Perez Tamayo,

a creative activity aimed at understanding the nature and whose product is knowledge discovery and exploration of the natural world from the reflection on the experience,

the answer is quite contrary.

Moreover, we should also take into account the various international institutions' appeals which have been made to promote the need for a scientific culture in the population. In this sense, the declaration made by UNESCO (1999) is remarkable, in which, among other things, said

...access to scientific knowledge by children is part of the right to education of all people [...]. The science education is essential for human fulfilment.

In addition Perales Palacios and Cañal de León (2000) highlight the fact that learning science is strongly linked to immersion in scientific culture.

Various authors (Giordan, 1993; Driver, Guesne and Tiberghien, 1999), believe that science should always derive from the scientific method itself. In the case of ECE, it is obvious that it should be readjusted and conditioned to the characteristics and possibilities of each child and focusing on what is the main essence: observation, induction, hypothesis formulation, experimentation, demonstration and conclusion.

This reasoning highlights the fact that the main action of the method, measurement of physical observables, must be replaced for obvious reasons, by exhaustive description and repeated experimentation. So when children watch the world they receive input (observation) by applying all the senses (not being a visual observation because they can smell, suck, touch...), and begin to build an idea of how this system works (induction). It is the adult who must take the conceptual conflict, encouraging them to carry out their ideas to explore the induction (hypotheses). This new approach will obligate the children to perform their experiences (experiments) and to trial their ideas (demonstration) and the results will modify their initial idea (conclusion). Thus, the work of science in ECE should consider three main areas, according to the work done by different authors (Ausubel, 1987; Bruner, 1988; Vygotsky 1988; Belloch, 1992):

- 1) Starting with concrete actions or objects and little abstract situations that are close to the students on the

theory of the zone of proximal development.

- 2) Apply or transfer knowledge to similar cases to highlight the potential of this method.
- 3) Using active stage and own methodologies regarding the social and emotional aspects.

Thus, once the science was conceived in ECE as an activity that promotes creativity from reflection, it cannot and should not be shown in isolation and compartmentalized, even in childhood, which takes full meaning the concept of “educational globalization”. Therefore when addressing teaching and learning of science in ECE, we should not constrain the methodologies used in other educational stages (which have so often failed), but must take into account the “good practices” that have always been at this stage and the experience of many teachers confirm its success: learning science in childhood requires its own methodologies used in this stage.

Moreover, if we consider the Spanish curriculum development of ECE, we find verbs such as “explore”, “enjoy”, “observe”, “develop curiosity”, “absorb”, “discover”... we can realize the need to show science as a method more than a compendium of knowledge.

Stories as a method of teaching science in early childhood education

Considering the above mentioned, there are a number of aspects that must be taken into account in order to introduce science in ECE in an effective way:

- 1) Curiosity.
- 2) The sensory perception.
- 3) Socialization
- 4) Emotions
- 5) Reasoning

In this way, the spoken story, tales... (that take us back to ancient times of human history in which the spoken culture was the only possible way of transmitting knowledge), are an ideal vehicle to help science education in childhood. Stories allow us to contribute to the slow process of assimilation of the basic concepts necessary to interpret natural phenomena in a “scientific” way, in its broadest aspect of meaning, that explanation taking as such has been the result of a previous process appearing in basic components of scientific thinking: a question arises against a natural phenomenon and uses reason and experiments to test it.

Therefore, the strength of the stories, not regarding the specific content (an object, a process, an animal ...) is born from the narrative structure itself, as it is a universal way to make sense of the world and human experience (hence the success with literature, theatre, cinema ... as “modern” storytelling ways). In this narrative structure, there are three key parts to be taken into account and should appear in any story whatever the level of complexity sought: *presentation - trouble - resolution*.

- *Presentation*: The story should present the characters (animate or inanimate) located in space and time, and in a particular situation.
- *Trouble*: History must bring the characters to confront a particular problem or conflict situation.
- *Resolution*: The story should contain all the features and events needed to resolve the conflicting situation presented.

It is therefore about creating a significant situation which introduces concepts and procedures from science, as an efficient method for finding answers to previous questions about certain natural phenomena.

In this sense, the stories can contribute to the construction of a complex cognitive construct as causality. Thus, by the account of natural phenomena, important aspects are worked not only from the physical point of view but also social, helping them to form an idea of the multitude of interrelationships present in any situation.

Issues to consider when building a “good” story

The stories for teaching science in ECE must overcome stereotypes and literary issues, as they must not be seen as a requirement of literary products as either drawing on these stages as discussed from the perspective of artistic technique. In fact, the story itself should be more a means than a product. However there are some aspects that should always be considered:

- a) You must properly select which problem or central conflict wants to be conveyed in the story. It is better that there is only one question to avoid confusion and missing connections.
- b) Much previous work must be carried out by the teacher to properly understand the causes of the problem and to gradually introduce into the story the information necessary and appropriate for the resolution of the conflict raised.
- c) Although not necessary, it often helps if the location and characters of the story are in a familiar place and time to the children.
- d) You must properly select the characters that appear, their interactions and the subject in the interests of children, which requires extensive previous work.

- e) Finally, we must build the story as a narrative structure presented above to reinforce the cognitive structures for conflict resolution and access to knowledge through science.

Often, the visual techniques can help us in introducing a certain concept. For example, Figure 1 shows a story created by five year-old children, which has used the effect of light-dark as an additional element to the story, giving added value to its simplicity.

This time the story was written on laminated sheets with dark colors and was bound by black cardboard to prevent easy reading. As an additional element, a magnifying glass with white card was built to allow reading of the story. Thus, the difference between light and dark, besides other objectives of natural character (where the insects live, what their needs are, etc.) was studied.



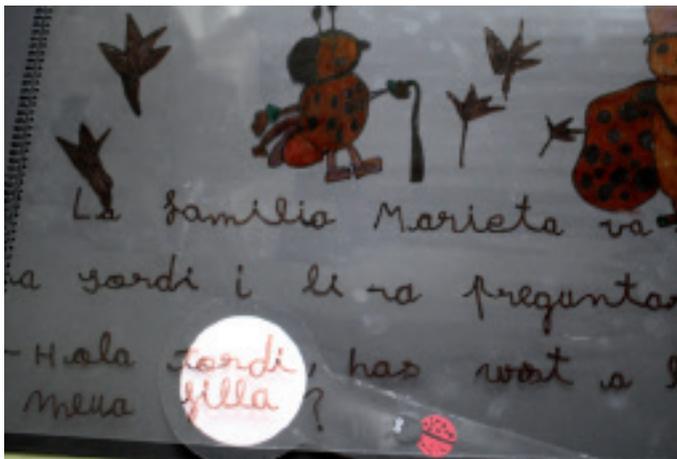


Figure 1. Sample of story "La Marieta i la lupa" (The ladybug and the magnifying glass) performed by the children of child 5 years of the school "Real Blanc" of Cocentaina (Spain).

Conclusion: any story begins with the first word

We must consider what can and cannot be done in ECE and, with respect to science education at this stage, there are many educational questions and obstacles (especially historical) that come from multiple directions and by different agents (teachers, society, education authorities ...). But in this situation, Einstein's phrase should be noted when he says that «if you want different results do not always do it the same». And a change in terms of the teaching and learning of science (and other areas) is more than desirable, in both ECE and "higher" educational levels.

Against this background, the ability to build and use the stories can be a good teaching method to use in these first steps of a child's scientific education.

Through the stories you can insert scientific concepts that can help the beginning of a "scientific" way of thinking, a conceptual literacy we call science. But not only does science in ECE classrooms help the children to interact with the environment and understand the wide variety of natural phenomena they are confronted with and deal with them appropriately (with or without our help as educational professionals) to build an explanation. With the use of stories we can help to show them a first explanation of these phenomena, as a start to a mental structure, which in the future will be the basis for understanding the scientific models that explain natural systems and processes.

References

- Ausubel, D.P. (1987). *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Belloch, M. (1992). *Ciencias en el Parvulario*. Barcelona: Ed. Paidós
- Bruner, J.S. (1988). *Desarrollo cognitivo y educación*. Madrid: Morata.
- Castillejo (1989). *La atención a la primera infancia*. Madrid: Santillana.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Reverté.
- Egan, K. (1991). *La comprensión de la realidad en la educación infantil y primaria*. Madrid: Ediciones Morata.
- Giordan, A. (1993). *La enseñanza de las ciencias*. Madrid: Siglo XXI.
- Harlen, W. (2007). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.
- Marin, N. (2005). *La enseñanza de las ciencias en educación infantil*. Granada: Grupo Editorial Universitario
- Perales Palacios, F.J., Cañal de León, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.
- UNESCO (1999). *Declaración de la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI*.
- Vigotsky, L. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Editorial Crítica, Grupo editorial Grijalbo.

THE ROLE OF MENTAL SIMULATION IN UNDERSTANDING AND IN CREATING SCIENTIFIC CONCEPTS

Franco Landriscina

University of Trieste

Abstract

This article offers an interpretation of scientific concepts' understanding in terms of mental simulation. A series of studies are reviewed, showing that mental simulation is a fundamental form of computation in the brain, underlying many cognitive skills such as mindreading, perception, memory, and language. Current investigations in cognitive neuroscience are then considered, that relate mental simulation with brain regions involved in episodic memory, future thinking and problem solving. The role of mental simulation in scientific thinking is described and a link is made with model-based reasoning in scientists and students. The simulation and linguistic systems are shown to be integrated and mutually reinforcing. The reviewed studies provide a set of ideas that are applied to science education. Finally, instructional design guidelines are proposed to facilitate the mental simulation-based process of concept understanding, together with a list of possible difficulties in concept comprehension and conceptual change.

Keywords: instructional science, mental models, mental simulation, scientific reasoning, model-based learning, model-based reasoning, concept learning, conceptual change, instructional design.

1. Introduction

In science education, the learning goal is frequently that of enabling the student to understand the functioning of a given physical, chemical, biological, or socio-economic system. Most of the time, student don't interact directly with the system under study, but with a representation of the system, typically in the form of a teaching model, i.e. a model specially-constructed to aid the understanding of a scientific concept or process. In turn, students develop their own models to face the requests of the teacher. The way in which a model can be expressed by a person through action, speech, written description, and other material depictions has been recently investigated in a new approach in the sciences of learning, called *Model-Based Learning and Teaching* (Gilbert & Boulter, 1998; Gobert & Buckley, 2000). This approach focuses on mental models, i.e., the personal and private internal representation of a system formed by an individual either alone or in a group. Specifically, Buckley (2012a, 2012b) defined Model-Based Learning as the formation and subsequent development of mental models by a student, and Model-Based Teaching as instruction designed to support the development and evolution of students' mental models. In this perspective, the learning process can be viewed as a pathway, which leads from an initial model, based on student's preconceptions and intuitions, to a target model, that one wishes students to possess after instruction, through a succession of intermediate models (Clement, 2000; Seel, 2003).

One of the most significant influences in the development of Model-Based Learning and Teaching has been the recognition of the role of models in the formation of

scientific theories and in scientific practice. Accordingly, Clement (1989, 2008) proposed a model-based account of the scientific process of hypothesis formation, based on a cyclical process of hypothesis generation, evaluation, and modification (or rejection), where hypotheses originate from analogies and models. In a similar vein, Nersessian (2008) defined “model-based reasoning” as a kind of reasoning in which inferences are made by means of creating models and manipulating, adapting, and evaluating them—conceiving this form of reasoning as an alternative to the classical logic-based account of scientific reasoning. Moreover, from a “cognitive-historical” perspective, she assumes that model-based reasoning is prevalent in periods of radical conceptual change, during which scientists cannot rely on time-consolidated theories (e.g., she describes how this type of reasoning process was used by Maxwell to derive his field equations for electromagnetic phenomena).

The role of mental models in the comprehension of scientific concepts has also been examined from the perspective of conceptual change research. Vosniadou and Brewer (1992) represented students’ knowledge in terms of mental models, in their studies of children’s concepts of the shape of the earth and of the day/night cycle. Chi (2000) also represented students’ knowledge in these terms, in her research on middle school students’ conceptions of the human circulatory system. These studies revealed that mental model modification is not a process students easily undertake on their own, even when faced with objectively cogent empirical evidence, but it requires a series of teaching interventions aimed at overcoming the resistances to conceptual change.

2. From mental models to mental simulation

The notion of mental model originated in the early '80s within two different approaches, respectively in the fields of cognitive psychology and Artificial Intelligence. The first approach focused on mental models viewed as a special kind of mental representation supporting speech comprehension and logical reasoning (Johnson-Laird, 1983). According to Johnson-Laird, mental models are structural analogues of the world:

“they are analogies because structural relations between their elements correspond to the perceptible relations between the elements of the corresponding real-world objects” (*ibid.*, p.147).

The approach in the field of Artificial Intelligence conceived mental models as being knowledge structures people use to understand specific knowledge domains (Gentner & Stevens, 1983). These two accounts also have different neuropsychological implications. In the first instance, mental models are considered to be temporary representations in working memory, which are “constructed at the moment” to make inferences or to solve problems, whereas in the second, they are thought to be structures in long-term memory. The two views don't exclude each other: if mental models are to serve an integrative function between new and existing knowledge, they must combine both kinds of knowledge, based on a process of interplay between information processed in working memory and that stored in long-term memory.

What is the advantage of having a mental model of something? Kahneman and Tversky (1982) first noted that

There appear to be many situations in which questions about events are answered by an operation that resembles the running of a simulation model (p. 201).

Researchers in the field of mental models underscored that «it should be possible for people to “run” their models mentally» (Norman, 1983, p. 12), and that

mental models often permit mental simulation: the sense of being able to run a mental model internally, so that one can observe how it will behave and what the outcome of the process will be (Gentner, 2002, p. 9684).

An analysis of the relation between mental models and simulation was provided by Rumelhart *et al.* (1986) in the context of *Parallel Distributed Processing*. In this approach, the cognitive system consists of two types of processing units: an interpretative system, which obtains input from the world and produces action, and a model of the world, which obtains the actions produced by the interpretative system as input and predicts the way the input should consequently change. As the authors stated:

Now, suppose that the world events did not happen. It would be possible to take the output of the mental model and replace the stimulus input from the world with input from our model of the world. In this case, we could expect that we could “run a mental simulation” and imagine the events that would take place in the world when we performed a particular action. This mental model would allow us to perform actions entirely internally and to judge the consequences of our actions, interpret them, and draw conclusions based on them (*ibid.*, p. 42).

However, the concept of mental simulation did not receive much attention in the subsequent years, until new theories and discoveries appeared in the late '90s, as described in the next section.

3. Mental simulation in cognitive science

In the Theory of Mind branch of cognitive science, mental simulation has been proposed as one of the mechan-

isms that possibly underlie people's ordinary capacity to refer to specific mental states (e.g. beliefs and desires), to understand and predict other people's thoughts, intentions, and emotions (Gordon, 1995; Goldman, 2006). For instance, to understand how John feels when he goes to school in the morning, we can imagine that we are John walking along the path he takes to school, and simulate the way he feels. From a neuroscientific perspective, Gallese and Goldman (1998) suggested that mirror neurons might represent the substratum of these simulation capacities.

The idea that many different cognitive abilities depend on the basic mechanism of simulation has gained particular attention in theories of "embodied cognition" (Gibbs, 2006a) and "grounded cognition" (Barsalou, 2008). The core idea of these theories is that cognition arises from the interaction of the brain with the body and with the rest of the world. From an embodied cognition perspective, several psycholinguistics studies (see Fischer & Zwaan, 2008, for a review) have examined the role of perceptual and motor simulation in language comprehension. Barsalou (1999) examined the idea of mental simulation as a solution for the grounding of conceptual and abstract mental representations¹. In his definition:

Simulation is the re-enactment of perceptual, motor, and introspective states acquired during experience with the world, body, and mind (2008, p. 618).

1. Barsalou calls his approach grounded cognition, as he believes that the term "embodied" places too much emphasis on the role of the body in cognition, and that cognition can be grounded in many ways, including through simulation and situated actions, not only through body states.

In Barsalou's approach, simulation is considered a fundamental form of computation in the brain, underlying many cognitive skills such as perception, memory, language, and problem-solving.

Simulation has also been gaining ground in the area of Cognitive Linguistics, where it has been proposed as a comprehension mechanism for figurative language and conceptual metaphors. According to Gibbs (2006b), when people encounter abstract conceptual metaphors or metaphors concerning physically impossible actions, they create mental simulations of their bodies performing the actions described in the metaphor. Embodied simulations such as these allow us to understand abstract entities as if they were concrete objects and to mentally act on them thereby.

All of the above mentioned theoretical accounts support the idea that simulations never completely recreate the original experience, but are always partial recreations and can therefore contain biases and errors. Moreover, simulations can be unconscious, as most frequently is the case, or conscious (as in mental imagination).

4. Mental simulation in neuroscience

The topic of mental simulation has recently emerged in the forefront of cognitive neuroscience. Various studies have focused on the possible correlation between mental simulation and activity in the Default Network (DN), a large-scale brain system that plays a key role in internally directed or self-generated thought (for recent reviews, see Buckner et al., 2008; Andrews-Hanna *et al.*, 2014). Evidence has been found that the DN underlies cognitive abilities linked to mental simulation, such as autobiographical memory retrieval, envisioning the future, conceiving the

perspectives of others. In particular, researchers hypothesized that the default mode network is involved in

constructing dynamic mental simulations based on personal past experiences such as used during remembering, thinking about the future, and generally when imagining alternative perspectives and scenarios to the present” (Buckner *et al.*, 2008, p. 18).

In the cognitive neuroscience of memory, imagining ourselves in a possible future scenario is considered a kind of mental simulation that has come to be known as “episodic future thinking” or “episodic simulation” (Schacter *et al.*, 2008)². According to this strand of research, memory and imagination consist respectively in the simulation of past and future events, and are strongly related with each other. In fact, many studies support the hypothesis that both remembering past experiences and imagining ourselves in a possible future scenario rely on a common network of brain regions, among which a key role is played by the hippocampal regions (Mullally & Maguire, 2013) and the default network (Andrews-Hanna *et al.*, 2014). Moreover, in the context of a neuroimaging study of problem solving, Gerlach *et al.* (2011) refer to “goal-directed simulations” as a class of mental simulations that requires higher-level cognitive skills to maintain information, make decisions, and plan action sequences, therefore involving the combined activation of the above mentioned hippocampal regions and default network areas with regions associated with cognitive control and executive functions, such as the

2. The term “episodic” refers to episodic memory, which is a memory system that receives and stores information about temporally dated episodes or events, and temporal-spatial relations among these events (Tulving, 1972). (Conversely, semantic memory is the organized knowledge a person possesses about the world, not tied to the particular time and place of learning.)

dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC) and anterior cingulate cortex (ACC).

5. Mental simulation as reasoning strategy

A strand of cognitive research in which the concept of mental simulation has been also applied is that of “mechanical reasoning”—i.e., the mental representations people form to understand the functioning of simple mechanical systems starting from their description in the form of texts and diagrams. In particular, Hegarty (2004) reviewed the evidence that mental simulation is sometimes used in this kind of reasoning. She also underscored a key difference between visual imagery and mental simulation, by stating that visual imagery is based on the holistic inspection of a mental image of the moving system, and that mental simulation is conversely based on:

- the piecemeal simulation of the events;
- non-visible properties (e.g., force or density);
- the representation of the associated motor actions.

It is important to note Schwartz and Black's (1996) findings, however, that participants knowing verbal rules to infer a movement rely on these rather than on simulation, so as to solve problems more quickly. The two researchers proposed, in fact, that people use mental simulation in novel situations for which they have no rule available or when their rules are inadequate, and that, vice versa, they rely on the application of verbal rules (e.g., the “parity rule” for determining the motions of linked gears in a mechanical system, which states that “if there are an odd number of gears connected, then the first will go in the same direction as the last”).

6. Simulative modeling in science

Recent studies on the ways in which scientific inquiry is practically carried out have yielded evidence that scientists use cognitive processes akin to mental simulation to generate hypotheses (Clement, 2008), create novel concepts (Nersessian, 2008), and to interpret data in complex knowledge domains (Trickett & Trafton, 2007). Clement investigated the activation of analogies and models in the formation of scientific hypotheses, by examining the mental processes of individuals involved in creative problem-solving tasks. Specifically, he conducted a series of experiments based on the protocol analysis method — i.e., by eliciting verbal reports from the participants —. The subsequent analysis of the participants' thinking-aloud protocols allowed him to develop the idea that the mental processes involved in the construction of a model are examples of nonformal reasoning. To provide an explanation of the cognitive mechanisms underlying these processes, Clement (2008) closely examined the role of *imagery*, which he defined as

a mental process that involves part of the perceptual/motor systems and produces an experience that resembles the experience of actually perceiving or acting on an object or an event (*ibid.*, p. 205).

A related concept is that of *imagistic simulations*, which consists in processes involving imagining a situation that changes with time to generate predictions of changes or movements.

According to Nersessian (2008), model-based reasoning can occur in three forms: *analogical modeling*, *visual modeling*, and *simulative modeling*, where the latter is defined as a form of reasoning in which inferences are drawn by employing knowledge embedded in the constraints of a mental model to produce new states of the model.

Another similar line of research is that of Trickett and Trafton (2007), who examined the topic of scientific reasoning in the context of scientific visualization research. They focused on the mental operations scientists perform while examining external scientific visualizations, e.g., weather forecasters examining visualizations of atmospheric data, astronomers analyzing the optical and radio data of a galaxy, physicists evaluating the match between a computational model and empirical data. The two authors then described these mental operations in terms of *conceptual simulations*, which they characterized as sequences of dynamic mental images. They stated that experts most frequently use these simulations when evaluating hypotheses and under situations of informational uncertainty, i.e., when the available data are unclear or anomalous.

Mental simulation can be also compared to scientists' "thought experiments", that consist in visualizing some situation, carrying out one or more mental operations on it, seeing what happens, and drawing a conclusion (Brown & Fehige, 2011). More generally, it can be related to the notion of "scientific imagination", as studied in the history and philosophy of science. Holton (1978) pioneered the study of scientific imagination by investigating its role in the formation of new theories, drawing on case studies from the life of famous scientists. Along the same lines, Miller (1986) analysed the role of mental imagery in scientific thought. In these and similar studies, the emphasis on imagination might be considered a way to balance the widely held belief that science is essentially an empirical-inductive enterprise, as outlined by the standard view of the scientific method and frequently presented to students in science textbooks.

7. Mental simulation and language

If mental simulation is actually based on perceptual and motor processes and is therefore fundamentally analogical, what then is its relation to language, which is conversely based on conventional symbols and rules? The empirical evidence accumulating over the years has demonstrated the close link that exists between the mental simulation and linguistic systems. This link is particularly evident in experiments (reviewed in Barsalou, 2008) showing that *language can activate mental simulations*; for example, to represent the meaning of sentences, readers can construct mental models with spatial properties and can simulate the situation described in texts. These experiments have also shown that *simulations can activate language*. For example, people involved in problem-solving tasks frequently activate associated words and syntactic structures to verbalize the solution process, so as to plan their actions and/or to share them with others. Thus, in attempting to understand mental processes it is important to highlight the interaction between the simulation and linguistic systems.

In fact, to account for the richness and complexity of the two systems' interactions, Barsalou (2008b) proposed that symbolic operations result not from simulation alone, but also from language-simulation interactions. He specifically stated that

symbolic capabilities could have increased dramatically once language evolved to control the simulation system in humans. Adding language increased the ability of the simulation system to represent non-present situations (past, future, counterfactual). Adding language increased the ability to reference introspective states, thereby increasing the ability to represent abstract concepts and perform metacognition. Adding language increased

the ability to coordinate simulations between agents, yielding more powerful forms of social organization (*ibid.* pp. 36-37).

The Language and Situated Simulation (LASS) theory of conceptual processing (Barsalou *et al.*, 2008) proposes a mechanism dedicated to the interaction between simulation and language. The theory proposes that the linguistic system and the simulation system both initially become active, but that word activation peaks before simulation activation. If the linguistic forms generated as inferences thereby suffice to produce accurate performance, there is no need for executive processes to shift attention to the simulation system as an alternative information source. When the linguistic system conversely stops being useful, simulation will begin to dominate conscious, deliberate cognition. In LASS theory, linguistic system and simulation system activation are respectively associated with superficial verbal processing and deep conceptual processing. For everyday decision making processes and planning and problem solving tasks, the theory posits a complex series of interactions among the two systems, during which they are simultaneously activated at many points in time, and do so in varying proportions. The two levels of processing described in LASS theory can be linked to Schwartz and Black's (1996) observations on the use of mental simulation in mechanical reasoning (see Section).

Other theoretical frameworks similar to LASS, which propose that peak activation of the linguistic system is reached before peak activation of the simulation system, are Louwerse and Jeuniaux's (2010) Symbol Interdependency Hypothesis and Lynott and Connell's (2010) Embodied Conceptual Combination (ECCo) model. The findings from all of these studies strongly suggest that the

simulation and linguistic systems are tightly integrated and mutually reinforcing. Their relation is therefore complementary and dynamic.

8. From mental simulation to embodied instruction

This section begins with a review of some researches attempting to make a bridge between mental simulation and science education research. A proposal will then be made for integrating mental simulation in an embodied instruction framework aimed at facilitating the comprehension of scientific concepts.

The premise that the cognitive processes students activate to understand novel scientific concepts are similar or equivalent to those involved in the construction of a model by scientists and experts, led to a series of studies conducted by Stephens and Clement (2006, 2009, 2012), on the role of nonformal reasoning and in particular, imagery and mental experiments, in science instruction. Clement (2008) closely examined the link between classroom learning and scientific thinking and found that students achieve deeper understanding of subject matter when using the same nonformal reasoning processes used by scientists and experts in their problem solving activities.

However relevant mental simulation might be for reasoning, solving problems, and learning, it shows clear limits, the most important being that it relies on qualitative rather than quantitative relations. Researchers in the field of Systems Dynamics have frequently highlighted the limits of mental simulation in reliably reproducing the behavior of system characterized by the mutual interaction of many elements, information feedback, and circular causality. Forrester (1968) described these limits as follows:

The human mind is well adapted to building and using models that relate objects in space. Also, the mind is excellent at manipulating models that associate words and ideas. But the unaided human mind, when confronted with modern social and technological systems, is not adequate for constructing and interpreting dynamic models that represent changes through time in complex systems. (p. 3-2).

Where the situations are more distant from sensorial experience there are fewer guarantees that the simulation process will yield success. This is particularly evident in the case of self-organizing systems, where even very simple rules can determine complex and unforeseeable behaviors. Only computer-based simulation manages to show these behaviors, sometimes counter-intuitive or unexpected also for those who built the simulation model.

Landriscina (2012, 2013) examined the relation between mental simulation and computer-based simulation, with the aim of identifying the similarities and differences between these two types of simulation, how do they interact, and how can they be integrated to enhance learning. He noted that, given the right conditions, simulation models can extend our biological capacity to carry out mental simulations and simulative reasoning. Computer simulation can thus support and enhance mental simulation. In particular, a form of cognitive partnering can be set up between student and simulation, where the mental and the computational models modify each other in real time, a circular interaction thanks to which the computer can become a proper “tool for thinking”.

The comprehension of scientific concepts can be examined at different levels of analysis. Traditionally, it has mostly been identified with the ability to recognize the instances of a concept, and to differentiate it from other sim-

ilar concepts. From a teaching perspective, this view corresponds to the technique of giving students a concept's name, definition, and (positive and negative) examples. An additional level of complexity is that of representing relations among concepts, as in the concept map method. Although concept maps might be an effective way for students to represent and organize knowledge, they do not allow, by themselves, the meaning of a given concept to be grounded in sensorimotor experience. For instance, students will unlikely learn the concept of magnetism exclusively by knowing its relations with other concepts and without having first-hand experience of, or having imagined the effect, of a magnetic field. Thus, a third level of concept understanding is required, i.e., that of mental simulation, which is based on sensorimotor experience and structured by language.

In this perspective, understanding a concept entails the ability to:

1. construct an adequate mental model of the concept and run the corresponding mental simulations;
2. linguistically express the content of mental simulation;
3. compare the outcomes of mental simulation with empirical evidence.

To facilitate the mental simulation-based process of concept understanding, the following instructional design guidelines are proposed:

1. identify the experiential and verbal input that can be associated with the concept's comprehension.
2. imagine the possible mental simulations underlying this input.
3. devise and design instructional activities that can facilitate mental simulation of the concept.

Landriscina (2013, pp. 199-202) provided a use example of these guidelines for teaching the concept of *temperature field* — a thermal physics concept which is required to understand the phenomenon of point-to-point temperature variation in a body —.

According to the Model-Based Learning and Teaching framework (see Section 1), learning occurs by comparing the expected results of mental simulation with the observed consequences. In the case of gaps between expectations and observations, the outcomes are used to update or revise the mental model. From this perspective, mental simulation can facilitate students' learning paths, and is particularly effective when learning goals require the restructuring of students' mental models, as in the instance of conceptual change. However, one should not underestimate the difficulties students might encounter in the process of building, simulating and updating (or changing) their own mental models of the system under study.

In particular, any difficulties in concept comprehension and conceptual change frequently pertain to:

- lack of domain-specific knowledge (essential for constructing and simulating an adequate mental model);
- difficulty in grounding the new knowledge in an embodied sensorimotor experience;
- difficulty in comparing the outcomes of mental simulation with contrary empirical evidence;
- high extraneous cognitive load (which exceeds the available working memory capacity)³.

The latter point take on special relevance in that mental

3. Cognitive load is defined as the total quantity of activity imposed on in working memory at a given moment. Intuitively, cognitive load corresponds to learner-perceived mental effort and therefore, to the subjective difficulty of a learning task.

simulation is a cognitive process which is typically characterized by a high number of interacting elements requiring simultaneous processing in working memory. This frequently occurs when students must mentally integrate multiple and dynamically changing representations of information, while carrying out complex tasks, such as testing hypotheses or exploring alternative courses of action. Therefore, students will not automatically allocate the resources they have available in working memory to constructing and simulating the mental models required for learning. A relation can be made with Kahneman's two modes of thought, namely *System 1*, that operates automatically and quickly — with little or no effort — and *System 2*, that allocates attention to the effortful mental activities that demand it — including complex computations like those occurring in mental simulation (Kahneman, 2013) —.

As a general guideline, one should consider that students are more likely to use mental simulation:

1. in novel situations for which they have no rule available or when their rules are inadequate;
2. when the learning task requires that a specific analogy or metaphor be used for inferences.

These situations are cognitively analogous to those scientists face in periods of radical conceptual change and/or when the available data are unclear or anomalous (see Section 6).

9. Conclusion

By looking more carefully at the many ways the notion of mental simulation is used in scientific literature, one may note that this cognitive ability is not that different from the human faculty commonly termed "imagination". Actually, one has the impression that terms such as "mental im-

agery”, “imagistic simulations” and “mental simulation” have been devised as more scientifically respectable versions of the term imagination. This may be due to the fact that the etymology of the word imagination (lat. *imagin-ationem*) shows that it could also mean *hallucination*, or *fantasy*, and therefore has a negative connotation. This negative connotation can hark back to Plato’s scepticism towards the senses, and his conception of the “μίμησις” (*mimesis*, Greek term for *imitation*) as the imperfect copy or fictitious replica of reality. On the contrary, according to Aristotle imitation is a means to know nature through representations which can be valid and acceptable. In fact, Aristotle introduced the cognitive faculty of “*fahntasia*” (*phantasia*) as the necessary intermediary between the senses (particularly vision) and the intellect. Also Plotinus speaks of *phantasia* as a faculty which is essential for the attainment of intellectual, even divine, knowledge — an idea shared by the Neoplatonists —. The faculty of imagination has been also highly valued in the the classical period of Arabic philosophy, and in the Renaissance philosophy of Marsilio Ficino and Giordano Bruno. At the turn of the seventeenth century, imagination was a crucial concept for the understanding of marvellous phenomena, divination and magic in general. However, with the affirmation of the quantitative paradigm in natural philosophy the role of imagination has been relegated to the realm of subjective phenomena, such as dreams and the arts.

As a conclusion of this article, the idea is proposed that mental simulation has many correspondences with the notion of imagination as intended in ancient philosophy and in the Renaissance. Along these lines, *scientific imagination* can be defined as *the disciplined and informed use of mental simulation for envisioning a system’s behaviors and drawing testable inferences*.

References

- Andrews-Hanna, J.R., Smallwood, J., Spreng, R.N. (2014). The default network and self-generated thought: component processes, dynamic control, and clinical relevance. *Annals of the New York Academy of Sciences, Year in Cognitive Neuroscience Special Issue*, 1316: 29-52.
- Barsalou, L.W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 577-660.
- Barsalou, L.W. (2008a). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-45.
- Barsalou, L.W. (2008b). Grounding symbolic operations in the brain's modal systems. In G. R. Semin and E. R. Smith (Eds.), *Embodied Grounding: Social, Cognitive, Affective, and Neuroscientific Approaches* (pp. 9-42). New York: Cambridge University Press.
- Barsalou, L.W., Santos, A., Simmons, W.K., Wilson, C.D. (2008). Language and simulation in conceptual processing. In M. De Vega, A. M. Glenberg, & A. C. A. Graesser (Eds.), *Symbols, Embodiment, and Meaning* (245-283). Oxford, England: Oxford University Press.
- Brown, J.R., Fehige, Y. (2011). Thought Experiments. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2011 Edition). Available online at: <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/thought-experiment/>>.
- Buckley, B.C. (2012a). Model-Based Learning. In N. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (2300-2303). New York, NY: Springer.

- Buckley, B.C. (2012b). Model-Based Teaching. In N. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (2312-2315). New York, NY: Springer.
- Buckner, R.L., Andrews-Hanna, J.R., Schacter, D.L. (2008). The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 1-38.
- Chi, M.T.H. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in Instructional Psychology* (161-238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Clement, J.J. (1989). Learning via Model Construction and Criticism. Protocol Evidence on Sources of Creativity in Science. In J. Glover, R. Ronning & C. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity: Assessment, Theory, and Research* (341-381). New York, NY: Plenum.
- Clement J.J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053.
- Clement, J.J. (2008). *Creative Model Construction in Scientists and Students. The Role of Imagery, Analogy, and Mental Simulation*. New York, NY: Springer.
- Fischer, M.H., Zwaan, R.A. (2008). Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 825-850.
- Forrester, J. W. (1968). *Principles of Systems*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Gallese, V., Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the

- simulation theory of mind-reading, *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 493-501.
- Gentner, D. (2002). Psychology of Mental models. In N.J. Smelser, P.B. Bates (Eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (9683-9687). Amsterdam: Elsevier Science.
- Gentner, D., Stevens, A. (1983). *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gerlach, K.D., Spreng, R.N., Gilmore, A.W., Schacter, D.L. (2011). Solving future problems: Default network and executive activity associated with goal-directed mental simulations. *NeuroImage*, 55, 1816-1824.
- Gibbs, R.W. Jr. (2006a). *Embodiment and Cognitive Science*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Gibbs, R.W. Jr. (2006b). Metaphor interpretation as embodied simulation. *Mind & Language*, 21(3), 434-458.
- Gilbert, J.K., Boulter, C. (1998). Learning science through models and modelling. In B. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Vol. 2. (53-66). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gobert, J.D., Buckley, B.C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Goldman, A.I. (2006). *Simulating Minds: The Philosophy, Psychology, and Neuroscience of Mindreading*. Oxford University Press.
- Gordon, R.M. (1995). Simulation without introspection or inference from me to you. In M. Davies & T. Stone

- (Eds.), *Mental Simulation* (pp. 53-67). Oxford: Blackwell.
- Hegarty, M. (2004). Mechanical reasoning as mental simulation. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 280-285.
- Holton, G. (1978). *The Scientific Imagination: Case Studies*. Cambridge England New York: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird P.N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge University Press.
- Kahneman, D. (2013). *Thinking, Fast and Slow*. New York, NY: Farrar, Straus and Giroux.
- Kahneman, D., Tversky, A. (1982). The simulation heuristic. In Daniel Kahneman, Paul Slovic, and Amos Tversky, *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge University Press.
- Landriscina, F. (2012). Simulation and Learning: The Role of Mental Models. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (3072-3075). New York, NY: Springer.
- Landriscina, F. (2013). *Simulation and Learning. A Model-Centered Approach*. New York, NY: Springer.
- Louwerse, M.M., Jeuniaux, P. (2010). The linguistic and embodied nature of conceptual processing. *Cognition*, 114(1), 96-104.
- Lynott, D., Connell, L. (2010). Embodied conceptual combination. *Frontiers in Psychology*, 1, 1-14.
- Miller, A.I. (1986). *Imagery in Scientific Thought*. Cambridge, MA: The MIT Press.

- Mullally, S.L., Maguire, E.A. (2013). Memory, Imagination, and Predicting the Future: A Common Brain Mechanism? *The Neuroscientist*, 20(3), 220-234.
- Nersessian, N.J. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Norman, D. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental Models* (7-14). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rumelhart, D.E., Smolensky, P., McClelland, J.L., Hinton, G.E. (1986). Schemata and Sequential Thought Processes in PDP models. In J.L. McClelland, D.E. Rumelhart, & The PDP Research Group (Eds.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition*. Volume 2 (7-57). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Schacter, D.L., Addis, D.R., Buckner, R.L. (2008). Episodic simulation of future events: Concepts, data, and applications. *The Year in Cognitive Neuroscience, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 39-60.
- Schwartz, D.L., Black, J.B. (1996) Shuttling between depictive models and abstract rules: induction and fallback. *Cognitive Science*. 20, 457-497
- Seel, N. (2003). Model-Centered Learning and Instruction. *Tech., Inst., Cognition and Learning*, 1, 59-85.
- Stephens, L., Clement, J. (2006). Designing classroom thought experiments: What we can learn from imagery indicators and expert protocols. *Proceedings of the NARST 2006 Annual Meeting*, San Francisco, CA.
- Stephens, L., Clement, J. (2009). Extreme case reasoning and model based learning in experts and students.

Proceedings of the 2009 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Learning, San Diego, CA.

- Stephens, L., Clement, J.J. (2012). The Role of Thought Experiments in Science and Science Learning. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (2nd ed.) (157-175). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Trickett, S.B., Trafton, J.G. (2007). "What if. . .": The use of conceptual simulations in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 31, 843-875.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving and W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory* (382-402). New York, NY: Academic Press, Inc.
- Vosniadou, S., Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.

COSA SUCCEDA PRIMA? SOSTENERE LA CONOSCENZA ATTRAVERSO L'ESPERIENZA TRA NIDO D'INFANZIA E SCUOLA DELL'INFANZIA

Daniela Soci, Silvia Rattighieri

Coordinatrici pedagogiche Comune di Modena

Abstract

Il coordinamento pedagogico del Comune di Modena negli ultimi anni è stato prioritariamente impegnato nella costruzione di un progetto 0-6 che andasse a delineare elementi di continuità tra i servizi di nido d'infanzia e scuole dell'infanzia.

Tale progetto ha avuto come nucleo portante, tra gli altri, la formazione degli educatori/educatrici e degli/le insegnanti per costruire in chi lavora nel quotidiano uno sguardo sul bambino più longitudinale, capace di cogliere potenzialità, cambiamenti, processi di crescita e di sviluppo.

Si è così deciso di allargare i nuclei concettuali che sostengono i campi d'esperienza al nido d'infanzia. Questa scelta ha aperto uno spazio di ricerca innovativo tra educatori/educatrici, coordinatori ed esperti dell'Università. Consapevoli che il rischio da evitare è quello di azzardare inutili precocismi, la finalità di una formazione per campi d'esperienza anche al nido d'infanzia è quella di offrire alle educatrici degli occhiali colti per leggere e quindi sostenere i processi di esplorazione e scoperta dei bambini.

I bambini e le bambine attraverso il proprio corpo e le azioni che compiono sulle cose cominciano a fare importanti scoperte che costituiscono le basi di quelle che, in seguito attraverso il linguaggio, diventeranno consape-

volezze sempre più competenti e articolate. Ruolo di chi lavora al nido è quello di non lasciare tali scoperte al caso, ma seguirne le vicende, offrendo contesti ricchi di occasioni e di opportunità sotto forma di gioco. È proprio il gioco, come è risaputo, a costituire il terreno più fecondo di conoscenza. Quando poi, con l'accrescere delle abilità e dell'uso più competente del linguaggio, il gioco si amplia e diventa gioco di imitazione e simbolico arricchendosi di elementi narrativi, esso costituisce una buona palestra per intuire ed iniziare a comprendere aspetti che non riguardano solo la dinamica delle relazioni umane, ma anche le cose e i fenomeni che ci circondano, fino ad arrivare alla scuola dell'infanzia dove la simbolizzazione diventa più sofisticata attraverso l'uso della rappresentazione.

Costruire sguardi condivisi sui bambini: un progetto 0-6

Il Comune di Modena da qualche anno è impegnato nella costruzione di un progetto 0-6 dei servizi per l'Infanzia. L'obiettivo, prima ancora di concentrarsi sugli aspetti di discontinuità e continuità nel passaggio dal nido alla scuola dell'infanzia, è quello di formare gli operatori di entrambi i servizi in modo da condividere uno sguardo coerente e longitudinale sul bambino e basi comuni della progettazione educativa, pur riconoscendo i diversi obiettivi e finalità che li contraddistinguono. Alla base di questo percorso c'è l'investimento in un piano formativo che coinvolga sia educatrici di nido che insegnanti di scuola dell'infanzia. Una delle scelte effettuate in questa direzione è stata quella di estendere la formazione per campi di esperienza che contraddistingue da diversi anni il piano formativo della scuola dell'infanzia modenese, anche al nido d'infanzia. Tale scelta che può inizialmente apparire azzardata per non dire rischiosa, laddove evoca possibi-

li anticipazioni o precocismi, nasce dall'idea che i campi d'esperienza costituiscono ambiti di conoscenza e di nuclei concettuali che servono in primo luogo agli adulti per costruirsi degli occhiali colti per leggere e quindi sostenere i processi di esplorazione e scoperta dei bambini.

Posto che, i campi d'esperienza, così come sono delineati nelle Indicazioni Nazionali per il curricolo, in riferimento ai contenuti e ai traguardi di sviluppo, sono specifici della fascia 3-6, tuttavia alcuni nuclei concettuali e soprattutto l'impianto epistemologico che li sottende possono costituire quadri di riferimento anche per chi opera nello 0-3, per leggere l'esperienza globale del bambino in modo complesso, profondo, capace di coglierne ogni specificità: linguaggio, motricità, conoscenza, prime tracce e segni.

Il nido d'infanzia si contraddistingue oggi come un contesto connotato da una forte intenzionalità, dove l'allestimento dei contesti di gioco, la scelta dei materiali, le proposte delle educatrici sono pensate per allargare le curiosità esplorative dei bambini.

Anna Bondioli e Susanna Mantovani nell'introduzione al testo *Manuale Critico dell'asilo nido* parlano di una «didattica del nido» che si caratterizza per alcuni elementi peculiari: il fare, la ludicità, la continuità delle esperienze, la significatività delle esperienze (Bondioli, Mantovani, 2003)

Affinché i bambini riconoscano come significative le esperienze proposte al nido esse non devono essere estemporanee e soprattutto devono per così dire "intercettare" le curiosità, i bisogni di scoperta, lo sviluppo delle abilità che i bambini si stanno costruendo in quel momento. Si tratta per l'educatore di saper riconoscere e quindi collocare il proprio intervento nell'area di sviluppo prossimale.

Per questo motivo, dal nostro punto di vista, un educatore colto, preparato anche se in prima istanza su un

aspetto specifico, è maggiormente attrezzato a muoversi con competenza in questa prospettiva.

I bambini costruiscono la loro “conoscenza del mondo”

I temi affrontati attraverso la formazione relativa al corso su “la conoscenza del mondo” ha contribuito ad individuare sia una specificità proprio del nido d’infanzia che l’emergere di alcuni aspetti di continuità con la scuola dell’infanzia, sebbene questa parte sia ancora tutta da esplorare ed approfondire.

Quando lo scorso anno abbiamo cominciato questo percorso, assieme al professor Federico Corni, abbiamo fatto la scelta di tenere almeno per un anno divise le educatrici di nido dalle insegnanti di scuola dell’infanzia proprio perché sentivamo la necessità di costruire un approccio specifico per il nido d’infanzia individuandone contenuti ed obiettivi.

Il primo obiettivo è stato quello di lavorare con le educatrici di nido per condividere l’impostazione epistemologica, basata sul concetto centrale di *embodied knowledge*. Questa prospettiva condivisa anche con le insegnanti della scuola dell’infanzia, sempre attraverso la formazione, permette di mettere in luce due aspetti significativi: il primo è che non si può non conoscere, il fatto stesso di essere nel mondo prevede un continuo dialogo tra io e mondo da cui emerge sempre una qualche forma di conoscenza, la seconda è, citando Humberto Maturana e Francisco Varela, che “ogni azione è conoscenza così come ogni conoscenza è azione”. Se così è dunque dobbiamo pensare che la costruzione della conoscenza è una questione che non riguarda solo una certa fascia di età, cioè quella in cui emerge la competenza linguistica come simbolizzazione ed esplicitazione dei contenuti della conoscenza,

ma riguarda anche le età precedenti fin da piccolissimi, e che le azioni che i bambini dell'età del nido d'infanzia compiono sugli oggetti, con il proprio corpo e attraverso il corpo costituiscono basi importanti, processi chiave della costruzione di una conoscenza che, successivamente attraverso il linguaggio, ma non solo, potrà diventare sempre più raffinata nel comprendere le cose del mondo.

Da dove cominciare dunque per leggere questi processi? Il punto di partenza proposto da Federico Corni è l'impianto degli Image schema di Johnson, ovvero quelle strutture astratte emergenti dalle nostre esperienze senso-motorie, che costituiscono i tasselli delle nostre astrazioni. In questo modo le educatrici si sono costruite una sorta di mappa per provare a vedere nelle esperienze ludiche dei bambini quelle azioni collegabili a tali costrutti concettuali di base.

Un esempio è l'image schema di contenitore. Abbiamo notato che per i bambini, in particolare quelli dell'età dai 9-10 mesi ai 18-20 mesi, amano giocare con scatole e contenitori, materiali da incastrare ed infilare.

Sono infatti molte le azioni che i bambini compiono: mettere dentro, tirare fuori, infilare, riempire, scuotere, svuotare, rovesciare, ribaltare, travasare, entrare, uscire.



Fig. 1 - Il gioco dei travasi fatto con contenitori di forme e dimensioni diverse.

Queste come altre osservazioni, hanno costituito il punto di partenza per le educatrici per sviluppare e sostenere le esplorazioni dei bambini: a partire dall'allestimento dei contesti, dalla scelta di materiali specifici - che abbiamo definito materiali per pensare in quanto inusuali e associati per permettere confronti, la creazione di spiazamenti e situazioni problematiche per portare i bambini a cercare soluzioni, da soli o con l'aiuto di altri.



Fig. 2 - Scatole con fori piccoli e materiale grande.

Con l'emergere dell'uso più competente del linguaggio si può leggere attraverso le parole dei bambini i modi di descrivere le percezioni qualitative soprattutto delle differenze.

All'inizio dell'attività l'educatrice invita i bambini a toccare le polveri nelle rispettive vasche e chiede loro se sono uguali.

Camilla (33 mesi): non sono uguali. Questa è gialla, è buona; questa è bianca e morbido, l'orzo è cattivo.

Maria Giovanna (36 mesi): la farina gialla è morbida, la farina bianca è tiepida, l'orzo è duro.

Ej (35 mesi): no uguali

Malek (33 mesi) tocca le polveri e dice: l'orzo è dura, la farina gialla è bella, la farina bianca è morbida.

Filippo (25 mesi): questa è dura (farina gialla), questa è morbida (farina bianca); questa è buono (l'orzo). Questa come si chiama?

Educatrice: farina gialla



Fig. 3 - Bambini della sezione grandi confrontano farine diverse.

Nella scuola dell'infanzia, con l'uso più competente del linguaggio sia esso in forma più descrittiva o narrativa e l'acquisizione di una maggiore intenzionalità nella rappresentazione è possibile condurre con i bambini progetti che ricercano la connessione tra i diversi image schema esplorando più in profondità i diversi aspetti a partire da un preciso contenuto.

Osservando gli alberi del giardino ad esempio si possono notare come differiscono le varie parti a seconda della tipologia di piante, costruire scale qualitative per rappresentare le diverse percezioni dei bambini e le parole con cui le esprimono per poi arrivare a costruire un'idea del sistema albero immaginando il percorso della linfa all'interno della pianta

Nelle parole dei bambini le insegnanti possono ritrovare quelle metafore concettuali che i bambini usano per comprendere il funzionamento delle cose.

Come ad esempio il concetto di sostanza fluida o quello di forma/funzione.



Fig. 4 - Bambini di 5 anni confrontano cortecce diverse costruendo una scala di ruvidezza.

Rispetto agli elementi di continuità tra nido e *scuola dell'infanzia* è ancora prematuro far emergere in modo chiaro alcuni aspetti specifici dal momento che il percorso formativo è iniziato da poco e siamo ancora in ricerca.

Tuttavia un aspetto che sicuramente rappresenta un punto in comune è quello della ludicità e in particolare il ruolo svolto dal gioco simbolico.

Come afferma sempre Bondioli in "Gioco ed educazione" «l'attività simbolica è sempre un tentativo di andare "al di là" di ciò che mentalmente, affettivamente, conoscitivamente già si possiede, di esprimere idee nuove avventurandosi fuori dai sentieri del già conosciuto e sentito, dell'ovvietà e dall'abitudine» (Bondioli, 1996)

Nel gioco dei pompieri, in una sezione grandi di nido i bambini imitano in un modo che non è certo copia della realtà ma interpretazione di essa, costruendo mondi immaginari, trame narrative, dove attraverso la promozione dell'adulto si accorgono delle caratteristiche dei tubi, dei passaggi che le sostanze (acqua, suono, oggetti) possono fare all'interno di essi.

In forma più evoluta il gioco di imitazione che diventa gioco di immedesimazione in una sezione dei tre anni permette ai bambini di mettersi dal punto di vista dei lombrichi che avevano trovato in giardino

MARTINA: fanno così i lombrichi, sto strisciando, scivolare (si sdraia per terra e muove il corpo, le braccia e le gambe)

MATTEO BE.: no fanno così (si sdraia a terra con le braccia lungo il corpo e muove solo il busto)

SARA: facevamo finta perché sotto c'erano i tavoli

MATTEO BE.: è stato difficile muoversi come i lombrichi perché i lombrichi veri non fanno così, non fanno come le persone è come i veri vermi sono sottoterra davvero

MARTINA: per me è stato bellissimo passare sotto al tunnel... mentre stavamo strisciando usavo la pancia, anche le braccia...loro non hanno le braccia e fanno così (si sdraia a terra e prova a strisciare con le braccia lungo il corpo), i lombrichi strisciano senza braccia è difficile, nella foto Miriam e Daria strisciano con le braccia avanti.

In questo breve estratto di conversazione i bambini fanno continuamente paragoni tra loro e i lombrichi, ed è proprio questo il ruolo del simbolico che, come la metafora, traspone significati, connette mondi diversi da cui emerge la differenza come categoria generativa della conoscenza.

In questo senso attraverso la finzione ed in particolare l'identificazione si attiva una doppia conoscenza che si rivolge contemporaneamente al sé e all'altro in un andirivieni tra i due mondi di cui il gioco rappresenta lo spazio

intermedio di confine: sono più consapevole di come sono fatto attraverso i lombrichi, conosco qualcosa dei lombrichi attraverso di me.

Il gioco dunque non come qualcosa di alternativo o separato dalla conoscenza scientifica o più razionale, ma come altro strumento per arrivare ad essa, per rispondere a quelle domande di carattere squisitamente gnoseologico quali: come funziona? Come si comporta? In definitiva quali sono le regole che condizionano quel contesto, quello spazio di realtà, sia esso sociale, fisico, culturale? Sono queste le domande che muovono la curiosità dei bambini e lavorare affinché i bambini si chiedano il perché delle cose è un aspetto fondante del lavoro educativo fin da piccoli.

Bibliografia

- Bondioli, A. (1996) *Gioco ed Educazione*, Milano: Franco Angeli.
- Bondioli, A., Mantovani, S. (2003) *Manuale Critico dell'asilo nido*, Milano: Franco Angeli.
- Corni, F. (a cura di) (2013) *Le scienze nella prima educazione: un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*, Trento: Edizioni Centro Studi Erickson.
- Maturana, H., Francisco, V., (1987) *L'albero della conoscenza*, Milano: Garzanti.

IL PROGETTO "PICCOLI SCIENZIATI": UN APPROCCIO NARRATIVO ALLE SCIENZE PER INSEGNANTI IN SERVIZIO

Federico Corni, Enrico Giliberti, Tiziana Altiero

Dipartimento di Educazione e Scienze Umane,
Università di Modena e Reggio Emilia

Introduzione

Il progetto "Piccoli scienziati" costituisce un percorso formativo e didattico sulle scienze rivolto in continuità ad insegnanti di scuola dell'infanzia, primaria, secondaria di primo grado. I percorsi didattici sono proposti in classe con il supporto di storie, materiali sperimentali, giochi, cartoni animati, software di modellizzazione, oltre che con il supporto di materiali a libero accesso (filmati e software free o open source).

Il progetto nasce dalla constatazione che l'educazione scientifica è un processo a lungo termine, che non si può risolvere con interventi estemporanei di "esperti", anche se intensi e motivanti. Punto di partenza e chiave della didattica delle scienze nella scuola primaria è l'insegnante, che da un lato deve essere in grado di trasmettere conoscenze ma soprattutto è un mediatore fra l'esperienza dei bambini e la loro interpretazione, fra il sapere ingenuo dei bambini e quello formale delle scienze.

Il progetto "Piccoli scienziati" si basa su alcuni aspetti che lo rendono particolarmente utile per un approccio integrato all'apprendimento delle scienze.

In primo luogo è rassicurante e vicino al modo di pensare dell'insegnante e dei bambini, che fanno uso della

loro naturale capacità di osservare la realtà e non devono impadronirsi di strumenti diversi dal linguaggio naturale. I concetti affrontati, infatti, sono quelli che ognuno di noi utilizza per osservare e interpretare i fenomeni nella propria quotidianità. In questo modo gli insegnanti e i bambini fanno proprio un linguaggio comune che consente loro di confrontarsi in modo gratificante a partire da semplici esperimenti, introdotti da storie e animazioni. Inoltre la progettazione delle attività didattiche è facilitata, basandosi su una struttura modulare che l'insegnante può adattare facilmente alle proprie esigenze di programmazione didattica.

Un'altra caratteristica è l'interdisciplinarietà: le diverse attività proposte non sono esclusivamente "di scienze", ma riguardano diversi ambiti disciplinari, in primis l'ambito linguistico, e costituiscono un insieme coerente e integrato che può essere utilizzato in combinazione con le diverse discipline scolastiche (nella scuola secondaria in particolare può essere alla base di progetti interdisciplinari fra scienze, matematica, tecnologia, ma anche educazione artistica e motoria).

Un ulteriore aspetto riguarda l'inclusione scolastica di alunni con Bisogni Educativi Speciali: l'approccio di "Piccoli scienziati" si rivela particolarmente coinvolgente soprattutto per i bambini che hanno maggiori difficoltà nelle attività di studio. L'utilizzo di strumenti di comunicazione molto semplici, ma potenti, dal gioco alla drammatizzazione, dal linguaggio naturale a quello specifico, consente a tutti gli alunni di poter esprimere il proprio punto di vista senza paura di sbagliare.

Dal punto di vista della costruzione dei percorsi didattici l'aspetto fondamentale è la flessibilità e la modularità, grazie alle quali gli insegnanti possono allestire dei per-

corsi personalizzati e scegliere di volta in volta le attività da svolgere, senza stravolgere la normale programmazione. In questo modo gli alunni svolgono percorsi che, anno dopo anno, ritornano sui concetti fondamentali, richiamandoli e trattandoli in modo più approfondito, secondo la logica del curriculum verticale.

La formazione degli insegnanti, cardine del progetto, prevede momenti a grande gruppo, seguiti da attività di progettazione e sperimentazione a piccolo gruppo, supervisionati dai formatori. Infine ciascun insegnante che vuole sperimentare in classe i percorsi proposti viene affiancato da un formatore nella progettazione specifica per la propria classe e può essere affiancato da un esperto durante lo svolgimento delle attività in classe.

Questo articolo presenta i principali riferimenti teorici alla base del progetto, per poi approfondire gli aspetti metodologici e didattici, con particolare riferimento alla narrazione e alla struttura verticale del curriculum proposto; seguono esempi di attività tratte da un segmento del percorso e infine viene illustrata la modalità di formazione degli insegnanti, così come è stata messa a punto negli anni di sperimentazione del progetto.

Aspetti teorici e disciplinari

La nostra conoscenza della realtà e del mondo intorno a noi può essere concepita in due modi, che si riflettono nella nostra visione delle scienze e di conseguenza sulle teorie alla base dell'apprendimento delle scienze in ambito scolastico.

Se consideriamo la scienza come la rappresentazione della realtà "oggettiva", allora la scienza sarà costituita da una serie di proposizioni letterali composte di simboli, le parole, di concetti astratti, ciascuno dei quali corrisponde-

rà a un elemento del reale. Ciò significa che, se vogliamo introdurre i bambini alla conoscenza del mondo, dobbiamo trasformare in qualche modo le proposizioni della scienza e semplificarle, in modo che essi la possano comprendere. Secondo l'interpretazione piagetiana, ciò implica spogliare la scienza delle sue espressioni astratte e rendere concreto il nostro modo di rapportarci ai bambini. I bambini, infatti, secondo questo punto di vista, vengono considerati pensatori concreti, che hanno accesso solo a quelle cose che possono sperimentare direttamente. Il percorso dell'educazione consiste, quindi, nella crescente astrazione delle proposizioni riguardanti il mondo.

Se, invece, assumiamo che la comprensione della realtà sia il frutto di un organismo (un corpo dotato di cervello) che interagisce con l'ambiente fisico e sociale circostante, e che la funzione del sistema nervoso e del corpo di questo organismo consista nel formare astrazioni dalle interazioni ricorrenti tra tale organismo e il mondo, allora la scienza sarà una rappresentazione di queste astrazioni, dei prodotti della nostra immaginazione che ci vengono dall'esperienza corporea. La comprensione, in questo senso, non è letterale, oggettiva, nel senso "freddo" del termine, ma figurativa, metaforica. Secondo questa interpretazione l'astrazione è già presente all'inizio della nostra vita mentale, insieme al pensiero concreto, e non è il prodotto finale di un processo che parte dalla concretezza per arrivare all'astrazione.

La conoscenza è un rapporto fra il soggetto (il bambino o l'adulto) e la realtà. Se il soggetto e la realtà non interagiscono, non succede niente. Se nella mente non cambia qualcosa quando si fa esperienza, non si ha nuova conoscenza. Noi creiamo le astrazioni dalle nostre interazioni ricorrenti con il mondo esterno: percezione e astrazione

sono un unico atto. La nostra mente si sviluppa creando le forme e le astrazioni basilari che ci permettono di (soprav)vivere nel nostro ambiente, di orientarci, di dare senso all'esperienza.

Questa seconda prospettiva ha un'importante conseguenza: la nostra natura umana e il nostro ambiente ci offrono strutture di comprensione che utilizziamo sempre, sia nella vita quotidiana sia nella costruzione della conoscenza scientifica del mondo. In altre parole, il ragionamento nella vita quotidiana e quello nella scienza non sono essenzialmente diversi. E anche un bambino molto piccolo, secondo i risultati di ricerche in campo della psicologia dello sviluppo e della linguistica, ha già a disposizione le strutture astratte più elementari e potenti, gli schemi e le metafore, come vedremo, da cui derivano le concettualizzazioni anche della scienza più formale. In altri termini la mente è *embodied*. Il nostro corpo ci dà gli schemi con i quali comprendiamo il mondo e con i quali ci esprimiamo. Filosofia, psicologia, linguistica, robotica, neuroscienza, antropologia e molte altre discipline, ciascuna con specifiche espressioni e considerazioni, contribuiscono a considerare in questo senso la nostra comprensione del mondo, il nostro dare senso all'esperienza del mondo che ci circonda, l'apprendimento.

L'ipotesi riguardo alla natura della conoscenza su cui si basa il progetto "Piccoli scienziati" è la seconda. Il progetto si propone proprio di applicare al contesto della didattica e dell'educazione scientifica, un'idea di conoscenza e quindi di apprendimento che partano dal basso, dalle idee spontanee dei bambini (ma anche degli adulti), per offrire occasioni di riflessione, differenziazione, sviluppo e potenziamento su queste idee.

Una concezione di comprensione figurativa, metaforica, implica che il linguaggio scientifico (e anche la sua espressione matematica) non ha un carattere oggettivo, ma è sempre l'espressione di una cosa in termini di un'altra. Se pensiamo, ad esempio, al calore, non sappiamo definirlo, ma sappiamo benissimo che cosa è per l'esperienza che ne abbiamo fatto. Del calore abbiamo un'immagine mentale, un "tutt'uno", uno schema complesso, e le nostre descrizioni verbali del calore si avvalgono di espressioni quali "fluisce", "si accumula", "penetra", "si diffonde" tipiche di una sostanza fluida. Per noi il calore è una *gestalt*. Il nostro modo di descrivere il calore, e quindi il nostro pensiero su di esso, si avvale di immagini con cui descriviamo anche altre esperienze, come quelle con l'acqua, coi gas, con l'elettricità, ecc. Questo si intende affermando che il nostro linguaggio e il nostro pensiero sono metaforici. Nella metafora, proiettiamo, spesso inconsciamente, alcune strutture della conoscenza (*source*) su altre (*target*). La metafora *il calore è una sostanza fluida*, ci aiuta a chiarire il cos'è il calore, il target, per cui usiamo espressioni quali quelle sopra elencate.

La linguistica cognitiva individua alcuni image schema ricorrenti che possono essere utilmente impiegati per spiegare la realtà, e le raggruppa in categorie: *polarità* (pesante-leggero, caldo-freddo, ecc.), *spazio* (su-giù, vicino-lontano, ecc.), *movimento* (percorso, moto), *processo* (stato, ciclo), *equilibrio, contenimento* (contenitore, dentro-fuori), *forza/causa* (contrapposizione, costrizione, impedimento, ecc.), *unità/molteplicità* (unione, raccolta, suddivisione, parte-tutto), *identità, esistenza* (Tabella 1) (Croft & Cruse, 2004; Evans & Green, 2006; Hampe, 2005; Johnson, 1987; Lakoff, 1987).

POLARITÀ	Chiaro-scuro, caldo-freddo, femmina-maschio, buono-cattivo, giusto-ingiusto, lento-veloce, alto-basso
SPAZIO	Su-giù, davanti-dietro, destra-sinistra, vicino-lontano, centro-periferia. Altro: contatto, percorso
PROCESSO	Processo, stato, ciclo
CONTENITORE	Contenimento/confinamento, dentro-fuori, superficie, pieno-vuoto, contenuto
FORZA/CAUSA	Equilibrio, forza in opposizione, costrizione/obbligo, limitazione/restrizione/ritegno, impedimento, abilitazione, bloccaggio, diversione, attrazione
UNITÀ / MOLTEPLICITÀ	Unione, raccolta, divisione, iterazione, parte-tutto, numerabile-non numerabile, collegamento
IDENTITÀ	Corrispondenza, sovrapposizione
ESISTENZA	Rimozione, spazio circoscritto, oggetto, sostanza, sostanza fluida

Tabella 1. Elenco e categorizzazione dei principali image schema.

Oltre a questi concetti elementari c'è un'importante *gestalt* complessa, molto utile per la comprensione del mondo, che viene chiamata *Force Dynamic Gestalt* (o *gestalt della forze della natura*). È la *gestalt* più comune che noi utilizziamo quando incontriamo qualcosa, non soltanto in ambito fisico, e che utilizziamo per spiegare le cose in termini di *quantità*, *qualità*, influenza/potere.

Il primo aspetto, quello della *quantità* (image schema di esistenza, oggetto, sostanza) entra in gioco quando ci spieghiamo le cose pensando a una "sostanza" e alla sua quantità. Quando, ad esempio, vediamo un fiume, ne osserviamo la quantità di acqua; quando incontriamo un animale, ne stimiamo le dimensioni; quando riceviamo del cibo, ne valutiamo la quantità.

Il secondo aspetto è quello della *qualità* (image schema di polarità, intensità, scala) e si riferisce alla qualità di una

cosa (è quello che descriviamo con gli aggettivi qualificativi): quando vediamo un fiume, insieme alla quantità d'acqua che scorre, ne osserviamo la velocità; di un animale, oltre alla dimensione, ne consideriamo la ferocia; se consideriamo il cibo, oltre alla sua quantità, ne consideriamo il sapore, o il potere nutritivo.

Gli aggettivi e i termini che indicano intensità (alto, acuto, intenso, basso, grave, lieve, ecc.) sono in generale diversi da quelli che caratterizzano la quantità (molto, grande, largo, poco, piccolo, stretto, ecc.).

Se consideriamo una polarità, ad esempio caldo-freddo, possiamo inserire fra i due estremi diverse gradazioni e anche estendere gli estremi stessi, come ad esempio rigido-freddo-tiepido-caldo-bollente-incandescente. Nasce così la scala di temperatura, che è una scala, appunto, una verticalità: la temperatura può essere alta o bassa (non molta o poca). I bambini non hanno proprietà lessicale, ma sono bravissimi a inventare espressioni significative per i diversi livelli o gradi di intensità dei fenomeni, e da qui si può partire per costruire il concetto di intensità e di scala.

L'effetto combinato di *quantità* e di *intensità* determina l'*influenza/potere*: posso avere molto o poco cibo (quantità), un cibo più o meno nutriente (qualità), ma l'effetto, il potere di quel cibo è la combinazione dei due aspetti: per scalare una montagna potrebbe bastare poco cibo molto nutriente (oppure molto cibo poco nutriente), ma per scalare tante montagne (o per permettere a tanti scalatori di raggiungere la cima) occorre tanto cibo molto nutriente. Qualità e quantità di una forza della natura, insieme, si combinano per dare la potenza di quella forza della natura, la sua capacità o meno di causare, di provocare delle conseguenze su altro, scientificamente, la sua energia.

La costruzione del concetto di potenza, di causazione di un fenomeno, di energia, va di pari passo con lo sviluppo e la differenziazione degli aspetti qualitativi e quantitativi del fenomeno stesso.

Aspetti didattici: la narrazione e le storie

I percorsi del progetto “Piccoli scienziati” riflettono i punti di vista sopra illustrati e propongono lo “storytelling” come ambiente per lo sviluppo del pensiero figurativo e metaforico, per favorire la creatività e l’immaginazione, propedeutici alla successiva formulazione di ipotesi o di domande di tipo scientifico. I percorsi, inoltre, sono costruiti in un’ottica curricolare verticale, a partire dalla capacità di ragionamento del bambino, dalle concettualizzazioni che il bambino sta via via maturando.

Le storie e la narrazione sono l’elemento che caratterizza tutto il progetto “Piccoli scienziati”, dal nido alla scuola secondaria di primo grado.

Per quanto riguarda il *nido e la scuola dell’infanzia* la narrazione costituisce soprattutto lo *sfondo integratore* che raccoglie e integra le attività proposte (che non sono diverse da quelle normalmente svolte in sezione) per collocarle all’interno di una cornice che accompagna i bambini anche per tutto l’anno. Le caratteristiche di base sono il coinvolgimento motorio, sensoriale ed emotivo, che sono al tempo stesso aspetti metodologici e obiettivi di apprendimento: alla narrazione si uniscono attività di esplorazione e di scoperta guidata dall’insegnante/educatrice, seguite da momenti di confronto a piccolo e grande gruppo. I bambini in questo modo possono ricondurre la propria esperienza a quella dei personaggi della storia stessa, esprimendo emozioni e stati d’animo che caratterizzano i personaggi della storia stessa e che possono

essere estesi per analogia a ciò che loro stessi hanno provato. Questa modalità di rispecchiamento e confronto favorisce lo sviluppo di abilità comunicative, sempre proporzionate all'età dei bambini, per esprimere alcuni image schema corporei che hanno una relazione con le sensazioni e le emozioni.

Nella *scuola primaria* le storie e lo storytelling sono la modalità principale per rispondere alle necessità, identificate come basilari, di:

- coinvolgere il bambino emotivamente e cognitivamente;
- costruire percorsi che si sviluppino in modo verticale seguendo il concatenamento dei ragionamenti;
- proporre un supporto metodologico che favorisca il passaggio dalla descrizione, all'interpretazione, alla formulazione di domande scientifiche, alla pratica sperimentale e alla modellizzazione, che, oltre a fornire certe conoscenze, costituiscono un metodo per imparare a ragionare;
- caratterizzare e differenziare le idee precoci di quantità, intensità, forza-potere, elementi della conoscenza spontanea individuale che possano servire per la costruzione di significati scientifici.

La narrazione può essere un utile strumento per l'apprendimento, in quanto favorisce il coinvolgimento emotivo, lo sviluppo cognitivo, la stimolazione dell'immaginazione e la decontestualizzazione (Egan, 2012). I bambini sono chiamati a immergersi nelle storie, ma di seguito devono uscirne per svolgere attività sperimentali concrete.

Negli *ultimi anni della scuola primaria e nella scuola secondaria di primo grado* le storie assumono un ruolo

più limitato e servono soprattutto a introdurre le figure di scienziati, esploratori, figure di eroi che hanno compiuto imprese notevoli e che possono essere oggetto di approfondimento da parte dei ragazzi. Secondo la visione di Egan, le narrazioni in questa fase devono aiutare a stimolare gli strumenti cognitivi della comprensione romantica (vedi sotto). L'insegnante farà uso di queste storie per realizzare esperimenti da svolgere concretamente, grazie ai quali potrà raccogliere e analizzare dati.

Aspetti didattici: il curriculum verticale

L'approccio di "Piccoli scienziati" si configura come curriculum verticale interdisciplinare, che parte dal nido per arrivare alla scuola secondaria di primo grado, in riferimento alle fasi della *comprensione multipla* di Egan (Egan, 2012), secondo le quali i bambini sviluppano una comprensione del mondo a seconda degli strumenti linguistici e cognitivi che via via acquisiscono e che vanno ad aggiungersi a quelli delle fasi precedenti.

La fase della *comprensione somatica*, che non utilizza il linguaggio verbale, inizia già alla nascita ed è tipica del nido, con i sensi, le risposte emotive, l'attaccamento, l'inatteso, la musicalità e il ritmo, le sequenze, la comunicazione gestuale.

La fase della *comprensione mitica*, con l'utilizzo del linguaggio orale, è tipica della scuola dell'infanzia e dei primi due-tre anni della scuola primaria; le caratteristiche sono: le storie, le astrazioni e le emozioni, gli opposti e la loro mediazione, l'immaginazione, l'umorismo, la metafora, il senso del mistero, il gioco.

La fase della *comprensione romantica*, con la padronanza del linguaggio scritto, si sviluppa negli ultimi anni della scuola primaria e prosegue nella scuola media; le

sue caratteristiche sono: l'esplorazione degli estremi e dei limiti della realtà (estremamente piccolo, estremamente lontano, ecc.), il senso di stupore e meraviglia, l'identificazione con l'eroe, l'interesse per i dettagli (raccolte, collezioni, hobby), la conoscenza legata all'umanità degli scienziati, il cambiamento di contesto, l'alfabetizzazione. La sequenza delle attività è orientata al miglioramento di alcune abilità, che sono gli obiettivi generali dei diversi gradi scolastici.

Per il nido (0-3 anni) gli obiettivi riguardano lo sviluppo motorio e l'identificazione di alcuni image schema spaziali (dentro-fuori, alto-basso, ecc.), oltre allo sviluppo della percezione sensoriale. Le attività del progetto si inseriscono naturalmente all'interno dei percorsi che normalmente vengono svolti nei nidi, facendo però particolare attenzione alla formazione degli insegnanti/educatori.

Nella scuola dell'infanzia (3-6 anni) il progetto prevede di sviluppare i diversi linguaggi che i bambini hanno a disposizione per descrivere e interpretare la realtà. Le esperienze riguardano soprattutto l'esplorazione della natura e la sua rappresentazione, mettendo in evidenza i primi semplici *image schema*, in particolare quelli legati alla *Force Dynamic Gestalt*.

Nella scuola primaria (6-11 anni) ci si concentra sull'alfabetizzazione rispetto ad alcuni linguaggi formali, a partire dal linguaggio naturale usato con proprietà e competenza. I percorsi, suddivisi per classi, riguardano:

- 1°: polarità e scale di intensità
- 2°: quantità di sostanza, contenitore, bilancio
- 3°: forza/potere, proporzione fra causa ed effetto
- 4°: processo, stato, ciclo, unione, raccolta
- 5°: sistema, equilibrio, prime idee sull'energia

Nella scuola secondaria di primo grado si prosegue il percorso dei linguaggi, puntando all'acquisizione dei linguaggi formali, fra cui il linguaggio matematico, con le prime semplici relazioni fra grandezze e la modellizzazione. I percorsi per le diverse classi, indicativamente, riguardano i diversi contesti e si prestano ad essere trattati in modo interdisciplinare:

1°: fluidi e concetti elementari basilari

2°: calore, elettricità

3°: moto, energia

I percorsi proposti nei vari gradi scolastici sono composti da attività che mirano a favorire il raggiungimento degli obiettivi generali indicati in precedenza.

Per favorire il riconoscimento delle caratteristiche fondamentali delle forze naturali (secondo quanto esposto in precedenza, quindi per mettere in evidenza gli aspetti della Force Dynamic Gestalt), è auspicabile l'utilizzo di attività didattiche che, integrandosi con la narrazione della storia, permettano di discuterne i contenuti, mettendoli in relazione con le conoscenze dei bambini e con la loro esperienza. A titolo di esempio si presenta una storia corredata di attività utili sia per ampliare le conoscenze possedute sia per formalizzarle tramite un processo sequenziale: analisi delle idee che emergono dalle attività, riconoscimento di alcuni *image schema*, esplicitazione di analogie presenti in diversi contesti naturali.

Fra i tipi di *attività* possibili segnaliamo le seguenti.

- *Discussione*. Essa è utile innanzitutto per descrivere e chiarire quanto avviene nella storia; inoltre può favorire la formulazione di ipotesi espresse attraverso il linguaggio naturale. La discussione guidata dall'insegnante può essere svolta a grande o a piccolo gruppo, prevedendo

un momento di confronto finale. Le domande proposte mirano a fare emergere l'esperienza dei bambini: l'insegnante non dovrà tanto tendere ad arrivare alla risposta «giusta» quanto, piuttosto, ad affrontare correttamente, anche linguisticamente, il problema posto, formulando ipotesi e cercando il modo di verificarle.

- *Giochi di ruolo con ambientazione.* In questo tipo di attività i bambini provano in prima persona, con il proprio corpo, alcune situazioni. I giochi sono basati su situazioni reali, con cui i bambini hanno familiarità. Il gioco costituisce un'esperienza coinvolgente alla quale l'insegnante potrà fare riferimento per le successive attività. L'insegnante può utilizzare l'esperienza vissuta durante il gioco per fare analogie con altri contesti.
- *Giochi rappresentativi con regole.* L'insegnante propone un gioco consistente in alcune regole che ne consentono lo svolgimento. Le regole e gli elementi del gioco costituiscono la rappresentazione astratta di fenomeni, di oggetti e relazioni reali. L'insegnante potrà richiamare il gioco per spiegare un'esperienza, evidenziando la corrispondenza delle regole e degli elementi del gioco con i fenomeni e gli oggetti dell'esperienza stessa. Con i ragazzi più grandi si potranno poi discutere gli elementi di analogia fra diversi contesti accomunati dallo stesso gioco rappresentativo, arrivando eventualmente a costruire un modello generale.
- *Rappresentazioni iconiche.* Il disegno e le diverse modalità di rappresentazione grafica (disegni reali, rappresentazioni schematiche, grafici, mappe, ecc.) costituiscono un'evoluzione del linguaggio naturale, che i bambini imparano via via a utilizzare per descrivere e rappresentare la realtà che li circonda. Questi modi di rappresentazione si affiancano al linguaggio naturale,

lo integrano e ne aumentano l'efficacia. I bambini utilizzeranno tali modalità in primis come fruitori, diventando poi, con il tempo, capaci di impiegarli autonomamente.

- **Esperimento.** È un'esperienza in cui il bambino si coinvolge direttamente con materiali e situazioni reali, selezionati allo scopo di fare emergere gli aspetti fondamentali di un fenomeno oggetto di studio. L'esperimento può essere utile anche per riprendere esperienze già note ai bambini. L'esperimento non serve per verificare una regola nota e non deve arrivare a tutti i costi al risultato previsto; ha piuttosto lo scopo di stimolare una riflessione e fornire una base di conoscenza per le discussioni e le rappresentazioni iconiche.

Esempi di segmenti di percorso

Per la classe seconda, il progetto propone due storie: "Una storia estiva", scritta da Hans Fuchs (Corni, 2013) e la storia "Luca ed Anna - di ritorno dalle vacanze".

Gli obiettivi generali di "Una storia estiva" riguardano l'identificazione del calore, utilizzando la metafora dalla sostanza fluida (aspetto di *quantità* della FDG), con caratteristiche di *intensità* (temperatura) e di *forza/potere* (effetti combinati di quantità e intensità del calore).

Nel primo episodio l'obiettivo è quello di identificare e nominare alcune polarità (caldo/freddo; asciutto/bagnato; salutare/dannoso) e i cambiamenti che avvengono nell'ambiente.

La discussione guidata dall'insegnante è volta all'identificazione dei cambiamenti visibili fra l'inverno e l'estate nell'ambiente in cui i bambini vivono, in particolare: la durata delle giornate; l'altezza del sole nel cielo a mezzogiorno e di conseguenza la dimensione delle ombre; il secco dell'asfalto; i fiori e l'erba nei prati; i frutti che maturano.

Un secondo tema riguarda la differenza fra cibi «buoni», cioè commestibili e salutari come la frutta, e cibi «cattivi», come certi funghi che possono essere velenosi. Infine si cerca di individuare l'agente che fa cambiare le cose, in questo caso il calore. Questi aspetti sono adatti per essere discussi con domande come quelle proposte o altre che l'insegnante può adattare alla situazione: ad esempio potrebbe chiedere ai bambini dove sono stati in vacanza e quali differenze hanno notato rispetto all'ambiente in cui vivono normalmente, oppure potrebbe contestualizzare le domande rispetto alla classe, chiedendo com'è ora il sole, o come si presentano gli alberi del giardino, ecc.

Il gioco di ruolo mira a identificare il calore come un personaggio che ha un potere. Nel gioco ha il potere di fare paura ai bambini, mentre nella realtà ha il potere di fare altre cose. Con i bambini più grandi, a questo gioco si potrebbe far seguire una discussione su tali analogie. La numerosità della squadra del «gran caldone», che pian piano aumenta, è indice della sua «forza»: quanto più la squadra è numerosa, tanto più diventa forte e tanto più può catturare giocatori della squadra avversaria.

Anna e Luca sono gemelli. È giugno, hanno appena finito la prima elementare e non vedono l'ora di godersi le vacanze. Ai bambini piace molto l'estate perché possono giocare all'aperto e le giornate sono lunghe e luminose. Il sole a mezzogiorno è alto nel cielo, quasi sopra alla testa, e i bambini per trovare l'ombra degli alberi devono mettersi proprio sotto ai rami e alle foglie, vicino al tronco. Il suolo del bosco è ancora umido per le abbondanti piogge primaverili, mentre l'asfalto delle strade è già secco. Nel bosco sono spuntati tanti fiori fra i sassi e l'erba verde tra i tronchi d'albero caduti durante l'inverno per il peso della neve. I funghi cominciano a nascere qua e là, ma i bambini sanno che non devono nemmeno toccarli, perché possono essere velenosi e quindi fare molto male. Sugli alberi invece si cominciano a vedere i primi frutti che stanno maturando. I frutti

come le ciliegie, le pesche e le pere piacciono molto ai bambini: la mamma è contenta che li mangino, perché fanno molto bene. Anna e Luca si immaginano quante belle giornate li aspettano e la sera vanno a letto e si addormentano con tanti bei pensieri.

Discussione: quali sono le differenze fra l'inverno e l'estate? Elenca e discuti le cose che cambiano fra l'inverno e l'estate. Che cosa le fa cambiare?

Gioco di ruolo con ambientazione

Un bambino da un lato della palestra dice ad alta voce agli altri bambini sul lato opposto: «Chi ha paura del gran caldone?». Poi, correndo verso il fondo della palestra, cerca di toccare gli altri bambini, che devono attraversare la palestra e raggiungere l'altro lato cercando di non farsi toccare. Chi è toccato va a far parte della squadra del «gran caldone» (che in questo modo diventa sempre più numerosa). Il gioco si ripete fino a che tutti i bambini non sono catturati.

Disegno

Disegna nella parte sinistra del foglio i cibi che fanno bene e dalla parte destra quelli che fanno male. Ci sono cibi che stanno nel mezzo? Ci sono dei cibi che non sai collocare?

Nella storia "Luca ed Anna - di ritorno dalle vacanze", oltre ai tipi di attività già presenti nel primo, si introducono gli esperimenti, che sono fondamentali per l'apprendimento delle scienze, in quanto permettono di allargare la base delle conoscenze dei bambini. Le attività sperimentali, ancora più che le altre attività proposte, sono presentate in una forma sintetica, in quanto l'insegnante è chiamato a personalizzarle per farle corrispondere alle esigenze didattiche specifiche della classe con cui si trova a operare.

La prima parte della storia introduce alcune polarità (veloce/ lento, caldo/freddo, salato/insipido) e richiama l'idea

di quantità di sostanza liquida, che si determina a partire dalla forma del suo contenitore (bicchiere).

L'esperimento serve per richiamare l'idea di quantità, che non dipende soltanto dal livello raggiunto nel contenitore, ma anche dalla sezione del bicchiere. Questo concetto può essere già chiaro in bambini di seconda e terza di scuola primaria e quindi può essere soltanto richiamato, senza necessariamente richiedere un'attività sperimentale. L'attività di misurazione e confronto delle quantità di acqua contenute nei bicchieri può essere svolta a livelli diversi di dettaglio, introducendo eventualmente opportune unità di misura, anche se ciò non è necessario.

Luca e Anna vanno a trovare la loro amica Eleonora per raccontarsi che cosa hanno fatto durante le vacanze estive.

Mentre aspettano che la mamma prepari la merenda raccontano le vacanze trascorse.

Luca comincia: «In montagna, abbiamo visto un ruscello che scendeva veloce».

Eleonora: «Più veloce del fiume che passa vicino alla nostra scuola? Io invece ho fatto il bagno nell'acqua calda del mare e nell'acqua fredda del lago in montagna!».

Anna: «C'è un'altra differenza: il mare è salato, il lago è dolce». Luca: «Si dice insipida! Piuttosto, il tè che sta arrivando è dolce!».

Arriva la mamma di Eleonora con tre bicchieri di tè freddo. I bicchieri sono tutti diversi: uno basso e largo, uno alto e stretto e uno panciuto. Luca, che vuole avere più tè, prende subito il bicchiere più alto. «Ne vogliamo anche noi tanto quanto ne hai tu!» dicono subito le bimbe. Eleonora prende il bicchiere panciuto e ad Anna rimane quello basso e largo.

Discussione: chi ha più tè e chi ne ha di meno? Come fai a dire in quale bicchiere ce n'è di più?

Disegno

Disegna i tre amici che fanno merenda.

Discussione

Racconta ai tuoi compagni le tue esperienze estive.

L'insegnante aiuta i bambini a far emergere le polarità nei racconti delle loro vacanze. Possibili polarità sono: alto/basso; pianura/montagna; freddo/caldo; soleggiato/piovoso; deserto/affollato, ecc.

Esperimento

Insieme ai tuoi compagni determina in quale bicchiere c'è più acqua.

L'insegnante prepara tre bicchieri come nella storia: quello largo e basso e quello panciuto contengono la stessa quantità di acqua, che quindi raggiunge livelli diversi; quello più alto contiene una minor quantità di acqua, ma il suo livello è il più alto. Sulla cattedra ci sono anche diversi contenitori di diverse dimensioni (bicchieri, tazzine da caffè, caraffe, tegamini, cilindri ecc.). L'insegnante aiuta i bambini a decidere le prove da fare.

I percorsi di formazione degli insegnanti

Una parte fondamentale del progetto "Piccoli scienziati" è la formazione degli insegnanti, che può essere seguita dalla sperimentazione delle attività in classe, con o senza la presenza di un esperto esterno, ma sempre con il supporto dei ricercatori, sia per la fase progettuale, sia per la valutazione, in itinere e finale. Per questi aspetti di coinvolgimento stretto fra ricercatori e insegnanti il progetto assume le caratteristiche della ricerca-azione.

La prima fase prevede la formazione degli insegnanti, sia sugli specifici contenuti disciplinari fondamentali del progetto, sia dal punto di vista metodologico. I contenuti vengono trattati in sequenza, a partire dai presupposti teorici esposti in sintesi in questo contributo, che nelle attività formative vengono trattati nel dettaglio, con metodologie didattiche frontali e a grande gruppo (con discussioni ed esempi tratti dalla vita quotidiana), ma soprattutto con modalità laboratoriali a piccolo gruppo, grazie alle quali

gli insegnanti possono sperimentare in prima persona i percorsi didattici che svolgeranno poi in classe. In questa fase gli insegnanti possono interagire con i colleghi più “esperti”, cioè coloro che hanno già svolto le attività negli anni precedenti, che possono fornire utili indicazioni pratiche e operative contestualizzate nella specifica scuola di appartenenza. Gli insegnanti delle classi successive sono incoraggiati a partecipare ai percorsi formativi sui contenuti delle classi precedenti, e viceversa. Da questo scambio proficuo gli insegnanti si abituano a collaborare nella progettazione delle attività, prassi utile anche al di fuori dei percorsi oggetto dell'attività formativa.

La fase successiva prevede l'affiancamento degli insegnanti nella progettazione delle attività: scelta dei percorsi, collocazione all'interno della programmazione della classe, integrazione con gli altri argomenti da trattare o già trattati. In questa fase gli insegnanti più “esperti” suggeriscono, a partire dalla loro esperienza precedente, utili accorgimenti e adattamenti.

Durante la fase di svolgimento delle attività in classe possono essere presenti gli esperti esterni, anche se non è necessario. Il ruolo degli esperti è invece fondamentale nella messa a punto di strumenti di valutazione e come supporto alle attività di progettazione: l'insegnante può rivolgersi all'esperto ponendogli dubbi e domande che nascono durante lo svolgimento delle attività in classe. Anche le domande dei bambini possono essere rivolte agli esperti, che rispondono nel merito delle questioni sollevate.

Durante le fasi di progettazione e svolgimento delle attività in classe gli insegnanti possono essere affiancati da studenti del corso di laurea magistrale in Scienze della Formazione Primaria che svolgono l'attività di tirocinio a scuola. Tali studenti sono stati formati all'interno

del percorso universitario e hanno quindi familiarità con il framework teorico di riferimento e con gli aspetti metodologici del progetto “Piccoli scienziati”. La formazione universitaria in ambito scientifico, per questi insegnanti in prima formazione, è infatti curata dagli stessi docenti universitari che promuovono il progetto “Piccoli scienziati”, assicurando in tal modo un’ottimale integrazione con le attività del tirocinio. Per diversi studenti l’attività di tirocinio sfocia nella stesura della tesi di laurea, costituendo così un’occasione di approfondimento ulteriore che porta ad un arricchimento da parte di tutti i soggetti coinvolti. Durante il tirocinio gli studenti hanno la possibilità di sperimentare concretamente ciò che hanno studiato e sperimentato in situazione di formazione (quindi in attività laboratoriali svolte all’interno dell’università), di partecipare alla fase di formazione degli insegnanti e alla progettazione delle attività in classe e di vedere l’applicazione concreta in un contesto scolastico delle idee che hanno approfondito sul piano teorico. Le insegnanti che partecipano al progetto hanno la possibilità di confrontarsi con “futuri colleghi”, certamente meno esperti dal punto di vista della progettazione e della gestione, ma con una conoscenza approfondita dei principi teorici che stanno alla base del progetto, fornendo in cambio idee e suggerimenti che derivano da un punto di vista più calato nella situazione concreta della classe. I ricercatori universitari si relazionano e comunicano con ciascun *team* composto da uno o più insegnanti e da un tirocinante, offrendo e ricevendo da entrambi indicazioni utili per il miglioramento delle attività proposte.

La valutazione avviene soprattutto grazie all’osservazione e all’analisi dei materiali realizzati dai bambini durante le attività, mentre la valutazione strutturata su specifici aspetti contenutistici assume un ruolo secondario, in

quanto gli obiettivi del progetto non sono solamente le conoscenze di nuovi elementi (definizioni, ecc.), ma piuttosto lo sviluppo di concettualizzazioni di base, la competenza nell'uso del linguaggio, appropriato all'età, per descrivere e interpretare i fenomeni, e la padronanza di alcune modalità operative (es. il cosiddetto "metodo scientifico" con la formulazione delle ipotesi e la loro verifica).

Bibliografia

- Corni, F. (2013). *Le scienze nella prima educazione. Un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*. (F. Corni, Ed.). Trento: Centro Studi Erickson.
- Croft, W., Cruse, D.A. (2004). *Cognitive Linguistics*. Cambridge UK: Cambridge UP.
- Egan, K. (2012). *La comprensione multipla. Sviluppare una mente somatica, mitica, romantica, filosofica e ironica*. Trento: Erickson.
- Evans, V., Green, M. (2006). *Cognitive Linguistics. An Introduction*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Hampe, B. (2005). *From Perception to Meaning. Image Schemas in Cognitive Linguistics*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Johnson, M. (1987). *The Body in the Mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things*. Chicago Ill: University of Chicago Press.

Contributi

SPERIMENTAZIONE E NARRAZIONE NELL'APPRENDIMENTO SCIENTIFICO ALLA SCUOLA DELL'INFANZIA

Sandra Ramelli

Scuola dell'Infanzia di Minusio, Canton Ticino, Svizzera

Tommaso Corridoni

Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana, Dipartimento Formazione e Apprendimento, Locarno, Svizzera

Abstract

Questo lavoro ha analizzato e confrontato l'evoluzione del pensiero scientifico dei bambini di scuola dell'infanzia (SI) sul tema dello sviluppo del baco da seta a seguito di due tipi di intervento didattico: *la sperimentazione* (allevamento in sezione) e *la narrazione* (racconto). Entrambi gli interventi, svolti in SI distinte, hanno coinvolto i bambini sia affettivamente sia cognitivamente, favorendo la riorganizzazione del pensiero a seguito di de/stabilizzazioni delle loro concezioni individuali in modelli condivisi, adatti a descrivere quanto scoperto con l'osservazione dell'allevamento o l'interpretazione del racconto. Avendo costruito una *storia* che aprisse gli stessi interrogativi osservati nella *sperimentazione*, o sostenuto i bambini nell'osservazione nel tempo di variabili da loro selezionate, i *modelli* costruiti nei due interventi sono risultati analoghi. Il loro *processo* di costruzione si è invece basato su processi mentali prevalentemente *analogici* nella sperimentazione, *logici* nella narrazione. L'incontro finale delle due sezioni

ha permesso la discussione delle differenze riportate dai modelli. Questo lavoro dimostra che sia la sperimentazione sia la narrazione rappresentano metodologie didattiche efficaci nel permettere ai bambini di SI di costruire attivamente scienza, ma suggerisce di combinarle per rendere l'esperienza scientifica del bambino più varia e completa.

1. Il Pensiero scientifico del bambino di scuola dell'Infanzia (PSBSI): quali attività per quale evoluzione?

L'intelligente complessità del PSBSI: quale evoluzione, e come ottenerla?

Come suggerito già per bambini da 0 a 3 anni (Goldschmied & Jackson, 2010), anche i bambini della SI sono *persone da 3 a 6 anni*, almeno per quel che riguarda l'apprendimento scientifico: sebbene la loro interpretazione del mondo sia basata su *concezioni* (Coquidé-Cantor & Giordan, 2002), idee instabili passibili di evoluzione mediante processi di apprendimento cognitivi, emotivi, affettivi e socio-culturali (Roletto, 2005), un'analisi approfondita proprio di questi processi dimostra come siano *precursori* (quando non repliche) di quelli di un adulto (Corridoni & Giugni, 2013). Nell'Educazione Scientifica (ES) è in particolare frequente riconoscere casi in cui le correlazioni fra processi di apprendimento *analogici*, suggeriti dalla percezione, e *logici*, tradotti o mediati dalla formalizzazione linguistica (Hanson, 1978), portino alla costruzione/richiamo di *image schema* come *sostanza*, *intensità*, *polarità*, propri di una conoscenza metaforica del mondo comune a bambini e adulti (Corni, 2013). Si considerino ad esempio frasi prese da una discussione sulla neve (Fig. 1):

- *Ma se è acqua, perché la chiami neve? (4 anni, alla domanda: ma c'è acqua... è acqua?)*
- *Se (nel bicchiere) c'è tanta acqua vince, se c'è tanta neve vince (la neve) (5 anni)*
- *Per fare (la fusione) ci vuole la luce (4 anni: mette il bicchiere di neve sotto il neon)*

Il processo di fusione della neve è *visto come* (analogia) un combattimento fra acqua e neve o fra neve e luce (*vista come* luce/caldo, ossia Sole): prima si riconoscono le *sostanze* (cui si assegnano *nomi* per distinguerle), poi si intende la *quantità* (tanto/poco) come *intensità* (più/meno), identificando quindi la causa della fusione in una *polarità*. Il “*vedere come*” analogico si accompagna tuttavia a un “*vedere che*” logico tutte le volte che, mediante un linguaggio, il bambino assegna gradi di verità *vero/falso*: dà nomi a sostanze e processi (*vede che* è *neve*, non *acqua*; osserva la *fusione*), fa ipotesi (in presenza di acqua, *aut* luce, caldo), sperimenta e comunica i risultati con *frasi vere o false* (*vede che* fonde/non fonde, Fig. 1).



Figura 1. La fusione della neve è *vista come* un suo combattimento con acqua/luce/caldo; la verifica di queste ipotesi analogiche porta ad esperimenti che daranno il risultato logico di *vedere che* sono vere/false: tanta neve (sinistra), ci vuole il caldo (centro) o la luce (destra).

Innumerevoli altri esempi aggiungono a queste modalità *cognitive* di interpretazione ana/logica i più delicati aspetti emotivi, affettivi, culturali, dimostrando come il PSBSI sia *molto complesso perché molto intelligente*, capace cioè di costruire reti concettuali collegando indiscriminatamente *image schema* e suggestioni emotive/percettive, espresse poi in lingua:

- *Il sole e la pioggia vogliono venire tutt'e due: si mettono d'accordo e fanno l'arcobaleno* (polarità, in analogia con conflittualità in famiglia);
- La libertà dell'uccello: lui vuole stare in gabbia? Sì, vuole la sua mamma. Anche voi ci tenete qui (a scuola) (analogia fra essere contenuti ed essere protetti, a scuola/casa: con l'adolescenza la gabbia non sarà più così metaforica...);
- *La chiocciola è uscita di casa* (analogia: chiocciola/ con guscio, lumaca/senza);
- *C'è la chiocciola, la lumaca e il nerch* (la parola in dialetto è un'altra specie);
- *Il vento lo fanno le foglie che si muovono* (è causa ciò che è visibile: la logica cade).

Di fronte a tutto questo, il docente di SI riconosce l'importanza e la delicatezza del suo compito: *in quali direzioni potrebbe evolvere il PSBSI? Quali esperienze scientifiche, svolte in quali modalità, si prestano a questa evoluzione?*

In un precedente lavoro (Corridoni & Canonica Foletta, 2014) si è risposto qualitativamente alla prima domanda: le concezioni dovrebbero evolvere per *ridescrizione rappresentazionale* (Karmiloff-Smith, 1995) selezionandosi in *modelli* (Astolfi, 2006), concezioni più stabili di quelle di partenza perché rispondono ai conflitti cognitivi esperienziali *condivisi* dal gruppo. In questo lavoro si vuole discutere quindi il secondo problema: *come fare?*

Nella SI ticinese sono diffusi principalmente due tipi di attività di ES: la *sperimentazione* e la *narrazione* (DECS, 2000). Nel primo caso il bambino viene accompagnato in esperienze controllate ma comunque complesse, perché ricche di stimoli ana-logici che mettendolo davanti a situazioni problema *nuove e inaspettate* innescano e favoriscono sia la nascita di più concezioni parallele (vedi i diversi avversari della neve...), sia la loro selezione mediante il confronto con la realtà empirica, le relazioni causa-effetto ed il conflitto socio-cognitivo. Nel secondo, molto dipende invece dalla scelta/costruzione della storia, dal come viene raccontata e dalle modalità/dinamiche di discussione fra i bambini: una storia non è una rete complessa, ma un suo solo filo, magari complicato perché aggrovigliato ma unidimensionale, e anche se è scoperta mentre viene raccontata, il bambino sa che è *data*, e non si aspetta quindi situazioni problema *aperte* innescate dal confronto con il reale, ma conferme della sua esperienza di vita, soprattutto affettiva ed emotiva. La precedente seconda domanda, cui questo lavoro vuole rispondere, si traduce dunque nella seguente: *il/la docente può costruire una storia che, introducendo elementi nuovi ed inaspettati, stimoli nei bambini una riorganizzazione di ciò che hanno già costruito confrontabile, in termini di apprendimento, a quella che si ottiene mediante una sperimentazione?*



Figura 2. Costruzione della storia in base alle situazioni problema. Una muta: fotografia a sinistra, osservazione nell'allevamento sperimentale; a destra, figura della storia costruita, con elementi, forme, colori analoghi. Si noti invece l'occhio, diverso per chiare ragioni *emotive*.

2. Sperimentazione e narrazione a confronto nell'allevamento di bachi da seta

2.1 Due itinerari sul baco da seta in due sezioni di SI

Per rispondere alla domanda di ricerca, si sono scelte due sezioni di SI: in una si è portata avanti una sperimentazione, nell'altra si è narrata una storia che raccontasse quanto sarebbe accaduto nella sperimentazione *senza svolgerla*. Più precisamente, è stato innanzi tutto scelto un tema di ES opportuno, selezionando l'allevamento del baco da seta per le seguenti ragioni:

- un allevamento attrae i bambini sia per la presenza di esseri viventi (Piaget, 1966), sia per la sua natura di *processo* sotto la responsabilità del bambino, innescando un coinvolgimento sia cognitivo che emotivo (Gambini et al., 2006);
- la concezione circolare del tempo nel bambino di SI favorisce il riconoscimento di processi ciclici come la metamorfosi (Sandri, 2008);
- oltre che tradizionale in Ticino (Ballerini, 1977), l'allevamento dei bachi è relativamente semplice da realizzare (Pretto, 2001) e si sviluppa su tempi opportuni per la scuola.

Successivamente S. Ramelli ha costruito una storia, "Gino il baco", realizzando un allevamento sperimentale (non mostrato ai bambini) rilevandovi giorno dopo giorno le situazioni problema che un bambino di 5I avrebbe potuto reputare interessanti: Gino nasce da un uovo, cresce, prova diversi alimenti, fa diverse mute, fa il bozzolo, ha una metamorfosi, incontra un'amica... La storia narra capitolo dopo capitolo queste situazioni nell'ordine in cui sarebbero osservabili, lasciando però aperte le ipotesi sulle loro cause e conseguenze (Fig. 2).

Nelle due sezioni, si sono infine progettate e realizzate le attività riportate in Tab. 1. Le discussioni effettuate prima o dopo un'osservazione o un capitolo del racconto sono state registrate, trascritte e analizzate mettendo in evidenza l'evoluzione delle concezioni dei bambini mediante mappe concettuali, lavoro svolto anche sui disegni (Fig. 3). Al termine dei due itinerari, per chiare ragioni pedagogiche, le due sezioni sono state fatte incontrare per condividere le esperienze e valutare l'interesse a scambiarsi i ruoli.

Intervento sperimentale	Intervento narrativo
<i>Raccolta concezioni iniziali: bruchi e farfalle</i>	
<i>Osservazione delle uova e nascita dei bruchi</i>	<i>Ascolto della narrazione: la nascita dei bruchi dalle uova. L'alimentazione</i>
<i>Ipotesi e prove sull'alimentazione dei bachi</i>	
<i>Osservazione delle 5 mute dei bruchi</i>	<i>Ascolto della narrazione sulle mute</i>
<i>Osservazione della costruzione dei bozzoli</i>	<i>Ascolto della narrazione della costruzione dei bozzoli</i>
<i>Osservazione delle farfalle, del loro comportamento e dell'accoppiamento</i>	<i>Ascolto della narrazione sull'incontro fra le farfalle e sulla deposizione delle uova</i>
<i>Osservazione delle uova: deposizione</i>	
<i>Discussione del ciclo vitale e concezioni finali</i>	
<i>Incontro delle sezioni</i>	

Tabella 1. Gli interventi nei due itinerari paralleli

Nella lista delle attività si nota l'assenza di ogni riferimento al baco come produttore della seta. Ciò avrebbe infatti richiesto un vasto studio non solo del PSBSI, ma del molto più complesso *pensiero sostenibile del bambino*, da trattare in un itinerario di Educazione allo Sviluppo Sostenibile che affrontasse aspetti critici per la SI, come lo sfruttamento dell'animale in un processo produttivo proprio di una cultura locale. Lavori di questo tipo sono stati svolti in contesti molto diversi dal nostro, per cultura e pedagogia (Osama & Izumi, 2008); nelle nostre sezioni abbiamo preferito quindi limitarci agli aspetti scientifici e narrativi, scegliendo il baco per la spettacolarità della crescita, delle mute, del bozzolo (per altre specie, si veda Gambini et al. 2006).

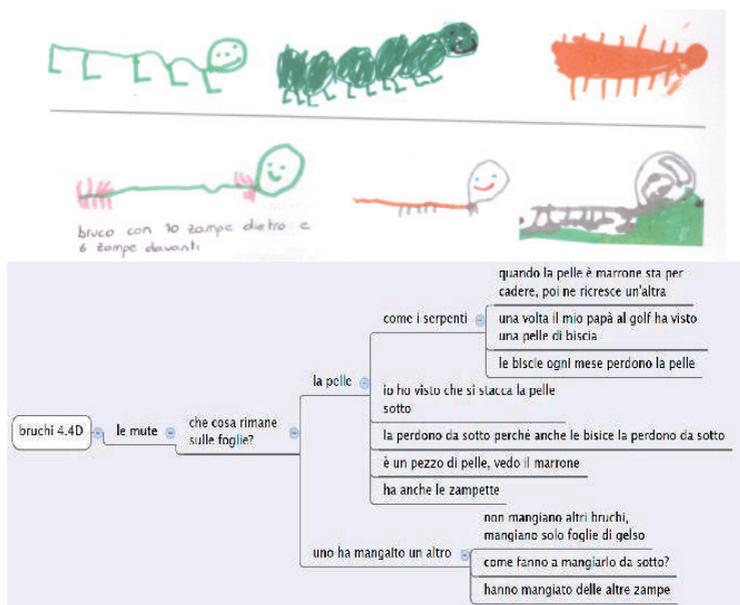


Figura 3. Ridescrizione rappresentazionale. Sopra: cambiamenti in forma, colore, numero delle zampe nei bruchi disegnati prima (alto) e dopo (basso) aver solo ascoltato la storia. Sotto: mappa delle idee dei bambini dopo aver osservato diverse mute nell'allevamento sperimentale.

2.2 Narrazione/sperimentazione: stessi apprendimenti? *Una risposta qualitativa*

Lo studio dettagliato dell'evoluzione degli apprendimenti dei bambini nelle due sezioni comporterebbe la presentazione di troppi materiali. In questo lavoro interessa prioritariamente dare una prima interpretazione del se e del *perché* gli itinerari sperimentale e narrativo abbiano portato ad apprendimenti *confrontabili*. Ebbene, dal punto di vista motivazionale, entrambi i percorsi hanno coinvolto molto i bambini (Figg. 3, 4), permettendo di osservare in entrambe le sezioni l'evoluzione del PSBSI da concezioni personali ed instabili a modelli condivisi e stabili (Corridoni & Canonica Foletta, 2014). In particolare, entrambe le sezioni hanno selezionato il modello ciclico *uovo-bruco-bozzolo-farfalla-uovo*, come rilevato dalle discussioni e soprattutto dalla capacità dei bambini di *richiamarlo* per chiedere conferme, spiegare fasi della sperimentazione e condividere interpretazioni durante l'incontro finale delle sezioni. *La differenza negli apprendimenti delle due sezioni, come auspicabile, non è stata dunque nel prodotto ma nel processo di costru/sele-zione del modello*. Sebbene narrazione e osservazione abbiano aperto gli stessi interrogativi, l'immersione del bambino nella complessità della sperimentazione ha innescato infatti processi di apprendimento simili a quelli descritti circa la fusione della neve: in presenza di stimoli percettivi prevalentemente analogici (vedere come), conoscendo il punto di partenza del fenomeno osservato (realtà) ma non quello di arrivo, i bambini sono stati stimolati a ipotizzare in modo divergente per poi selezionare interpretazioni con una logica dettata dall'esperimento (vedere che). Nel percorso narrativo invece, il bambino è risultato più stimolato ad interpretare un fatto con inizio e fine, dato per "vero" e quindi logico.

L'aspetto interessante è tuttavia che per ipotizzare spiegazioni delle informazioni fornite dal racconto, i bambini hanno potuto ricorrere solo alla propria esperienza personale, richiamata per analogia, non per logica. In sostanza, il percorso sperimentale/analogico ha innescato processi logici, quello narrativo/logico processi analogici, da cui lo stesso prodotto (modello) ma processi d'apprendimento diversi.



Figura 4. In alto e in basso a sinistra, osservazioni nella sperimentazione; in basso a destra, le due sezioni si incontrano: l'allevamento con le farfalle è sommerso dai bambini, che confrontano assieme i fatti e la storia.

Pur avendo costruito la storia *sulla base di situazioni problema reali*, va ovviamente sottolineato come gli autori avessero pensato già in fase di progettazione alla forte asimmetria, in termini di stimoli esterni, dei due itinerari (non a caso le due sezioni al termine sono state fatte incontrare): la docente che ha portato avanti entrambi i percorsi (S. Ramelli) sapeva di dover sostenere i bambini nella sperimentazione e stimolarli/ascoltarli nella discussione, ma di dover *sempre sostenere e stimolare al contempo* la sezione che ascoltava la storia, sia nel racconto, sia nella discussione.

Sebbene il risultato importante sia stato che processi logici abbiano acceso processi analogici e viceversa con entrambi i metodi, l'esito della sperimentazione portata avanti da due docenti diverse non coordinate sarebbe potuto essere diverso. Ad esempio, le due sezioni avrebbero potuto non riconoscersi vicendevolmente nello stesso modello ciclico, magari scontrandosi sulla successione delle fasi perché non elaborate, discusse, riconosciute e condivise nello stesso modo nei due gruppi; oppure perché la storia, per costruzione o narrazione, sarebbe potuta risultare più stimolante dal punto di vista emotivo: i disegni dei bruchi in Fig. 3, con occhi e sorriso, richiamano molto il disegno di Fig. 2, nel quale il "viso" di Gino è antropomorfo per avvicinarsi alle favole più note ed amate sul tema (Carle, 2014).

Gli autori ritengono pertanto che la migliore soluzione per l'apprendimento significativo in ES, pedagogicamente parlando, sia *integrare* le modalità sperimentale e narrativa, magari costruendo la storia con i bambini mano a mano che la sperimentazione prosegue, andando a sviluppare competenze cognitive così come socio-affettive e quindi un'esperienza più variegata e completa.

3. Conclusioni

In conclusione, pur non discutendo i dettagli dei processi di ridescrizione rappresentazionale innescati nei bambini da una sperimentazione e una narrazione sull'allevamento del baco da seta in due sezioni di SI, in questo lavoro si è discusso qualitativamente in che senso sperimentazione e narrazione possano intendersi situazioni didattiche ugualmente efficaci per l'evoluzione del pensiero scientifico da concezioni personali a modelli stabili e condivisi: *entrambi stimolano nei bambini la/il costruzione/riconoscimento, nell'esperienza in atto/pregressa, di schemi di pensiero analogici il cui grado di verità viene comunque provato mediante processi logici di, rispettivamente, sperimentazione diretta/interpretazione delle informazioni date da osservazione/testo*. I modelli selezionati sono gli stessi, i processi di apprendimento sono invece differenti e certamente legati alla consapevolezza del/la docente nel portare avanti gli interventi in uno o l'altro modo. Gli autori ritengono che la migliore soluzione pedagogica sia combinare sperimentazione e narrazione, per rendere completa l'esperienza cognitiva così come affettiva ed emotiva del bambino.

Un quesito aperto a nuove sperimentazioni è se quanto osservato sia replicabile in sperimentazioni *su altri temi*, ossia se la concatenazione fra processi analogici sia caratteristica dell'apprendimento scientifico del bambino di SI a parità di docente e didattica. La relazione fra *image schema* (immagini mentali analogiche) e costruzione del linguaggio (formale, logico) suggerita dalla linguistica cognitiva (Corni, 2013) lascia pensare che sia così. Ma solo prendendo molto sul serio le persone da 3 a 6 anni, impegnandole in altre sperimentazioni, si potranno fornirne prove sufficienti.

Ringraziamenti

Questo lavoro non sarebbe stato possibile senza la preziosa collaborazione di Odile Pedrolì-Conrad, Gilda Micheletti e Renata Nalli, titolari delle sezioni di SI coinvolte; delle suore benedettine del Monastero di S. Hildegardis, Orselina, per aver fornito le uova di baco da seta; di Yuki Tomonaga e Cornelia Soldati per la collaborazione nella realizzazione delle immagini della narrazione.

Bibliografia

- Astolfi, J.P. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences? Clés pour renouveler l'enseignement scientifique* (3^e éd.). Paris: Retz.
- Ballerini, E., allievi della 4^o classe elementare di Arzo (1977). *Il baco da seta: intervista con la nostra gente*. Bellinzona: Centro Didattico Cantonale.
- Carle, E. (2014). *Il piccolo bruco mai sazio*. Mondadori.
- Coquidé-Cantor, M., Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique à l'école maternelle*. Paris: Delagrave.
- Corni, F. (2013). *Force dynamic gestalt, image schema e concetti scientifici*, in *Le scienze nella prima educazione* - a cura di F. Corni. Trento: Erikson.
- Corridoni, T., Canonica Foletta, P. (2014). *Piante, alberi e patate. Concezioni e modelli di pianta in una scuola dell'infanzia*, Proceedings del 2^o congresso: *Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria e dell'infanzia: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche*, a cura di F. Corni e T. Altiero. 257-269, ISBN 9788897683414. Mantova: Ed. Universitas Studiorum.
- Corridoni, T., Giugni, M. (2013). *The many sides of the moon*, Proceedings del 1^o congresso: *New Perspectives in Science Education*, a cura di Pixel, Via Luigi Lanzi, 12, 50134 Firenze, Italy. 383-387, ISBN 978-88-62-92-351-4. Limena (PD): Libreriauniversitaria.it Edizioni, Webster srl.
- DECS (2000). *Orientamenti programmatici per la scuola*

dell'infanzia. Bellinzona: Divisione della scuola, Ufficio educazione prescolastica.

- Gambini, A., Pezzotti, A., Borgo, V. (2006). *Prime basi per la conoscenza delle relazioni in un ecosistema. Animali e piante in una scuola dell'infanzia*, poster presentato al XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia, Viterbo/Civitavecchia, <<http://www.formazione.unimib.it/DATA/personale/GAMBINI/hotfolder/poster/vanessa.pdf>>.
- Goldschmied, E., Jackson, S. (2010). *Persone da zero a tre anni*, Azzano San Paolo (BG): Edizioni Junior.
- Hanson, N.R. (1978). *I modelli della scoperta scientifica. Ricerca sui fondamenti concettuali della scienza*. (Libero Sosio traduzione). Milano: Feltrinelli. (Libro originale pubblicato nel 1958).
- Karmiloff-Smith, A. (1995). *Oltre la mente modulare. Una prospettiva evolutiva sulla scienza cognitiva*. (Alberto Peruzzi traduzione). Bologna: il Mulino. (Libro originale pubblicato nel 1992).
- Osama Fujii, O., Izumi, C. (2008). *A silkworm is a fascinating insect for children. In The contribution of early childhood education to a sustainable society*, a cura di I. Pramling Samuelsson e Y. Kaga. Paris, UNESCO, pp. 87-92. <<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001593/159355E.pdf>>.
- Piaget, J. (1966). *La rappresentazione del mondo nel fanciullo*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Pretto, G. (2001). *Vita col baco da seta: dal seme alla matassa*. Verona: Mazziana.
- Roletto, E. (2005). *La scuola dell'apprendimento. Didatti-*

che disciplinari, modelli e applicazioni operative. Trento: Erickson.

Sandri, P. (2008). *La didattica del tempo convenzionale: riflessioni e percorsi per la scuola dell'infanzia e la scuola primaria.* Milano: Franco Angeli.

MATEMATICA IN SCENA: TRAVESTIMENTI, PERSONAGGI E STORIE ATTRAVERSO I CONCETTI MATEMATICI

Michele Pertichino, Antonella Montone

Dipartimento di Matematica, Università di Bari Aldo Moro

Carmela Fiore

I.C. "De Amicis" Bari

Maria Pagone

I.I.S.S. "De Gemmis" Bitonto (BA)

Abstract

L'obiettivo principale della nostra ricerca sperimentale è stato quello di dare sistematicità alle idee matematiche e non, possedute dai bambini a livello intuitivo, attraverso l'immaginazione, intesa come modo di operare della mente umana. Attraverso i travestimenti e con la forte motivazione della successiva sceneggiatura sono stati costruiti gli strumenti necessari per raggiungere la conquista di alcuni concetti della matematica, quali: la classificazione, il confronto, le relazioni, le corrispondenze. Gli alunni hanno usato algoritmi e procedure, dovendo individuare regole per alcune scelte operative, per ascoltare e farsi ascoltare, evidenziando seppur a livello non totalmente cosciente quanto la Matematica sia un forte strumento per la comunicazione e per comunicare in maniera corretta: infatti i bambini durante tutto questo lavoro hanno condiviso decisioni, strutturato personaggi motivando le scelte, inventato storie da mettere in scena.

La ricerca sperimentale è stata realizzata e pianificata all'interno di un progetto organizzato parallelamente fra la Scuola dell'Infanzia e la Scuola Primaria. Classificare, confrontare, porre in relazione, individuare strategie per affrontare situazioni problematiche, così come le Indicazioni Nazionali propongono, hanno portato ad affrontare il problema della rappresentazione come «tra tre livelli di oggetti: il referente, il significato, il significante» (Bartolini Bussi, 2008).

1. Introduzione

L'importanza di affrontare concetti matematici sin dalla Scuola dell'Infanzia come primo grado di istruzione, per poi proseguire nella Scuola Primaria è ormai enfatizzata dalla ricerca e sottolineata dai documenti della Scuola Italiana da alcuni decenni (fin dai Programmi del '91). Ma una domanda che spesso gli insegnanti pongono è: "Come affrontare didatticamente la Matematica nella scuola dell'infanzia e nei primi anni di Scuola Primaria? E soprattutto Quale matematica?" Le Indicazioni Nazionali (MIUR, 2012) a tal proposito danno suggerimenti al quanto generici. Infatti nel campo di esperienza "Numeri e spazio, fenomeni e viventi" si legge:

I bambini esplorano continuamente la realtà, ma hanno bisogno di imparare a riflettere sulle proprie esperienze descrivendole, rappresentandole, riorganizzandole con diversi criteri. Pongono così le basi per la successiva elaborazione di concetti scientifici e matematici che verranno proposti nella scuola primaria.

Pertanto non si può prescindere dall'utilizzare la fantasia, l'immaginazione e il gioco nell'attività didattica con i bambini dai 3 ai 10 anni, consapevoli del fatto che un pensiero scientifico e in particolare matematico, si for-

ma attraverso la sintesi tra gli elementi su elencati e uno schema scientifico rigoroso (Corni, 2013).

2. L'immaginazione, la fantasia e il gioco

Vari autori hanno definito in modo diverso e comunque estremamente interessante l'immaginazione, la fantasia e il gioco. In particolare ci è sembrato importante prendere in considerazione, per il nostro studio, il pensiero di Vygotskij in relazione all'immaginazione e alla sua attività creatrice e di Rodari per quel che riguarda il gioco.

L'immaginazione costruisce sempre con materiali forniti dalla realtà. È vero che l'immaginazione può raggiungere via via, nel suo processo combinatorio, sempre nuovi livelli, partendo dalla combinazione di elementi primari della realtà, e proseguendo con quella di immagini della fantasia, e così all'infinito. Ma gli elementi ultimi, di cui verrà a comporsi anche la più fantastica delle rappresentazioni, la più remota dalla realtà, saranno sempre e nient'altro che impressioni del mondo reale. (Vygotskij, 2010)

L'attività creatrice dell'immaginazione è in diretta dipendenza dalla ricchezza e varietà della precedente esperienza dell'individuo, per il fatto che questa esperienza è quella che fornisce il materiale di cui si compongono le costruzioni della fantasia. Quanto più ricca sarà l'esperienza dell'individuo, tanto più abbondante sarà il materiale di cui la sua immaginazione potrà disporre. Ecco perché, nel bambino, l'immaginazione è più povera che nell'adulto: la cosa si spiega con la maggiore povertà della sua esperienza. (Vygotskij, 2010)

Inoltre l'immaginazione creativa si manifesta nei giochi. «Il gioco», inteso non come

semplice ricordo delle impressioni vissute, ma una rielaborazione creatrice di quelle, un processo attraverso il quale il bambino combina tra loro i dati dell'esperienza per costruire una nuova realtà, rispondente alle sue curiosità e ai suoi bisogni. Ma appunto perché l'immaginazione costruisce solo con materiali

presi dalla realtà bisogna che il bambino, per nutrire la sua immaginazione e applicarla a compiti adeguati, che ne rafforzino le strutture e ne allarghino gli orizzonti, possa crescere in un ambiente ricco di impulsi e di stimoli, in ogni direzione.” (Rodari, 1973)

3. Metodologia

La ricerca è stata realizzata a fine anno scolastico in una Scuola dell'Infanzia di Bari, in una sezione di 18 bambini di 4 e 5 anni, impiegando circa 3 settimane, e in una classe prima di Scuola Primaria, con 16 alunni provenienti da un ambiente sociale medio-basso, in alcuni casi deprivato, condizione sociale che tuttavia ha favorito alcune osservazioni che hanno permesso di fare il salto da una concretezza marginale ad una razionalità raffinata in coerenza con quanto affermato da Vygotskij e Rodari.

Determinante, per la realizzazione del progetto e per meglio cogliere le differenze che si sono rilevate fra i due ordini di scuola, è stata la scelta del periodo in cui la ricerca è stata attuata, a fine anno scolastico. In tale periodo la maggior parte degli alunni di classe prima aveva già acquisito le abilità di letto-scrittura e l'idea delle “regole” faceva già parte del loro aspetto cognitivo, e nella Scuola dell'Infanzia erano già acquisite le relazioni con il proprio corpo e i riferimenti ad alcune dimensioni spaziali.

Le fasi della sperimentazione sono state realizzate attraverso attività laboratoriali, in cui i bambini sono stati liberi di muoversi in classe, discutere e prendere decisioni in accordo o in contrasto con l'opinione dei compagni.

Attraverso i travestimenti e con la forte motivazione della successiva sceneggiatura sono stati costruiti gli strumenti necessari per raggiungere la conquista di alcuni concetti

della matematica, quali: la classificazione, il confronto, le relazioni, le corrispondenze. Gli alunni hanno usato algoritmi e procedure, dovendo individuare regole per alcune scelte operative, per ascoltare e farsi ascoltare, evidenziando seppur a livello non totalmente cosciente quanto la Matematica sia un forte strumento per la comunicazione e per comunicare in maniera corretta: infatti i bambini durante tutto questo lavoro hanno condiviso decisioni.

4. Dalla scenografia alla sceneggiatura, all'andare in scena

La sperimentazione si è sviluppata attraverso quattro fasi principali non separate tra loro ma sequenziali.

Nella Scuola dell'Infanzia l'attività è stata avviata con l'osservazione e la descrizione di sé allo specchio, rispondendo alle domande: "chi sono?", "chi vorrei essere?".

Le risposte alle due domande hanno evidenziato descrizioni fisiche e fatto riferimento a figure della quotidianità.

Nella scuola Primaria gli alunni sono stati stimolati attraverso osservazioni e confronti a soffermarsi sulle loro caratteristiche fisiche, mettendo in rilievo somiglianze e differenze nell'aspetto fisico e al carattere, ai desideri e ai gusti.

Il lavoro è stato avviato con una prima rappresentazione spaziale attraverso il disegno su un grande foglio da pacco della sagoma del corpo di un bambino:

I bambini in pieno accordo tra loro, dopo averne discusso, hanno individuato una bambina considerandone l'altezza come dimensione di confronto, "perché deve entrare nel foglio". (Figura 1)



Figura 1

Successivamente sono state riconosciute alcune parti del corpo; ogni bambino ha scelto un cartellino su cui era scritta una parte del corpo e l'ha posizionato sulla sagoma. Man mano che l'attività è proseguita i bambini si sono resi conto che stavano completando solo un lato della sagoma, intuendo la "simmetria" del nostro corpo (prima intuizione di un concetto matematico spaziale) e deducendo che ogni parte si ripete identica dall'altra. Pertanto hanno voluto tracciare una linea (asse di simmetria) per delineare le due parti. (Figura 2).



Figura 2

A questo punto è stato possibile proporre ai bambini un primo tentativo di descrizione di se stessi davanti allo specchio; guardandosi allo specchio si sono osservati e descritti. La maggior parte di loro si è mostrata intimorita, solo alcuni sono sembrati compiaciuti e disinvolti non solo davanti allo specchio ma anche nel parlare di sé.

Considerando che per una descrizione più completa di una persona o di un personaggio non sono sufficienti gli aspetti fisici, è stato opportuno parlare anche degli aspetti caratteriali ed emozionali.

Sono stati preparati dei cartellini che riportavano sensazioni fisiche o emotive e per i bambini è stato semplice distinguerle pensando a "ciò che sento con il corpo o con

il cuore”: *senti caldo - sei contento - ti vergogni - hai sete - ti senti triste - sei arrabbiato - hai mal di pancia - ti fanno il solletico - ti senti allegro - sei offeso - sei meravigliato - hai mal di testa...*

Anche nella Scuola Primaria, alle domande “chi sono?”, “chi vorrei essere?” ogni bambino si è riconosciuto in un personaggio che, a differenza della Scuola dell’Infanzia, prende la strada della fantasia, uscendo dalla realtà. Successivamente ciascuno di loro ha avuto la possibilità di descrivere un altro compagno e si è riconosciuto in un personaggio di fantasia. Così Alessandra: «vorrei essere un astronauta così vado sulla luna e trovo oggetti sconosciuti su altri pianeti, li porto a scuola e li possiamo studiare». È evidente la creatività fantastica ancorata alla realtà dichiarata da Vygotskij.

Gaetano: «vorrei essere un alieno per viaggiare in una navicella, andare nello spazio e vedere tutti i pianeti». In questa espressione è chiara la sequenza logico-temporale.

Gli alunni hanno disegnato se stessi, rappresentando graficamente anche l’ambiente nel quale si trova il loro personaggio e gli oggetti che gli appartengono.

L’idea di questo percorso apparentemente o evidentemente estraneo ai concetti matematici precedentemente citati, ha permesso attraverso un’attività che consentiva l’analisi con la propria fisicità e il confronto con la fisicità altrui, di aprire una finestra sulle dimensioni spaziali con cui il bambino si trova a confrontarsi e le rappresentazioni di sé e degli altri. Un’attività legata al corpo, ma che ci è parsa utile a favorire l’emergere del concretizzarsi di idee già presenti nel bambino in conformità, nuovamente, con quanto affermato da Vygotskij.

Siamo entrati nel vivo della scenografia e come accade in ogni ambiente teatrale, interviene il “trovarobe”, che

stimola i bambini a cambiarsi rispetto a quello che “sono” e “vorrei essere”: attraverso alcuni oggetti posso rappresentarmi in maniera diversa e far conoscere di me alcuni pensieri che sono nella mia mente.

I bambini hanno cominciato a familiarizzare con gli oggetti per il travestimento contenuti in un grande pacco scegliendo a turno, un oggetto e spiegando quale l'uso e a quale/i personaggio/i rinviasse.

A turno hanno creato il proprio personaggio e guardandosi allo specchio hanno scelto il nome da dargli, considerando una o più caratteristiche riferite agli oggetti indossati.

Scegliere gli oggetti per travestirsi e costruire personaggi già immaginati ha posto il problema di come facilitare la ricerca in una situazione piuttosto confusa, come quella dello scatolone con oggetti “messi alla rinfusa”. (Figura 3)



Figura 3

Nasce così il problema della sceneggiatura: Cosa si può fare per facilitare la scelta degli oggetti per il travestimento?

Attraverso l'ascolto delle varie proposte e osservazioni si è giunti ad una soluzione da tutti condivisa:

Gaia ha proposto: «Separiamo nello scatolone le cose piccole dalle grandi e se sono molto grandi le pieghiamo».

Alessandra rendendosi conto della possibilità di procurarci altre scatole, ha suggerito di fare una scatola per i cappelli, un'altra con le bacchette, in un'altra i foulard, insomma una scatola per ogni tipo di oggetti.

Tutti hanno accolto la sua proposta preferendola a quella di Gaia, e questo riteniamo sia un fatto importante in quanto ovviamente la classificazione "cose piccole, cose grandi" non è una classificazione accettabile in quanto non da tutti condivisibile.

Questa scelta mette in evidenza una prima intuizione non formale della caratterizzazione degli insiemi. Cominciano poi ad emergere i criteri basilari della classificazione: nelle scatole gli oggetti sono sistemati secondo alcuni criteri di classificazione che permettono di costruire a partire da un insieme più grande insiemi disgiunti: un oggetto sta in una sola scatola e in due scatole distinte non troviamo uno stesso oggetto. Un concetto matematico molto raffinato, che si intuisce soltanto ma non viene definito, è quello della partizione secondo una relazione di equivalenza.

Procurate parecchie scatole di dimensioni differenti i bambini si sono alternati nel prendere un oggetto alla volta per collocarlo nel gruppo di appartenenza che man mano hanno individuato e nominato.

Pertanto hanno formato il gruppo dei copricapo, quello degli attrezzi, un altro delle cinture, hanno messo insieme tutti gli oggetti per gli occhi e da un'altra parte tutti quelli

per il collo e poi per il busto, hanno raccolto da una parte tutti i gioielli e da un'altra i guanti.

In alcuni casi si sono trovati a dover decidere in quale gruppo inserire un oggetto che per il suo uso poteva stare contemporaneamente in due gruppi diversi (per esempio le collane potevano stare sia con gli oggetti per il collo sia con i gioielli, lo stesso problema si è posto per le bacchette che sono poi rientrate nel gruppo degli attrezzi- così come il dottore ha la sua valigetta o il meccanico i suoi arnesi, le bacchette servono ai maghi o alle fate per fare magie); ognuno ha fatto delle osservazioni fino a giungere ad una scelta da tutti condivisa.

A questo punto in base alla voluminosità degli oggetti appartenenti ad uno stesso gruppo hanno scelto la scatola che meglio potesse contenerli. (Figura 4)



Figura 4

Anche nella Scuola dell'Infanzia è arrivato lo scatolone con tutto il materiale occorrente per i travestimenti, e come è accaduto nella scuola primaria i bambini si sono imbattuti nel problema di poter scegliere gli oggetti più facilmente, riorganizzando efficacemente gli oggetti presenti nello scatolone.

La soluzione proposta da Alessio, "mettere tutto sul tavolo" viene scartata preferendo la proposta di Nicolò che raccoglie tutti i cappelli e li sistema in una scatola vuota, pertanto anche altri oggetti vengono raggruppati dai bambini in base al loro utilizzo. Per facilitare il riconoscimento delle scatole Stefano propone di etichettare le scatole, utilizzando sia il disegno degli oggetti secondo la loro funzione sia il disegno della parte del corpo interessata.

Questo "gioco delle scatole" ripercorre in modo evidente l'idea di gioco proposta da Rodari. In questa fase, sostanziale è stata la differenza fra i due ordini di scuola: nella Scuola dell'Infanzia emerge l'uso esclusivo del simbolo che è legato all'esperienza sociale e culturale del bambino; nella Scuola Primaria si accompagna ad altre forme di rappresentazione, con l'avvento della letto-scrittura si individuano simboli di carattere universale.

Il momento del travestirsi e quindi del rappresentarsi mette in evidenza gli aspetti decisionali e di conseguenza algoritmici nella risoluzione di una chiara situazione problematica, che coinvolge il significato e l'uso delle regole. Nella scuola dell'infanzia le regole per travestirsi sono suggerite dal "Mago Trasformino", che ha spedito a scuola il pacco contenente gli oggetti per travestirsi. Nella scuola primaria è stato durante lo svolgimento del gioco dei travestimenti che sono state individuate delle regole per arrivare a scelte condivise.

L'idea delle regole è già presente nella scuola dell'infanzia per cui c'è un'accettazione comune. Nella scuola primaria invece, si ha voglia di intervenire sulle regole, costruirle e fare in modo che vengano accettate da tutti.

Il rispetto delle regole fa parte del vivere civile e quindi la Matematica diventa strumento per la costruzione del "cittadino responsabile", come esplicitato nelle Indicazioni Nazionali:

la matematica dà strumenti per affrontare problemi utili nella vita quotidiana; contribuisce a sviluppare la capacità di comunicare e discutere, di argomentare in modo corretto, di comprendere i punti di vista e le argomentazioni degli altri.

Le regole vengono discusse e accettate da tutti, la costruzione delle regole favorisce naturalmente la capacità di essere in grado di ascoltare gli altri.

Se da un lato la matematica è uno strumento per l'argomentare e per l'ascoltare gli altri, dall'altro la comunicazione matematica è l'aspetto più complesso della disciplina (comunicare una definizione, un teorema, comprenderne il significato, argomentare un procedimento...).

4. Considerazioni conclusive: si va in scena

Nella scuola primaria i bambini hanno giocato più volte ai travestimenti ma le loro scelte ricadevano sempre sugli stessi oggetti, pertanto ognuno si è riconosciuto in un personaggio con un nome noto a tutti e così è stato possibile mettere in scena delle storie. I personaggi creati si sono incontrati per costruire storie secondo una sequenza temporale. Sono state avviate le sceneggiature ogni volta da due bambini-personaggio diversi; per andare avanti e coinvolgere gli altri personaggi è stato necessario improvvisare dei copioni. Le rappresentazioni spontanee sono

proseguite fino al coinvolgimento di ciascun bambino, con il proprio ruolo, permettendo a tutti di entrare in scena. (Figura 5)



Figura 5

Le storie e i personaggi portati in scena, hanno rappresentato la sintesi di tutti i concetti matematici conquistati: classificazioni, algoritmi, regole, uso di strategie per risolvere problemi.

Nella proposta metodologica della Scuola dell'Infanzia sono entrati in gioco contemporaneamente tutti quanti i campi di esperienza, pertanto la matematica emerge all'interno di una visione globale.

In definitiva riteniamo che "creatività", evidente in questa ricerca, è sinonimo di "pensiero divergente", cioè capace di rompere continuamente gli schemi dell'esperienza. G.

Rodari riferendosi anche a un rapporto epistolare col matematico V. Checcucci (1971) ricorda che è

creativa una mente sempre al lavoro, sempre a far domande, a scoprire problemi dove gli altri trovano risposte soddisfacenti, a suo agio nelle situazioni fluide nelle quali gli altri fiutano solo pericoli, capace di giudizi autonomi e indipendenti (anche dal padre, dal professore, dalla società), che rifiuta il codificato, che rimaniipola oggetti e concetti senza lasciarsi inibire dai conformismi.

Tutte queste qualità si manifestano nel processo creativo. E questo processo ha un carattere giocoso: sempre, anche se sono in ballo le “matematiche severe”. (Rodari, 1973; Checcucci, 1971)

Bibliografia

- Bartolini Bussi, M. (2008). *Matematica i numeri e lo spazio*. Edizioni Junior.
- Checucci, V. (1971). *Creatività e matematica*. I Quaderni di Corea Series. Firenze: Libreria Editrice Fiorentina.
- Corni, F. (2013). *Le scienze nella prima educazione*. Trento, Erickson.
- MIUR (2012). *Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione*. <http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/istruzione/prot7734_12>.
- Rodari, G. (1973). *La grammatica della fantasia*. Trieste: Einaudi Editori.
- Vygotskij, L. (2010). *Immaginazione e creatività nell'età infantile*. Roma: Editori Riuniti.

LA CREATIVITÀ E LE FIABE COME STRUMENTI DI COSTRUZIONE DEL PENSIERO MATEMATICO NELLA SCUOLA PRIMARIA

***Antonella Montone, Michele Pertichino,
Eleonora Faggiano, Michele Giuliano Fiorentino***

Dipartimento di Matematica, Università di Bari Aldo Moro

Abstract

Questo studio mette a fuoco le potenzialità offerte dalla struttura narrativa delle fiabe in relazione allo sviluppo dei concetti matematici nella mente dei bambini di Scuola Primaria. Si introducono elementi teorici derivanti da ricerche di ambito cognitivo e linguistico e di educazione matematica, che si accordano nel definire gli aspetti più importanti riguardanti la creatività, l'immaginazione e il pensiero matematico.

Obiettivo specifico è quello di analizzare le potenzialità dell'intreccio tra creatività e matematica per bambini di Scuola Primaria utilizzando le fiabe come strumento per lo sviluppo di una mentalità scientifica. Lo studio si basa sull'analisi delle interazioni tra bambini di II e III primaria impegnati a inventare fiabe in una sequenza di attività laboratoriali centrate sull'uso di un particolare schema narrativo.

1. Introduzione

Studiare i legami tra immaginazione, fantasia, creatività e matematica nell'ottica di stabilire quanto questi fattori, integrandosi, diano la possibilità ai bambini della Scuola

Primaria di intraprendere un itinerario che li condurrà a scoprire la bellezza dello svilupparsi del pensiero matematico, è l'obiettivo della ricerca che presentiamo in questo lavoro. Infatti, «*the investigation and the enhancement of mathematical creativity is among the priorities of educational systems and research organizations*» (NCTM, 2000).

Recenti ricerche hanno messo in luce l'importanza che assume la narrazione come strumento di apprendimento, e in particolare quanto una narrazione sempre più formale conduca a sviluppare una mentalità scientifica (Fuchs, 2010).

Abbiamo ritenuto l'ambiente fantastico delle fiabe il luogo in cui il bambino può rivelare una forte capacità creativa, si distacca dalla realtà che lo circonda, e utilizza una forma di pensiero astratto, necessario a costruire il pensiero matematico formale.

Dopo aver indagato sulla creatività e sulla fantasia/immaginazione come possibili strumenti di apprendimento della Matematica, abbiamo utilizzato le fiabe come strumento di indagine sulle conoscenze matematiche pregresse dei bambini e per lo sviluppo di conoscenze, abilità e competenze nella costruzione e realizzazione di ambienti fantastici. È stata realizzata una sperimentazione con 22 bambini di II e III Primaria, i quali hanno infine elaborato la "fiaba delle fiabe", assumendo il ruolo di ricercatori in un processo creativo che utilizza proprie risorse ed esperienze qualitative e quantitative.

2. Creatività, immaginazione e pensiero matematico

La "struttura narrativa" della fiaba si è rivelata strumento efficace, non solo per sviluppare la creatività, ma anche per analizzare il processo didattico su cui si basa l'inse-

gnamento/apprendimento nella Scuola Primaria, nel caso particolare della Matematica. Tale struttura permette, infatti, di stimolare la curiosità, la percezione degli oggetti di studio, la socializzazione nelle scoperte, il coinvolgimento emotivo nella storia, l'elaborazione e lo sviluppo di ragionamenti di natura logico-deduttiva (Doménech, 2014).

Il bambino, seppur partendo da un mondo fiabesco stereotipato, è in grado di elaborare situazioni fiabesche nuove, mettendo in relazione la curiosità, la percezione, la socializzazione, il coinvolgimento emotivo precedentemente citati. Ed è nella pratica della scuola che la fantasia può produrre situazioni e la creatività risolvere problemi, favorendo quel cambio di routine che rivela l'avvenuto apprendimento (Sfard, 2008).

Ci sembra necessario premettere alle definizioni di creatività, quella relativa all'attività creatrice dell'immaginazione: patrimonio di ogni uomo, e «addirittura condizione necessaria della vita quotidiana» (Rodari, 2013).

Tale attività creatrice dipende in modo diretto «dalla ricchezza e varietà della precedente esperienza dell'individuo, poiché questa esperienza è quella che fornisce il materiale di cui si compongono le costruzioni della fantasia» (Vygotskij, 2010).

Per altro, in accordo con quanto afferma Doménech (2014), le conoscenze "scientifiche" (magiche, egocentriche, animiste, ecc) dei bambini favoriscono l'interpretazione di oggetti e la loro sistemazione teorica. I bambini, in tal modo, prendono coscienza dei rapporti di causa-effetto di fenomeni che portano a trasformare la realtà, rispondendo a domande del tipo: "Come è potuto accadere questo?", "Cosa succederebbe se...?". Lo sviluppo di una mentalità creativa di ricerca, nel momento di una prima verbalizzazione, aiuta così a favorire tutte le attività men-

tali: percezione, ragionamento, socializzazione e coinvolgimento emotivo.

«L'immaginazione dunque costruisce sempre con materiali forniti dalla realtà» ma si sviluppa sempre più combinando elementi fondanti la realtà con quelli della fantasia e «gli elementi ultimi, di cui verrà a comporsi anche la più fantastica delle rappresentazioni, la più remota dalla realtà, saranno sempre e nient'altro che impressioni del mondo reale» (Vygotskij, 2010). Si può pensare quindi ad una linea di confine tra la fantasia/immaginazione e la costruzione di una realtà che in modo creativo permetta la conquista di concetti matematici: tale linea di confine è l'oggetto fondante la nostra ricerca.

Attività creatrice è «sinonimo di pensiero divergente cioè capace di rompere continuamente gli schemi delle esperienze» (Rodari, 2013), in opposizione all'adagiarsi in situazioni prive di pericoli. Tale pensiero è capace di giudizi autonomi, di scoprire problemi e di fare domande per cercare risposte non sempre soddisfacenti e quindi «rimanipola oggetti e concetti senza lasciarsi inibire dai conformismi» (Rodari, 2013). Infatti, l'attività creatrice nella formazione del pensiero matematico coinvolge pensiero convergente e divergente, problem posing e problem solving, motivazioni intrinseche, attitudine a far domande, autostima (Runco, 1993).

Un'ulteriore caratteristica fondamentale dell'attività creativa, in riferimento alla Matematica, è che essa «non avviene nel vuoto, ma in un ambiente sociale. Si può vedere cioè l'apprendimento della Matematica come un insieme di atti individuali creativi (o ricreati) che si svolgono in un contesto sociale, che in un certo qual modo condizioni, approvando o rigettando, le scelte significative dell'allievo» (Checcucci, 1971).

In particolare la forza della creatività delle fiabe, non è tanto nel suo contenuto specifico, quanto nel cercare di dare un senso all'esperienza prodotta dalla fantasia e riportarla alla realtà del mondo che ci circonda. Tale forza si rende evidente nella creazione e comprensione di concetti matematici.

Creatività e Matematica

Diverse sono le sfumature con cui alcuni autori individuano il concetto di creatività e il suo legame con il fare matematico. In accordo con Sheffield (2009), la creatività matematica si può considerare come «*the ability to solve and pose problems with heuristic methods, to observe patterns with numbers or shapes, to generalize mathematical concepts, to apply non-algorithmic processes for decision making, and to handle information and processes flexibly*». La Matematica intesa come creazione della mente umana, si può imparare solo creandola. Il bambino che impara la Matematica che gli è nuova, si comporta come il ricercatore, coinvolgendo nel processo creativo le proprie risorse e le proprie esperienze ricche di quantità e qualità (Checcucci, 1971).

La nostra ricerca è finalizzata a verificare quanto la creatività e la fantasia/immaginazione permettano la formazione del pensiero matematico nel bambino e, di conseguenza, favoriscano lo sviluppo e l'apprendimento di concetti matematici.

3. Metodologia

Lo studio si basa sui risultati di una sequenza di attività laboratoriali incentrate sulla creazione di tutti gli elementi costitutivi di una storia, effettuata in una Scuola Primaria di Bari con 13 bambini di II e 9 di III, in dieci incontri settimanali pomeridiani da tre ore, durante i quali i bambini

sono stati divisi in gruppi da tre/quattro e hanno lavorato cooperando tra loro.

Inizialmente i bambini sono stati avviati all'arte di inventare storie attraverso la struttura narrativa suggerita da Dickens e Lewis (2007) nel testo *The Story Maker*, che consiste nell'ideare e situare personaggi in un determinato luogo, in un certo tempo ed in una particolare situazione; portare i personaggi a sperimentare conflitti e problemi; costruire eventi che possano risolverli, rispondendo alle domande:

- “Qual è il tipo di storia a cui pensi?”;
- “Quali sono i personaggi coinvolti nella storia?”;
- “Quali emozioni e sentimenti suscitano o provano i personaggi?”;
- “Quali forme e dimensioni hanno i luoghi?”;
- “Quali caratteristiche fisiche hanno i personaggi?”;
- “Quali discorsi fanno tra loro i personaggi?”;
- “Come si muovono i personaggi nella storia?”;
- “Dove è ambientata la storia?”;
- “Quali oggetti sono presenti nella storia?”;
- “Qual è lo sviluppo temporale della storia?”;
- “Qual è il tempo meteorologico?”.

La risposta a queste domande favorisce la creazione di un ambiente fantastico in cui possano emergere conflitti cognitivi in ambienti dei quali i bambini non hanno esperienze dirette perché presenti in uno spazio e in un tempo appartenenti alla loro fantasia piuttosto che alla realtà. Pertanto abbiamo strutturato un'attività ludico-laboratoriale indispensabile anche a favorire il superamento di molte difficoltà emerse.

L'osservazione delle interazioni tra i bambini, effettuata mediante l'uso e l'analisi dei video ci ha permesso di identificare e descrivere le situazioni in cui i bambini mettono

in atto la loro creatività e si avvicinano ad una prima formalizzazione dei concetti matematici.

4. La costruzione della fiaba

Il lavoro si è sviluppato in diverse fasi, non strettamente separate tra loro, ma sempre attivate contemporaneamente e integrate verso l'obiettivo della costruzione delle fiabe, fino ad arrivare a *La fiaba delle fiabe*.

Al fine di far emergere gli ambienti fantastici a cui si è fortemente legati, abbiamo iniziato ponendo le prime due domande della struttura narrativa di *The Story Maker* per proporre successivamente schede/domande secondo la sequenza sopra elencata.

Le risposte hanno evidenziato conoscenze e lacune sia linguistiche che matematiche relative alla descrizione di situazioni e localizzazione delle fiabe (personaggi, luoghi, dimensioni, forme e tempi). Pertanto sono state attivate alcune situazioni di gioco-problema finalizzate a recuperare tali lacune.

Infine si è giunti alla costruzione de *La fiaba delle fiabe*.

5. Descrizione e analisi dei risultati

In generale tutti i bambini hanno partecipato attivamente alle varie fasi del lavoro. Molti di loro si sono mostrati particolarmente attenti nell'effettuare descrizioni accurate e ricche di particolari, anche quando tali narrazioni si sono discostate significativamente dalla realtà. Le registrazioni video hanno mostrato come, nel tentativo di superare ostacoli cognitivi che emergono dal confronto, i bambini hanno attivato differenti strategie di pensiero che pian piano danno significato a concetti matematici astratti, e risolvono conflitti, creando un quadro significativo in cui inserire i concetti che appartengono alla scienza.

Si riportano alcune narrazioni emerse durante le interazioni tra la struttura narrativa proposta e i bambini e tra i bambini.

Rispondendo alle prime due domande e dopo alcuni minuti di riflessione Daria dice: «C'era una volta un castello... e in questo castello viveva una principessa che si chiamava Bella. Era molto povera e il suo papà si chiamava Salvatore... viveva in un bosco pieno di alberi» e un compagno del suo gruppo, Vincenzo, aggiunge: «era il 1400 di Luglio ed è successo un terremoto il 27 di aprile».

Pasquale, da un altro gruppo, interviene dicendo: «la nostra storia invece si svolge nella Savana, nel Luglio 2001 una tartaruga incontrò un coniglio e una lepre. La tartaruga gli chiese come fate a sopravvivere? e la lepre risponde: abbiamo trovato un lago magico dietro quell'albero. Dalla foresta arriva il leone e incontra i tre animali».

Arianna interviene dicendo: «nel nostro gruppo invece la storia racconta che una volta la principessa dei numeri aveva 10 torri e nel suo paese c'era la fata dei numeri che esaudiva tutti i desideri. Viveva anche una vecchia strega che aveva intenzione di attaccare la città».

Si può osservare come nell'ambientare le loro storie i bambini fanno riferimento a mondi fantastici esistenti in fiabe note, raccontate dagli adulti. Anche Arianna, che si allontana da fiabe stereotipate, inventando un immaginario paese dei numeri, introduce, tuttavia, personaggi classici come principesse, fate e streghe.

La fase successiva riguarda le domande relative alla definizione dei luoghi (Figura 1) in forma e dimensioni e alle caratteristiche fisiche dei personaggi (Figura 2). Le risposte a tali domande mostrano imprecisioni sulle forme geometriche e sono a volte totalmente prive di senso nel caso dei personaggi. Per esempio, "il papà Salvatore

è basso 42 cm” mentre “la principessa Bella è media e magra 35 e 130”, “il povero è medio e stecchito di misure 25, 125”. “La tartaruga è piccola ed è alta 3 cm e pesa 1 kg”, “la lepre è alta 50 cm e pesa 27 kg”. “Il leone è lungo 1,65 m e pesa 100 kg”. “La principessa cento del regno dei numeri, è alta, leggera e ha gambe e braccia leggere. La fata 9 è alta e leggera, ha le gambe grandi, le braccia grandi e il collo lungo. La strega 8 è alta, pesante con braccia e gambe pesanti”.



Figura 1

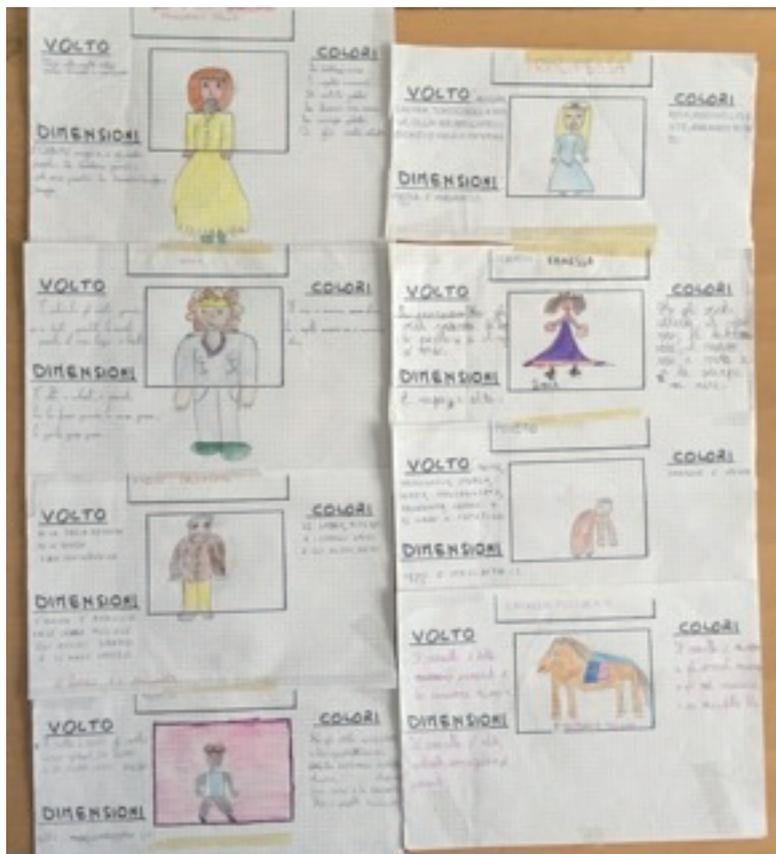


Figura 2

Così come nel caso delle forme, il castello è di “forma quadra”, la forma del magico regno è rettangolare, le finestre sono quadrati, il portone e i balconi sono ad arco, il terrazzo rettangolare e le stanze quadrate. La Savana ha forma di un rettangolo e si trova in Africa che ha forma di trapezio (Figura 3). Matelandya city ha forma piatta e verticale.



Figura 3

È evidente l'assenza della percezione della dimensione spaziale, così come di una corretta percezione e conoscenza delle figure piane. Inoltre sembra che la verbalizzazione iconica e la rappresentazione di luoghi e personaggi sul foglio abbiano influenzato le precedenti risposte.

La domanda successiva ha riguardato lo sviluppo temporale delle storie. Dalle prime risposte date, si scopre la mancanza della percezione dello scorrere del tempo nella storia, in espressioni tipo "il pranzo degli animali dura un'ora", "il leone per costruire la nave impiega un giorno e mezzo", "la fiaba dura un giorno e nella storia passano tre ore". Dalle risposte sono emerse conoscenze e lacune su questioni linguistiche, su concetti matematici (numero pari, dispari, primo, composto), sul riconoscimento delle figure geometriche piane regolari in base alle proprietà, sulla misura.

L'analisi di tutte le difficoltà ci ha suggerito di attivare alcune situazioni di gioco-problema finalizzate a recuperare gli aspetti geometrici presenti nelle rappresentazioni delle situazioni fiabesche, nonché di utilizzare altri racconti noti ai bambini per far emergere sviluppi temporali della giornata, dei mesi e delle stagioni. (Figura 4)



Figura 4

Inoltre abbiamo proposto momenti ludici attraverso gioco-problemi aritmetici finalizzati al riconoscimento e al significato dei numeri pari, dispari e primi, e delle operazioni, ipotizzando che le questioni aritmetiche possano stimolare l'immaginazione e la fantasia dei bambini a introdurre nuovi elementi fantastici nelle fiabe già abbozzate.

In tal modo abbiamo verificato quanto espresso da Vygotskij su esperienze e conoscenze che possono fornire elementi della realtà per costruzioni della fantasia. Uno dei giochi proposti è il "Miao - Bau", che ha come scopo quello di rispondere Miao se il numero pronunciato è dispari, Bau se è pari. Un altro gioco utilizzato è "la somma dei fagioli" il cui scopo è quello di ottenere somma pari o dispari, a seconda di quanto stabilito a priori, prendendo 1, 2 o 3 fagioli per un numero fissato di giri. Alla base del gioco vi è la capacità del bambino di saper prevedere e

interpretare il risultato dell'addizione. Per le figure geometriche abbiamo utilizzato il gioco "caro amico ti scrivo", che ha lo scopo di riuscire a far disegnare al compagno di coppia una forma geometrica attraverso la descrizione delle caratteristiche, scrivendogli una lettera.

Con queste attività si apprende la matematica nel contesto sociale che approva o rigetta le azioni dello studente, come sottolinea Checcucci (1971). Inoltre, come Rodari (2013) e Runco (1993) mettono in evidenza, nel cercare risposte che possono sembrare insoddisfacenti, e che quindi rimandano a rimanipolare e riformulare oggetti/concetti non lasciandosi legare da conformismi, si promuovono giudizi e pensieri autonomi.

In relazione alle difficoltà sulla misura abbiamo stimolato l'osservazione da tutti i punti di vista dimensionali del proprio corpo, di quello dell'insegnante e di alcuni adulti, al fine di rivisitare in termini realistici la fisicità dei personaggi delle fiabe.

La costruzione e rappresentazione della "fiaba delle fiabe", collegando tra loro le singole fiabe, ha permesso il recupero della maggior parte delle difficoltà.

Naturalmente, la chiave di accesso a tali ambienti deriva dalla conoscenza di fenomeni trasferiti dalla vita quotidiana e manipolati verso un lungo percorso di processo di astrazione come indicano Checcucci (1971) e Doménech (2014).

6. Conclusioni

Nello svilupparsi di queste attività si è avvertita sempre più la soddisfazione dei bambini nell'acquisire e approfondire vecchie e nuove conoscenze e competenze e nella voglia di poterle utilizzare nell'ambiente circostante e nei rapporti con i propri compagni: "quali forme e figure sono

presenti intorno a noi?”, “Ti sfido al gioco dei fagioli”, “ma allora le nostre fiabe, i nostri personaggi, i luoghi inventati da noi per le fiabe c’entrano con quanto abbiamo imparato questi giorni?”, “e se mettessimo insieme tutti i personaggi e tutte le loro storie che ne verrebbe fuori?”. È nata così l’idea di inventare la “fiaba delle fiabe”. I luoghi hanno assunto forme e figure significative e coerenti, i personaggi hanno acquisito caratteristiche e dimensioni molto più realistiche, e soprattutto la fantasia e l’immaginazione dei bambini, stimolate dalle conoscenze aritmetiche e geometriche acquisite, hanno dato significato aritmetico e geometrico ai ruoli delle fiabe e ai personaggi coinvolti.

I bambini hanno rivelato una grande capacità di creare realtà immaginarie di cose e di problemi che però, gradualmente riconducono a strutture razionali di pensiero, manifestando, in tal modo, l’avvenuto cambiamento di routine nell’apprendimento (come sostiene Sfard, 2008) in quanto l’attività di produrre situazioni nate dall’immaginazione e dalla fantasia ha innovato le possibilità di apprendere anche attraverso attività ludiche e di sfida tra i bambini.

Bibliografia

- Checcucci, V. (1971). *Creatività e matematica*. I "Quaderni di Corea" Series. Firenze: Libreria Editrice Fiorentina.
- Dickens, F., Lewis, K. (2007). *The story maker*. Milton Keynes, Buckinghamshire: Speechmark Publishing.
- Doménech, J.C. (2014). *Costruire storie come strumento didattico per l'insegnamento delle scienze nella Scuola dell'Infanzia*. <<http://www.pse.unimore.it/site/home/events/2014-conference.html>>.
- Fuchs, H.U. (2010). Force dynamic gestalt, metafora e pensiero scientifico. In *Innovazione didattica delle scienze nella scuola primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche*. Modena: Edizioni Arte-stampa, 8-18
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Rodari, G. (2013). *Grammatica della fantasia: introduzione all'arte di inventare storie*. San Dorligo della Valle (TS): Edizioni EL.
- Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sheffield, L. (2009). Developing Mathematical Creativity-Questions may be the answer. In R. Leikin, A. Berman, B. Koichu (Eds.), *Creativity in Mathematics and the Education of Gifted Students* (87-100). Rotterdam: Sense Publishers.
- Vygotskij, L.S. (2010). *Immaginazione e creatività nell'età infantile*. Roma: Editori Riuniti University Press.

DALL'ESPERIENZA ALLA MATEMATICA: ALLA SCOPERTA DI SIGNIFICATI

Anna Paola Longo

Associazione GRIMeD (gruppo di ricerca matematica e difficoltà), Associazione Ma.P.Es (matematica, pensiero, esperienza)

Abstract

Nel titolo di questo convegno, che si rivolge alla didattica delle scienze, ho sentito risuonare una provocazione per la didattica della matematica. È specificato infatti che si intende esplorare e approfondire il tema delle *“storie e della narrazione come strumento di costruzione di significati e di stimolo allo sviluppo del pensiero formale a partire dal linguaggio naturale”*.

Questo tema risulta centrale per l'insegnamento della matematica, che deve fin dall'inizio sviluppare un pensiero formale a partire dal linguaggio naturale. Una causa forte di difficoltà per l'apprendimento di questa disciplina è considerata la sua presunta astrattezza, cioè la sua lontananza dalla realtà. L'astrazione, che la caratterizza, è vista come nemica del comprendere e dell'imparare. Astrazione e astrattezza vengono identificate. Come riscoprire e rendere oggetto dell'insegnamento il legame del pensiero matematico con la realtà, fonte di significato? Nell'insegnamento attuale avviene una drastica riduzione riguardo ai significati, e viene accentuato, fin dalla scuola primaria, soprattutto l'aspetto formale.

Alternativo a quello attuale è un modello di insegnamento della matematica che ponga realtà ed esperienza alla base del percorso didattico, che permetta di cogliere le problematiche che originano il suo pensiero in una realtà sperimentabile o ben conosciuta, facile da immaginare; che permetta di produrre immagini mentali e schemi per trasformarli poi nel linguaggio formale. Intendo riflettere su questo tema in generale ed esaminarlo in particolare riguardo alla divisione, mostrando come il ruolo delle storie e della narrazione può essere assunto dal problema. Per la divisione il contributo del problema è di differenziare attraverso il rimando a situazioni reali il comportamento degli insiemi discreti da quello degli insiemi continui, aprendo la strada all'ampliamento dei numeri naturali mediante i numeri razionali.

1. L'astrazione della matematica

La questione dello sviluppo del pensiero formale a partire dall'esperienza e dal linguaggio naturale è di grande importanza nell'insegnamento della matematica nel momento attuale, in cui una delle cause delle difficoltà incontrate dagli studenti (di ogni età e di ogni tipo di scuola) è molto spesso (ingiustamente) identificata con la lontananza della matematica dalla realtà. Come ho già notato, l'astrazione, caratteristica di questo sapere, è vista come astrattezza, separazione dalla realtà, quindi nemica del comprendere e dell'imparare, che avviene in relazione alla realtà. Astrazione e astrattezza vengono identificate, mentre l'astrazione è caratteristica di ogni forma di pensiero. Per la matematica l'astrazione è inoltre una caratteristica positiva, è la chiave per trasmettere una struttura elaborata su situazioni semplici a situazioni più complesse, in modo da fornire per esse un modello interpretativo.

Elogio dell'astrazione

Fa notare M. Bramanti in un articolo sull'astrazione (Bramanti 2013) che non solo gli oggetti astratti della matematica "c'entrano con la realtà", ma sono essi stessi "realtà" pur non essendo oggetti fisici. Segnala che esistono molti "oggetti", cioè "entità ben determinate nella loro individualità, che sono al tempo stesso reali e significative per noi esseri umani, ma anche astratte". Ad esempio, il denaro condiziona la vita di tutti noi, eppure è qualcosa di astratto. All'inizio si praticava il baratto, poi si cominciò ad usare qualche tipo di "moneta". Per secoli le monete sono state coniate con metalli nobili, quindi avevano sia un valore convenzionale che un valore proprio. Alle monete hanno fatto seguito le banconote, il cui valore è sempre più convenzionale e astratto. Dunque nella storia l'umanità ha creato un oggetto, il denaro, a cui una complessa serie di convenzioni attribuisce un valore. Bramanti fa un'altra osservazione interessante:

Quando seduto al mio tavolo in ufficio sto ragionando sulle proprietà di una certa equazione differenziale, l'oggetto astratto "equazione differenziale" è più reale e più interessante per me di quanto non siano molti degli oggetti concreti che si trovano chiusi nell'armadio del mio ufficio, e che in quella giornata non toccherò, non guarderò e non penserò neppure.

Modelli matematici

Alcune osservazioni utili per comprendere il valore dell'astrazione sono fornite da G. Israel.

Il punto materiale è un concetto astratto analogo al piano inclinato. Non esiste in natura ma è una idealizzazione. Spieghiamoci meglio. Intanto proviamo a darne una definizione. Si tratta di un punto geometrico e cioè, come sappiamo dalla scuola, di una figura geometrica di lunghezza, larghezza, altezza e quant'altre misure nulle, insomma di dimensioni nulle. Però tale punto gode di una proprietà fisica, ha cioè massa non nulla (il

che dal punto di vista fisico, è alquanto paradossale...). A cosa serve questo concetto evidentemente ideale e privo di qualsiasi corrispettivo in natura? In definitiva lo schema concettuale del punto materiale è utile a rappresentare tutti quei corpi le cui dimensioni possono essere trascurate rispetto al problema in esame. In conclusione, la nozione di punto materiale è un altro fondamentale esempio di modello matematico. (Israel, 1986, pag. 87/88)

Linguaggio per l'immaginazione scientifica

Le scoperte matematiche astratte possono fornire strutture mentali che sostengono l'immaginazione scientifica. Negli ultimi secoli, l'intreccio tra la conoscenza sperimentale e la matematica è stato davvero complesso, come leggiamo in Whitehead:

Nei secoli sedicesimo e diciassettesimo la teoria della periodicità assume nella scienza un posto fondamentale; Keplero scoprì una legge che correla gli assi maggiori delle orbite planetarie con i periodi in cui i singoli pianeti percorrono le rispettive orbite; Galileo osservò le oscillazioni periodiche dei pendoli; Newton spiegò il suono come dovuto alle perturbazioni dell'aria per il passaggio di onde periodiche di condensazione e rarefazione; Huygens spiegò la luce in termini di onde trasversali di vibrazione di un etere sottile; Mersenne stabilì la relazione tra il periodo delle vibrazioni di una corda di violino e lo spessore, la tensione e la lunghezza della corda stessa.

La nascita della fisica moderna è frutto dell'applicazione del concetto astratto di periodicità ad una grande varietà di casi concreti. Ma questo sarebbe stato impossibile se i matematici non avessero prima elaborato, in astratto, le diverse idee che si concentrano attorno al concetto di periodicità. La trigonometria ha avuto origine dallo studio delle relazioni tra gli angoli del triangolo rettangolo e i rapporti fra i cateti e l'ipotenusa del triangolo. Poi sotto l'influsso della nuova matematica dell'analisi delle funzioni, si è estesa allo studio delle funzioni periodiche astratte semplici che configurano ed esprimono tali rapporti in generale. In questo modo la trigonometria è diventata completamente astratta e, diventando astratta, è diventata utile. Essa

ha illuminato l'analogia di base tra gruppi di fenomeni fisici completamente diversi; e al tempo stesso, ha fornito gli strumenti con cui le diverse particolarità di un gruppo potevano essere analizzate e messe in rapporto tra loro. Non c'è nulla che colpisca più di questo fatto: via via che la matematica si elevava e appartava nelle regioni più alte del pensiero astratto tornava poi a terra come uno strumento sempre più importante per l'analisi dei fatti concreti. Il paradosso che le astrazioni estreme sono gli strumenti migliori per controllare la nostra idea dei fatti concreti ha acquisito una solida base. (Whitehead, 1979, pag.49)

L'astrazione a scuola

Come è presentata attualmente a scuola l'astrazione della matematica? Secondo il metodo tradizionale, questa disciplina è insegnata in una forma astratta *già codificata*, senza che l'allievo possa partecipare a ricostruirla mediante un'elaborazione attiva, personale, motivata del proprio pensiero, provocato dall'osservazione, dalla pratica di azioni e di rappresentazioni. La creatività, l'interesse, i tentativi non solo non vengono premiati, ma sono normalmente scoraggiati. Un procedimento diverso da quello insegnato, viene a priori considerato errato. L'insegnante non immagina che si possa giungere allo scopo percorrendo strade diverse e non valorizza il fatto che ciascun allievo possa trovare il procedimento di risoluzione di un problema per mezzo del proprio pensiero, comprendente immaginazione, fantasia, capacità di rappresentare e di cogliere analogie.

Il criterio che definisce il metodo applicato dall'insegnante non è il pensiero critico (comune sia all'insegnante che agli allievi), ma le proposte dei vari sussidiari. In questo modo si costringono gli allievi a non produrre pensiero (necessariamente astratto) ma a ripetere astrazioni formulate da altri. Questa, a mio avviso, è la vera fonte della difficoltà, il fatto che l'io è scoraggiato dall'essere prota-

gonista attivo del suo apprendimento. A questo occorre porre rimedio, sia nell'insegnamento in classe che in tanti tentativi di sostegno.

2. Riduzioni e frammentazione

La pratica in atto riduce e frammenta il contenuto della matematica, accentuando solo l'aspetto formale, allontanando la percezione di armonia e di bellezza. Ad esempio, nella scuola secondaria le equazioni sono trattate elencando brevemente le regole formali che permettono di risolverle, senza che lo studente abbia mai avuto occasione di costruire lui stesso un'equazione per esprimere le relazioni tra i dati di un problema. Questa è un'attività motivante che permette di considerare espressioni ed equazioni come rappresentazione sintetica di una situazione problematica, difficilmente dominabile mediante il linguaggio naturale. Le regole formali da applicare sono basate sulla conoscenza delle proprietà delle operazioni, ma con un passaggio brusco: invece di applicarle ad operazioni tra numeri, sono applicate ad operazioni tra lettere. Questo passaggio è la differenza tra aritmetica e algebra, che comporta un enorme salto qualitativo nel pensiero, a cui si potrebbe dedicare molto lavoro didattico sulla generalizzazione apportata dalle lettere.

Mentre il numero permette di pensare a situazioni sperimentabili, anche fosse solo con l'immaginazione, la lettera indica la forma, il tipo, è una astrazione di livello più alto rispetto al numero. Nell'aritmetica è sufficiente una conoscenza intuitiva delle proprietà, basata sull'esperienza diretta di azioni, nell'algebra occorre una conoscenza formale, per descrivere le proprietà con un linguaggio che implica l'infinito. Insomma, all'inizio si può affermare con sicurezza che $5+8 = 8+5$ perché si contano in due modi

diversi gli elementi dello stesso insieme ripartito in due diversi sottoinsiemi (si fa appello solo alla conservazione della quantità). Ma per dire che la somma è commutativa si deve affermare di più, e cioè che in un insieme numerico scelto (che può coincidere con i naturali \mathbb{N} , oppure con gli interi \mathbb{Z} , o i razionali o i reali) “ $a + b = b + a$, *qualunque* siano i due numeri a, b dell’insieme considerato”.

La riduzione avviene non solo riguardo alle esperienze significative che permettono di scoprire significati, sia interni al dominio matematico che legati alla realtà, ma anche al complesso della matematica. Ad esempio, i metodi di risoluzione delle equazioni vengono presentati prima che l’equazione possa venire interpretata come lo strumento idoneo alla ricerca degli zeri di una funzione, fatto che le fornisce un significato interessante all’interno del contesto della disciplina e la possibilità di interpretare graficamente i passaggi e i risultati. La riduzione è continua, certamente almeno quella degli aspetti teorici rispetto a quelli pratici, legati al calcolo, con conseguente cancellazione dei significati che discendono dalla teoria.

La frammentazione si oppone al comprendere e imparare. Ecco un esempio. Gli studenti, anche universitari, trovano difficoltà nel passaggio dalle equazioni alle disequazioni, simili tra loro dal punto di vista dell’aspetto formale, ma differenti per i significati e i problemi che risolvono. Mettendo in secondo piano il rimando ai significati, lo studio diventa così meccanico da rendere possibile che uno studente scriva come soluzione di una disequazione algebrica “ x maggiore di più o meno uno” senza avere più a disposizione gli occhi della mente, che se fossero appena dischiusi, vedrebbero immediatamente che se x è maggiore di 1, è anche automaticamente maggiore di -1, mostrando il non senso della risposta data. L’insegnante

vede con stupore che sfugge all'allievo la transitività della relazione d'ordine, pensa che la sua ignoranza sia ormai irrecuperabile, e non sospetta che la retta numerica non sia mai diventata, per quel particolare allievo, un modello mentale generativo di pensiero, di certezza, anche se la si pratica fin dall'inizio della scuola primaria. Probabilmente è stata "travasata" dalla mente dell'insegnante alla mente dell'allievo, dove non si è radicata perché non legata al movimento del corpo e ad un racconto significativo, quindi non elaborata, ma trapiantata.

È ovvio che trascurare nelle equazioni e disequazioni la rappresentazione grafica del calcolo abitua a trascurare la sinteticità dello sguardo, quindi la ricerca di legami che chiarificano le relazioni esistenti.

3. Come uscirne?

L'alternativa a questo meccanismo (perverso) si può ricercare nella lealtà verso le caratteristiche di chi apprende, una persona (prima bambino, poi adolescente, poi adulto) che è affascinata dalla realtà e vuole comprenderla, a livelli sempre maggiori di unità e approfondimento, man mano che cresce. La motivazione, su cui si fonda l'impegno personale, è basata sulla soddisfazione di questa esigenza primaria: avere come sfondo la realtà, nel modo più esplicito possibile, realtà del proprio io e del mondo esterno.

Per questo è auspicabile fondare per la matematica un modello di insegnamento basato sulla possibilità di fare esperienza, di osservare, di immaginare, di giudicare, di favorire il riconoscimento del significato dei simboli, come ad esempio per la frazione (Longo, 2011). Questo permette di cogliere le problematiche (da cui essa si origina) in una realtà sperimentabile o ben conosciuta e facile

da immaginare, producendo immagini mentali e schemi e come ultimo passo, indispensabile, trasformarli nel linguaggio formale (dotato di maggiore generalità).

Le immagini mentali e l'analogia guidano nel riconoscere il significato e questo facilita la memoria, anche quando ci si esercita per diventare esperti di alcuni metodi meccanici indispensabili (ad esempio nel calcolo). È questo rovesciamento a rendere possibile l'elaborazione di congetture, che non sono semplici supposizioni, ma relazioni dedotte mediante l'osservazione di sperimentazioni matematiche, che si dichiareranno vere solo dopo una soddisfacente dimostrazione (Lakatos, 1979). Nasce una domanda, certamente lecita: la matematica fa parte delle scienze? Agganciarla con fatti, esperienze, giochi, racconti, è un tradimento per la sua vera natura? Certamente nell'assetto istituzionale gli aspetti linguistici e formali tendono a prendere il sopravvento, creando una rassomiglianza forte con i linguaggi, ma non possono far dimenticare che la matematica ha anche suoi contenuti, a cui ci si può avvicinare da strade diverse e con diversi livelli di maturità culturale. Lo sviluppo della matematica può partire da domande diverse nella storia della cultura e nella storia personale. Per esempio l'analisi matematica (o meglio un analista esperto) può chiedersi quali siano condizioni necessarie, oppure sufficienti, oppure necessarie e sufficienti perché una funzione abbia un massimo o un minimo in un punto x_0 del suo dominio, e ragionare su questo solo in termini astratti, invece uno studente che debba appropriarsi in breve tempo di un capitolo del sapere già noto all'umanità, ha bisogno di entrare nel vivo della questione esaminando un buon numero di situazioni grafiche significative. L'esame di queste situazioni ha la funzione di una esperienza, momento di conoscenza im-

plicità, sintetica, non ancora elaborata con il linguaggio formale, che fa tornare ad un livello più basso di astrazione. Alcuni studenti continuano a riferirsi a queste situazioni grafiche anche quando ripetono le dimostrazioni (per esempio al momento dell'esame), rendendo evidente la necessità personale di affondare le radici del pensiero in un livello che sia per loro quello dell'evidenza.

4. E nella scuola primaria?

Nella scuola primaria i bambini sono all'inizio, sanno già molte cose in modo intuitivo, ma non hanno ancora fatto esperienza di linguaggi formali e della sistemazione logica e linguistica del sapere. Fin dall'inizio, si possono fondare i concetti di base della matematica in un terreno di attività, giochi ed esperienze che mettono in luce tipologie di azioni e relazioni particolari, fissate poi nel pensiero attraverso la rappresentazione personale, il racconto, la giustificazione delle scelte fatte nella risoluzione di problemi. Si tratta di un lavoro creativo, personale, arricchito poi dal confronto con la classe. Sottolineo che, così procedendo, si inizia ad introdurre i bambini in un metodo di lavoro non meccanico, da cui poi faticherebbero a staccarsi. Il matematico olandese H. Freudenthal l'ha chiamato «reinvenzione guidata».

È estesa la convinzione che una partenza efficace per l'apprendimento della matematica siano i problemi. Nell'ottica che ho sopra esposto, il problema non può essere però un testo scialbo e anonimo, un pretesto per i calcoli, ma deve assumere l'aspetto di una storia, che permetta all'allievo di identificarsi nella situazione per coglierne pienamente il significato e la peculiarità delle azioni implicate. Sono di esempio i libri di Anna Cerasoli, che utilizza narrazione, disegni, colori senza rinunciare alla

significatività del pensiero matematico. Un problema può essere inventato rielaborando un avvenimento vissuto dai bambini o trasformando un qualsiasi testo di un Sussidiario in una storia con la collaborazione dell'insegnante e dei bambini. Ma con il crescere dell'età, per esempio in quarta e in quinta, i bambini sono più disposti a muoversi in contesti per così dire "modellizzati", la funzione della narrazione può essere più sullo sfondo.

5. Divisione nella scuola primaria: la via numerica

Fermiamoci ora su un tema importante della scuola primaria, la divisione, per mettere in evidenza l'importanza del problema (e dei contesti a cui si riferisce) per introdurre la conoscenza. Segnalerò la possibilità di differenziare in modo efficace due casi di divisione, con resto e senza resto, che l'insistenza sul calcolo rischia di rendere illusoriamente identiche. Da questa differenziazione emerge, carico di significato, l'ampliamento dei numeri naturali mediante i razionali, o nella forma di frazioni o di decimali e nasce l'identificazione tra divisione e frazione, che sarà data per scontata nelle scuole successive. Traccio la sintesi di un possibile percorso concettuale, sintetizzando i contenuti già esposti in (Longo, 2010), che può fornire una traccia per una ricerca didattica particolareggiata. Partendo dalla moltiplicazione per arrivare a definire la divisione, si possono prendere in considerazione due strade, una più astratta, solo attraverso i numeri e una, più ricca di significati, attraverso i problemi.

Percorrendo la via numerica, trattiamo all'inizio numeri piccoli, perché l'attenzione al calcolo non prenda il sopravvento sull'attenzione alla struttura e arriviamo alla divisione compiendo un cammino (con i numeri) inverso a quello della moltiplicazione. Per ogni numero che compare sulla

tavola pitagorica si cercano i due fattori da cui esso proviene, risalendo nella sua colonna al numero della prima riga e nella sua riga al numero della prima colonna.

Ad esempio, scopriamo che il numero 56 proviene da $7 \cdot 8$ e allora *definiamo* $56:7 = 8$ e $56:8 = 7$. I due numeri 7 e 8 sono divisori di 56, le due ripartizioni indicate dalle divisioni possono essere fatte in modo perfetto. Estendendo questo modo di operare, riusciamo a dedurre due divisioni. Se per esempio sappiamo che $27 \cdot 35 = 945$, da questa uguaglianza possiamo dedurre $945:27 = 35$ e $945:35 = 27$. Per entrambe le divisioni, la moltiplicazione scritta è una verifica, i numeri 27 e 35 sono divisori di 945 e le ripartizioni sono perfette. Siamo ancora nella tipologia precedente.

Operazioni inverse

La definizione data non permette la divisione tra due numeri naturali (interi positivi) qualsiasi. Lo farà però quella che conosciamo come divisione con resto, che va introdotta successivamente sia per ampliare il campo numerico che per risolvere alcuni problemi reali. Nel campo dei numeri naturali, le "operazioni" inverse non sussistono su ogni coppia di numeri. Per la sottrazione abbiamo una delimitazione immediata: per esempio $20 - 35$ significa togliere 35 da 20, e chiaramente non è possibile per i numeri naturali, che rappresentano modelli insiemistici, ma sarà possibile ampliando N mediante i numeri negativi, che si possono riferire ad altri modelli e significati.

Chiariamo cosa accade per la divisione. Nella struttura moltiplicativa si può scrivere una divisione per la coppia (a, b) , cioè la divisione « $a:b$ », solo se a è un multiplo di b : infatti, se $a = t \cdot b$ (con t appartenente ad N) allora $a:b = t$, e viceversa. Se questo non si verifica, non esiste un

numero naturale x tale che $a = b \cdot x$. Per esempio se fosse possibile la divisione $20:7 = x$ dovrebbe essere $7 \cdot x = 20$, che è impossibile in \mathbb{N} perché 20 non è un multiplo di 7.

Per dare alle operazioni inverse un senso pieno all'interno della matematica, sono stati introdotti i numeri negativi (che rendono sempre possibile la sottrazione) e i numeri razionali (che rendono sempre possibile la divisione).

6. Divisione nella scuola primaria: la via dei problemi

Seguendo la via dei problemi, da ogni situazione riguardante la moltiplicazione si possono dedurre situazioni di divisione. La via è tanto più significativa quanto più i testi sono coinvolgenti, se utilizzano un contesto conosciuto, se danno luogo a tipologie interessanti, che lascio come questione aperta. Ecco ora qualche esempio molto schematico, che illustra la dinamica concettuale.

a) *Problema diretto*

Le due dimensioni di un rettangolo misurano 18 cm e 10 cm.

La sua area è $(18 \cdot 10) \text{ cm}^2 = 180 \text{ cm}^2$

Problemi inversi

Un rettangolo ha l'area di 180 cm^2 e una dimensione di 18 cm, quale è l'altra dimensione? Oppure, ha l'area di 180 cm^2 e una dimensione di 10 cm, quale è l'altra dimensione? Le due dimensioni sono entrambe lunghezze, perciò i due problemi inversi sono dello stesso tipo: la lunghezza di un lato si ottiene come rapporto tra l'area e l'altro lato.

b) *Problema diretto*

Un bambino ha 8 sacchetti, in ogni sacchetto ha messo 5 biglie. Quante biglie ha in tutto?

Otteniamo il risultato con la moltiplicazione $5 \cdot 8 = 40$

In questo testo i numeri 5 e 8 hanno significati diversi,

che all'inizio della primaria si possono indicare con pallini colorati o altri segni usati come legenda: 8 è il numero di sacchetti (s), 5 è il numero di biglie per sacchetto (b/s), 40 è il numero complessivo di biglie (b). Si arriverà a scrivere $5b/s * 8s = 40b$ (Longo, 2009)

Di conseguenza abbiamo due problemi inversi.

Primo problema inverso

Un bambino ha 40 biglie, le suddivide in parti uguali in 8 sacchetti, quante biglie mette in ciascun sacchetto?

Si tratta di un numero x tale che $x*8 = 40$, quindi x vale 5; trascriviamo la nuova situazione con la divisione $40:8 = 5$. La domanda verte sul «numero di biglie per sacchetto». Tenendo conto dei simboli introdotti, si può scrivere $40b : 8s = 5b/s$

Secondo problema inverso

Un bambino ha 40 biglie, può suddividerle in mucchietti da 5 biglie ciascuno? Quanti mucchietti può fare?

Si constata che può suddividerle in quel modo, perché 40 è multiplo di 5. Il risultato è un numero x tale che $5*x = 40$, quindi x vale 8; trascriviamo la nuova situazione con la divisione $40:5 = 8$. Tenendo conto dei simboli, si ha: $40b : 5b/s = 8s$

La domanda verte sul «numero dei mucchietti».

Considerazioni

Si apre a questo punto la questione delle marche, molto comoda nell'uso, ma pura convenzione da introdurre, dandone la motivazione. Il rimando non è solo alla divisione, ma soprattutto alla misura: ogni problema ha un contesto che va rispettato nella scrittura delle operazioni e della risposta. I problemi hanno la grande funzione positiva di permettere di contestualizzare le operazioni, permettendo di fare un cammino lento e motivato verso l'astrazione

delle operazioni matematiche. Una seconda questione importante è la rappresentazione dei problemi. Se i bambini sono stati avviati fin dall'inizio della scuola primaria a ragionare su rappresentazioni libere, ora è opportuno invece guidarli a scoprire una rappresentazione convenzionale, lo schieramento, che riflette anche l'ordinamento dei numeri, su cui si interpretano bene sia la moltiplicazione che la divisione. Se sui problemi di divisione si osservano le prime rappresentazioni dei bambini, ci si può imbattere in un disegno molto casuale, dove gli oggetti sono indicati con simboli (per esempio pallini) disposti senza alcuna regolarità e quindi difficili da raggruppare o suddividere. I bambini che fanno ricondursi subito mentalmente dalla divisione alla moltiplicazione, iniziano a disegnare una tabella ordinata (schieramento) che facilita nel raggruppare e nel suddividere. Questa abitudine deve passare via via a tutti i bambini, attraverso il confronto e i commenti che si svolgono in una discussione ben guidata. Mentre i problemi sono legati ad un contesto, la tavola pitagorica riporta solo le relazioni tra numeri, considerati fuori da ogni contesto. Si osserva che sulla tavola pitagorica il prodotto è commutativo, mentre nei problemi non lo è. Per questo un problema moltiplicativo esaminato in un contesto può dare luogo a due problemi inversi di divisione.

7. Si aprono nuove questioni

Prima situazione

Hai 53 quadretti di cartoncino rosso, usali per costruire un rettangolo che abbia un lato di 7 quadretti. Cosa puoi dire del secondo lato?

Si può rispondere mediante tentativi, eseguendo materialmente i rettangoli con materiale opportuno, oppure disegnando rettangoli con un lato di 7 quadretti e fissando

in vari modi l'altro lato. La tabellina del 7 evita tentativi inutili: è certamente possibile costruire un rettangolo di lati 7 e 6 perché $7 \cdot 6 = 42$; proviamo ora con 7; i due lati sono entrambi di 7 quadretti, $7 \cdot 7 = 49$, quindi è possibile (il rettangolo è un quadrato). Ma non possiamo proseguire.

Possiamo dare questa risposta con sicurezza ricordando che il numero 53 è compreso tra due multipli successivi di 7: $7 \cdot 7 = 49$ e $7 \cdot 8 = 56$, quindi se per realizzare un rettangolo che abbia il secondo lato di 7 cubetti si usano 49 cubetti, ne restano 4 inutilizzati.

Il punto chiave di questo cammino è stato *racchiudere* il numero 53 tra due multipli successivi di 7, per cui possiamo scrivere: $53 = 7 \cdot 7 + 4$. Si traduce questo fatto noto con un linguaggio nuovo, *definendo* che $53:7$ dà 7 con un resto di 4. Si comprende che il resto è necessariamente minore del divisore.

Dal punto di vista della matematica, questa è una *generalizzazione* della divisione introdotta all'inizio. La risposta alla domanda posta (possibilità massima è che il secondo lato sia di 7 quadretti) specifica l'esistenza di un avanzo, o resto, costituito da 4 cubetti, *non ulteriormente suddivisibili*. Questo si verifica in ogni insieme "*discreto*", cioè che si può mettere in corrispondenza biunivoca con i numeri interi o con una loro parte.

Seconda situazione

Se dopo il campeggio sono rimasti 5 kg di zucchero, si può dividerlo in parti uguali tra 4 famiglie?

Se ne distribuisce 1 kg per famiglia e resta 1 kg, sappiamo tutti per esperienza che questo si può ancora suddividere dandone 250 g a ciascuna famiglia. Abbiamo fatto un nuovo passo rispetto alla situazione precedente: nel contesto del nuovo problema, il resto della divisione rap-

presenta una quantità ancora suddivisibile in parti uguali tra le 4 famiglie. Si può iniziare a dire che ad ogni famiglia spetta 1kg di zucchero più $\frac{1}{4}$ di kg, questo ha senso per ogni frazione perché della quantità residua si possono fare parti piccole a piacere. Esprimiamo questa proprietà dicendo che l'insieme considerato è "*continuo*". Operando un cambio di unità di misura, 1kg diventa 1.000 g, che suddivisi in 4 parti uguali contribuiscono con 250 g alla quantità spettante ad ogni famiglia. Con problemi di questo tipo, riferiti alla suddivisione di grandezze continue, *la suddivisione del resto apre la strada a due ampliamenti*, la divisione con decimali ($5:4 = 1,25$), oppure la rappresentazione del resto con una frazione ($5:4 = 1 + \frac{1}{4}$), problematica a cui ho recentemente dedicato un approfondimento (Longo 2014).

Senza questa differenziazione non possono emergere i passi concettuali degli *ampliamenti numerici* e la *relazione tra divisione e frazione*.

8. Conclusione

Il punto di vista che ho esposto costituisce il fondamento per stabilire una forma di continuità nell'insegnamento/apprendimento della matematica (qui riferito soprattutto agli insiemi numerici) tra scuola primaria e secondaria, dal primo incontro con i numeri interi positivi (o naturali) all'uso consapevole dei numeri reali. Suggestisce anche come ogni possibile facilitazione per gli allievi meno dotati non deve rinunciare alla significatività del pensiero matematico.

Bibliografia

- Bramanti, M. (2013). *Elogio dell'astrazione. L'interesse degli oggetti matematici*. (parte prima e parte seconda) Emmeciquadro n.49 e n.50, giugno 2013.
- Israel, G. (1986). *Modelli matematici. Introduzione elementare ai problemi della matematica applicata*. Roma: Editori Riuniti.
- Lakatos, I. (1979). *Dimostrazioni e confutazioni. La logica della scoperta matematica*. Milano: Feltrinelli.
- Longo, P. (2009). *Il caso delle corrispondenze (nei problemi con moltiplicazione e divisione)*, Emmeciquadro, n.36, SEED Milano, 54-60.
- Longo, P. (2010). *Divisione nella scuola primaria: significato e calcolo*. Emmeciquadro, n.40, SEED Milano.
- Longo, P. (2011). *Le frazioni nella struttura moltiplicativa, nodi concettuali e ostacoli*. In: *Il curriculum di matematica e fisica nel III millennio: infanzia, primaria, secondaria di primo e secondo grado*, a cura di O. Robutti e M. Mosca. Atti 5° convegno Nazionale Di.Fi.Ma.
- Longo, P. (2014). *Origine comune dei Decimali e delle Frazioni*, Emmeciquadro n.2, Milano.
- Whitehead, A.N. (1979). *La scienza e il mondo moderno*, Torino: Boringhieri.

**OSSERVAZIONE E DESCRIZIONE DI FENOMENI
NATURALI NELLA SCUOLA DELL'INFANZIA:
"L'ACQUA, IL GHIACCIO, IL VAPORE"**

Giuliana Croce

Department of Physics, University of Palermo, Italy

Abstract

In questo contributo verrà descritta una esperienza didattica svolta in una scuola dell'infanzia di Palermo nel a.s. 2006/2007, con 22 alunni di tre/quattro anni. L'idea che ha guidato la sperimentazione è stata quella di verificare se, e in che modo, fosse possibile avviare in bambini così piccoli una trasformazione della conoscenza da una di tipo comune ad una di tipo più scientifico. Le strategie impiegate sono state fondate sulla conversazione con i bambini stessi, sulla narrazione e sulla predisposizione di un ambiente didattico/laboratoriale nel quale i bambini fossero attivamente coinvolti nell'osservazione di particolari fenomeni scientifici, legati al vissuto quotidiano, nella loro sperimentazione in prima persona e nella condivisione dei risultati.

Dopo una descrizione delle attività svolte, verranno discussi alcuni dei risultati ottenuti, quali: la stimolazione delle capacità osservative dei bambini, l'acquisizione di nuova terminologia e di capacità di formulare idee proprie, la disposizione a costruire "tracce" (cartelloni di gruppo, lavori individuali, disegni) finalizzate a riflettere sul percorso, rielaborare i contenuti trattati e stabilizzare le competenze acquisite. Verranno infine riportate alcune riflessioni sulle capacità metacognitive dell'insegnante stesso.

1.Premessa

La scelta di trattare argomenti sulla didattica delle discipline scientifiche nasce da un interesse personale maturato negli anni universitari, supportato dall'aperto dibattito in ambito europeo sulla necessità di assicurare agli studenti il successo formativo in ambito scientifico. (Rapporto Rocard, 2007). Successo che, tuttavia, oggi spesso la scuola non garantisce ai discenti, anche a causa di una didattica non sempre adeguata per agevolare i processi di apprendimento.

Vygotskij, in un suo lavoro del (1990) presenta l'importante concetto di *zona di sviluppo prossimale*. Egli lo fa proprio «quando discute lo sviluppo dei concetti scientifici durante l'infanzia», poiché a suo avviso, «l'insegnamento è utile solo quando si colloca oltre il livello di sviluppo attuale, conducendo il bambino a intraprendere attività che lo spingono a superare se stesso». (Carugati, 2001).

Nel presente articolo si presenta la sperimentazione di un laboratorio scientifico che inizia un giorno, dopo una lunga fase di progettazione, quando, entrando in sezione con una valigia rossa (piena di strumenti), un bambino chiede: «Maestra ma devi partire?». Ed effettivamente questa esperienza è stata come un viaggio nel quale si è portato una valigia piena di cose povere, pochi strumenti: un pentolino, un fornellino elettrico, un registratore, la macchina fotografica, qualche matita colorata (affinché nulla venisse perso o dimenticato) ...e dell'acqua. Con queste poche cose si è riusciti a spiegare ai bambini, fenomeni scientifici che potrebbero sembrare non essere alla loro portata.

La sfida che ci si pone in questo percorso è quella di scoprire quali siano le potenzialità della *zona di sviluppo prossimale* di Vygotskij, nei bambini della scuola dell'infanzia.

Malgrado l'età dei bambini, ci sono alcuni fenomeni naturali, che possono comprendere, perché come sostiene Bruner, è possibile spiegare tutto ai bambini, basta trovare il modo giusto (Bruner, 2000). Nei bambini, l'essere al mondo, relazionarsi con ciò che li circonda, vivere e assistere agli eventi della natura, li mette, già dalla più tenera età, nelle condizioni di chiedersi il perché di alcuni fenomeni.

La pioggia, il vapore, il ghiaccio, l'arcobaleno...sono alcuni degli eventi a cui si assiste sin dalla nascita, e ai quali a volte (in un modo che sembra banale, ma che in fondo non lo è), i bambini danno una loro spiegazione. Così come, per esempio, in questo laboratorio i bambini confondono il *vapore* con il *fumo*. Questo errore è dettato, non tanto dal fatto che non sanno, ma proprio dal fatto opposto, e cioè che hanno già esperienze, e che le deduzioni tratte, vengono fatte con una certa logica, perché la sensazione ottica che dà il vapore è, effettivamente, quasi la stessa del fumo.

In un suo lavoro Hammer (2000) descrive come, spesso, alcune spiegazioni, erroneamente utilizzate dagli studenti per dare senso a situazioni che vengono loro proposte, non siano errate in senso oggettivo, ma siano risorse cognitive, corrette nel loro reale contesto, ma che vengono mal utilizzate in quello specifico contesto.

Così in questa sperimentazione didattica, ci si è "spinti" ad affrontare argomenti scientifici adattandoli ad un target d'età che va dai tre anni e mezzo ai quattro anni.

Si è cercato di trovare gli strumenti più adatti, gli esempi più facili, dei modelli che fossero semplici per spiegare alcuni fenomeni legati ad un elemento per loro così comune, l'acqua, senza mai dimenticare che è sempre necessario tener conto che «gli obiettivi che un insegnante

decide di far raggiungere ai propri allievi, devono sempre essere messi in relazione con le loro possibilità cognitive» (Charles, 2012)

I bambini oggi utilizzano in maniera che sembra quasi spontanea computer, videogiochi, smartphone, tablet e tutto ciò che offre la tecnologia oggi; e allora, se riescono a utilizzare coscientemente alcuni strumenti tecnologici che spesso sottendono competenze digitali non indifferenti, perché non possono capire in maniera più scientifica aspetti della realtà che li circonda?

Aiutare i bambini a scoprire il mondo alla scuola dell'infanzia significa sollecitare quello sguardo curioso e intuitivo su ciò che li circonda. Significa stimolarli a dire ciò che pensano, a parlare delle loro curiosità, stimolarli a fare domande... Ciò vuol dire aiutarli nella formazione del pensiero logico. Se l'evoluzione del pensiero dipende, in parte, dall'età dei bambini che rende possibile certe acquisizioni, in certi momenti, esso può essere anche fortemente condizionato dalle attività condotte dalla scuola. E in questo caso «insegnamento e apprendimento dipendono dall'interazione tra pari e/o dall'interazione con il docente», processo che viene necessariamente, «mediato dal linguaggio». (Carugati, 2001)

«L'organizzazione di scambi conduce i bambini a formulare le loro idee personali, a precisare le loro osservazioni o il loro pensiero per renderli comprensibili, a prendere coscienza di punti di vista differenti e a tenere progressivamente conto dei pareri o delle riflessioni degli altri». (Charles, 2012)

Su questi assunti si fonda l'esperienza di laboratorio di scienze di seguito descritta, condotta in una sezione della

Scuola dell'Infanzia "G. Bonanno" di Palermo, composta da 22 bambini tra i tre anni e mezzo e quattro anni circa.

L'ipotesi di ricerca è stata che attraverso strategie che facciano leva sulla percezione comune dei fenomeni, attraverso metodologie didattiche che agevolino la costruzione dell'apprendimento e attraverso strumenti di uso quotidiano, è possibile condurre i bambini verso una conoscenza più scientifica.

2. Il progetto

Il progetto proposto consiste di 7 situazioni di apprendimento, che hanno impegnato i bambini per circa 8 giorni. Ogni situazione di apprendimento prevede alcuni esperimenti di modellizzazione e attività di osservazione da parte dei bambini, per scoprire alcuni fenomeni della natura.

La didattica utilizzata è stata quella di tipo laboratoriale, caratterizzato da una modalità di lavoro nella quale gli alunni sono stati liberi di muoversi, di manipolare oggetti, di partecipare attivamente alla fase degli esperimenti, di conoscere il mondo attraverso il proprio corpo. In ciò un ruolo rilevante è stato giocato dal laboratorio, spazio in cui l'alunno è stato al centro del processo di insegnamento/apprendimento.

Prediligere una didattica di tipo esperienziale, piuttosto che quella di tipo classica della lezione frontale è fondamentale in un laboratorio scientifico perché «le esperienze di vita del bambino contribuiscono all'arricchimento delle conoscenze linguistiche... è evidente quindi» che «l'acquisizione di parole nuove e precise si consolida nelle situazioni vissute» (Charles, 2012).

Il tema conduttore delle attività di laboratorio svolte in aula, è stato "l'acqua nelle sue varie forme: solido liquido e gassoso".

Gli obiettivi che mi sono posta per i miei alunni sono stati:

- Arricchire le esperienze
- Spingere la conoscenza ai massimi livelli possibili
- Stimolare le capacità di osservazione
- Qualificare il linguaggio
- Gestire la transizione tra vissuto personale e immediato, ed il carattere generale delle scienze.
- Saper rappresentare fenomeni attraverso il disegno.

Le attività di laboratorio sono state caratterizzate dal continuo dialogo, perché durante il dialogo maestro-allievo, il bambino può "appoggiare" la sua parola su quella dell'adulto, affermare il suo pensiero e consolidare le forme linguistiche in corso di acquisizione (Charles, 2012).

Altri strumenti utili sono stati: l'uso del racconto per far comprendere aspetti microscopici del fenomeno di evaporazione, la produzione di "tracce" (foto sull'esperienza, la trascrizione dei dialoghi, cartelloni di gruppo, disegni liberi). Le tracce prodotte hanno avuto delle funzioni differenti, esse infatti sono servite nelle tappe di riflessione sul percorso, di elaborazione, di messa in relazione o di organizzazione dei concetti appresi, per precisare qualche quesito, per guidare l'azione, alimentare il dibattito, stabilizzare le acquisizioni. (Charles, 2012).

Un ruolo per me importante per verificare l'acquisizione degli apprendimenti lo hanno avuto i disegni prodotti dai bambini che spontaneamente non hanno nessuna delle caratteristiche che ci si attenderebbe da un disegno scientifico. Infatti, tali disegni, al di là delle numerose goffaggini del tracciato, sono spesso la manifestazione del vissuto con l'influenza delle impronte affettive. L'evoluzione verso rappresentazioni che si potrebbero qualificare come scientifiche, possono nascere dalla sollecitazione dell'insegnante che ad esempio incita i propri alunni a

disegnare quanto è stato fatto ed esperito nelle attività laboratoriali (Fig.1).

3. La sperimentazione

Situazione di apprendimento n°1: "Osserviamo l'acqua"

Si è iniziato con l'osservazione e la manipolazione dell'acqua allo stato liquido. I bambini attraverso la conversazione guidata sono giunti alla descrizione della sensazione di *bagnato* che dà l'acqua e alla constatazione che *l'acqua è liquida e trasparente, non si può prendere*.

Per giungere al concetto di trasparenza sono stati fatti svariati esempi con l'acqua in contenitori trasparenti e non trasparenti. I bambini hanno potuto notare che un foglio di cartoncino posto sotto il contenitore trasparente con l'acqua faceva sembrare l'acqua colorata. Si è, inoltre, visto la differenza tra trasparente e opaco con del cartoncino e dei fogli di plastica. I nuovi vocaboli di questa giornata sono stati appunto: *liquido, opaco e trasparente*.

Situazione di apprendimento n°2: "Osserviamo il ghiaccio"

Nel secondo giorno, si è portato del ghiaccio con cui i bambini hanno giocato, lo hanno manipolato, lo hanno fatto scivolare da un punto all'altro dei tavoli e, attraverso una serie di domande stimolo, hanno descritto il ghiaccio come: *freddo, più freddo dell'acqua, bianco, fa male a toccarlo, è duro, si può prendere, è scivoloso*.

Si è chiesto loro se sapessero come si facesse il ghiaccio. Qualcuno ha risposto che *si fa con dell'altro ghiaccio*, altri sono stati in silenzio, ma una bambina ha detto che *si fa con l'acqua e con il frigorifero*. A questo punto ho dato un 'compito per casa' per coinvolgere anche i

genitori, perché si potesse anche a casa parlare di questo argomento: l'indomani avrebbero dovuto portarmi del ghiaccio fatto da loro.

Situazione di apprendimento n°3: "I passaggi di stato"

Si inizia la terza giornata accogliendo i bambini sodisfatti per aver portato ognuno il proprio bicchiere con del ghiaccio e chiedendo poi come sia possibile far trasformare il ghiaccio in acqua. I bambini non hanno saputo rispondere e allora sono stati mostrati i passaggi di stato dell'acqua utilizzando un fornellino elettrico e un contenitore in Pirex. Dopo aver messo il ghiaccio dentro il contenitore, e acceso il fornellino e si è chiesto di descrivere cosa stesse succedendo. I bambini hanno risposto: *il ghiaccio sta diventando acqua*. Prestando molta attenzione e allontanando il contenitore in Pirex dalla fonte di calore i bambini hanno avvicinato la mano al vapore ed hanno percepito la sensazione di calore emanato dall'acqua, che con il passare del tempo stava diventando sempre più calda.

Dopo aver riposto il contenitore sul fornellino e dopo qualche minuto un bambino si accorge che *l'acqua bolle!*. Abbiamo aspettato ancora e hanno notato che il vapore continuava a diffondersi nella stanza e che, parimenti, l'acqua diminuiva fino a scomparire del tutto.

Alla fine l'acqua è diventata vapore ed è andata tutta su verso il cielo!

Il quarto giorno dopo aver ricapitolato le esperienze fatte nei giorni precedenti si è provato a costruire una mappa concettuale sui passaggi di stato (rappresentata attraverso i disegni). I bambini hanno colorato gli schemi della mappa concettuale, riportata su un cartellone, con gli acquerelli, divertendosi moltissimo. Alla fine dell'attività, tutti sono stati

in grado di 'leggere' il cartellone sui passaggi di stato.

Situazione di apprendimento n°4: "Le fonti di calore"

Il quinto giorno si è parlato delle fonti di calore, e li si è sollecitati per dire tutto ciò che conoscevano e che si comportava proprio come il fornellino. I bambini hanno suggerito tra le fonti di calore *il sole e il fuoco...* Abbiamo scoperto che in classe era presente una stufa elettrica che, seppur più lentamente, avrebbe sciolto il loro ghiaccio proprio come aveva fatto il fornellino elettrico il giorno prima! Quindi siamo arrivati alla conclusione che anche la stufa permetteva i passaggi di stato dell'acqua dalla forma liquida a quella gassosa.

Situazione di apprendimento n°5: "Il ciclo dell'acqua"

A questo punto del nostro percorso i bambini hanno chiari i concetti legati ai passaggi di stato. È giunto il momento di parlare del ciclo dell'acqua in natura. In aggiunta a quanto sperimentato nei giorni precedenti, si è trovato un buon supporto in un racconto inventato proprio per loro. È la storia di una gocciolina di acqua molto più piccola di una briciolina di pane, che evapora a causa del sole e sale in cielo con altre minuscole gocce di acqua a formare le nuvole...

La storia è stata supportata da disegni che hanno permesso di spiegare il ciclo dell'acqua a dei bambini così piccoli. Alla fine del racconto e dopo una conversazione guidata sulla storia, i bambini hanno prodotto un disegno e insieme all'insegnante è stato prodotto un grande cartellone con tecniche pittoriche miste di collage e acquarello.

La rappresentazione della storia della gocciolina di acqua ha permesso di passare da una osservazione di tipo macroscopica ad una osservazione di tipo mesoscopica.



Figura 1. Disegno di Martina, 4 anni.

Nel disegno vediamo rappresentati gli elementi fondamentali che caratterizzano il ciclo dell'acqua: il sole; (sotto) il mare in azzurro; (sopra) le nuvole in azzurro; alcune goccioline di acqua che evaporano (in azzurro) e altre che sono dentro le nuvole, e in questo caso le disegna verdi come la pioggia.

Situazione di apprendimento n°6: "L'arcobaleno"

L'argomento della settima giornata è noto ai bambini, non tanto per esperienza diretta ma perché capita spesso di vederlo rappresentato in fonti che potremmo definire indirette: parliamo del fenomeno dell'arcobaleno. I bambini, infatti, spesso lo vedono rappresentato nei cartoni animati o nei libri nelle situazioni più varie, senza fare riferimento, nella maggior parte dei casi, a come avviene questo fenomeno naturale. La scelta dell'argomento è stata dettata proprio dal fatto che questo fenomeno è spesso descritto in termini errati o, addirittura, mistificato.

Si è scelto allora di mostrare ai bambini una foto di un vero arcobaleno, legando l'immagine al raccontato del giorno in cui è apparso il sole dopo un temporale, caricando la storia emotivamente, cosa che spesso aiuta i bambini a immedesimarsi e a prestare maggiore attenzione ai

racconti. Dopo aver spiegato il fenomeno dell'arcobaleno, si è visto come creare un piccolo arcobaleno con un prisma di vetro. E, quindi, si è spiegato che la gocciolina di acqua si comporta esattamente come un prisma di vetro, modello che, in piccolo, ha ben rappresentato il fenomeno.

Situazione di apprendimento n°7: Che tempo fa?

Quest'attività è stata sviluppata come ultimo argomento, si è parlato del tempo meteorologico ed è stato realizzato un cartellone nel quale rilevare le condizioni climatiche giornaliere.

4. Conclusioni

La realizzazione del laboratorio scientifico ha percorso due fasi principali, quella ideativa della progettazione e quella attiva della realizzazione.

La fase di progettazione è stata necessariamente pensata in tutti i suoi punti, è stato fatto un piano di lavoro che prevedesse giorno per giorno: contenuti, obiettivi, tempi, strumenti...

Nella fase attiva della i dialoghi hanno rappresentato il punto forte della sperimentazione.

Durante il laboratorio, infatti, sono state registrate le conversazioni, di cui si è fatta la trascrizione. La rilettura dei dialoghi ha permesso di cogliere i passaggi di pensiero dalla conoscenza, che definirei spontanea, ad una conoscenza più indirizzata verso il sapere scientifico.

Il ruolo del docente è stato quello di condurre i bambini ad osservare certi fenomeni per far constatare e confrontare proprietà di oggetti, descrivere fenomeni, aiutarli a cogliere relazioni di causa-effetto.

Uno dei passaggi più interessanti è stato quello della scoperta del concetto di trasparenza dell'acqua. Così come si evince dai dialoghi, attraverso la presentazione

di diversi esempi e modelli, i bambini hanno compreso ad esempio che il "bianco" non è il termine che può rappresentare il concetto di trasparenza, e che quindi, la trasparenza è proprio la capacità di un oggetto di "far vedere attraverso".

Un'altra fase concettualmente importante è stata la comprensione delle fasi dei passaggi di stato dell'acqua. I bambini hanno visto trasformare un'unica quantità di acqua da ghiaccio ad acqua allo stato liquido, che trasformandosi poi in vapore è finita con lo scomparire, grazie ad una fonte di calore. Quindi con questi esperimenti hanno potuto correlare, nel modo corretto, il legame tra i vari passaggi di stato, scoprendo che il ghiaccio si fa grazie ad una temperatura molto bassa e che il vapore non è il fumo che si sviluppa a seguito di una combustione di un oggetto.

Quindi, attraverso il ruolo dell'insegnante che è il facilitatore del sapere, i bambini hanno potuto qualificare meglio il loro linguaggio, acquisendo termini come ad esempio: *vapore, evaporazione, fonte di calore, trasparente, acqua liquida, ghiaccio solido, ciclo dell'acqua, riscaldare, raffreddare...*

È importante sottolineare come il laboratorio abbia realmente dato spazio ai bambini per descrivere la realtà sulla base di modelli spontanei in un contesto di pari, riuscire a descrivere verbalmente un fenomeno osservato o un esperimento riprodotto, permettendo loro: di dare spazio alla meta-riflessione; di ragionare sulle esperienze vissute; di cogliere relazioni di tipo causa-effetto.

Validi strumenti di supporto alla sperimentazione sono stati: la narrazione, il disegno dei bambini come mezzo di rappresentazione del proprio pensiero e la realizzazione di lavori di gruppo che hanno permesso la realizzazione di una mappa concettuale sui passaggi di stato.

Bibliografia

- Bruner, J.S. (2000). *La cultura dell'educazione. Nuovi orizzonti per la scuola* (Vol. 222). Feltrinelli Editore.
- Carugati, F., Selleri, P. (2001). *Psicologia dell'educazione*. Il Mulino.
- Charles, F. (2012). *Découvrir le monde de la nature et des objets avant six ans à l'école maternelle: spécificités du curriculum, spécialité des enseignants*.
- Elby, A., Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*, 554-567.
- Union européenne. Commission européenne, & Union européenne. Direction générale de la recherche. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities.
- Vygotsky, L.S. (1990). *Pensiero e linguaggio*. Bari: Laterza.

IL MAGICO CAC-TUI ED ALTRI RACCONTI. UNA ESPERIENZA DI LABORATORIO DI STORYTELLING E DEMOIATRICA NELLA SCUOLA PRIMARIA

Francesca Morgese

Associazione Scienzappeal, Bari

Abstract

Si presenta il resoconto del progetto PON realizzato nell'a.s. 2013-2014 presso il 1° Circolo Didattico Statale "G. Settanni" di Rutigliano (Bari) dal titolo *Curiosando nel passato...scopro, conosco e valorizzo le tradizioni del mio paese*, indirizzato a 25 alunni della IV classe della scuola primaria. Il percorso formativo si è svolto in 50 ore. L'autrice del *paper* ha svolto la funzione di Esperto. Il percorso formativo ha affrontato il tema delle pratiche mediche che nel corso delle differenti epoche storiche e nei differenti contesti geografici sono state ritenute "scientifiche" e che sono state in passato utilizzate con intenti autenticamente terapeutici, pratiche che, invece, non fanno ormai più parte dell'assetto culturale contemporaneo per la difesa della salute. L'argomento è stato affrontato tramite la discussione di casi reali tratti dalle tradizioni popolari di Puglia e Basilicata. Il progetto è stato indirizzato alla promozione di competenze interdisciplinari di ambito scientifico ed umanistico, quali la competenza nell'individuare analogie e differenze attraverso il confronto tra quadri storico-sociali diversi, lontani nello spazio e nel tempo con particolare riguardo alle spiegazioni storiche di fenomeni di ambito medico e scientifico. La trattazione dei casi è avvenuta tramite ricorso a fonti storiche e attività di storytelling.

1. Una possibile definizione di “cultura popolare” e di “tradizione”

Ma funzionava?

Questa è la domanda che più frequentemente viene posta all'insegnante dagli studenti che si imbattono nello studio della storia delle pratiche e delle teorie mediche. Pratiche e teorie che nel corso delle differenti epoche storiche e nei differenti contesti geografici sono state ritenute “scientifiche” e che sono state utilizzate con intenti autenticamente terapeutici. La domanda sorge dalla percezione di lontananza che si avverte rispetto ad esse, in quanto tali pratiche e teorie ufficialmente non fanno più parte dell'assetto culturale contemporaneo per la difesa della salute. Si tratta di una domanda alla quale chi si occupa a livello professionale di storia della scienza e di storia della demoiatria è sicuramente avvezzo. È la domanda che più facilmente sorge in qualsiasi conversazione nella quale si discorra di pratiche “popolari” di tutela e salvaguardia della salute e di difesa dalla malattia, a maggior ragione è abbastanza plausibile che essa sia la domanda posta più frequentemente in un percorso formativo incentrato su queste tematiche.

E non si tratta affatto di una domanda banale, anzi. Essa spalanca le porte alla curiosità, apre la strada ad altre domande ancora, essa permette ai bambini ed ai ragazzi di *inciampare nei problemi* e di cominciare a comprendere il punto di vista sulla scienza esercitato dai differenti contesti, dagli ambienti e dalle epoche storiche studiate, di ragionare “facendo finta” di trovarsi all'interno e non all'esterno dei “paradigmi”, come direbbero gli storici della scienza. E come direbbero gli storici *tout court* (e gli antropologi, come vedremo più sotto).

Contesto, senso, selezione, funzionalità

Queste sono le quattro “parole d’ordine” di un percorso didattico che si ponga a confine tra storia della scienza, demoiatria e storia della cultura “popolare”.

Cominciamo con il dire che “demoiatria” e “medicina tradizionale”, che è un suo equivalente, sono due termini ambigui e che tale ambiguità deriva dalla difficoltà di delimitare e definire il campo d’indagine stesso di ciò che è “popolare” e “tradizionale”, cioè quale sia il campo di indagine della cultura popolare e tradizionale. È indubbio, tuttavia, che con la definizione di popolare sia necessario “fare i conti” dal momento che tale concetto è insito nei lemmi stessi che definiscono la disciplina (*folk-lore*; *demo-logia*).

Nell’immaginario collettivo il termine “popolare” sembra avere una vita poco problematica in quanto sembra immediatamente legato ad alcune idee precise: *popolare* sarebbe ciò che è diffuso e *popolare* sarebbe ciò che è socialmente “basso”. *Cultura popolare* sarebbe qualcosa che riguarda il “passato”, qualcosa legata alla tradizione e contrapposta al mondo moderno e contemporaneo.

Tuttavia, approfondendo, sussiste una certa difficoltà nella definizione di che cosa sia la cultura popolare, quali siano i campi di indagine della cultura popolare, quando e in quali condizioni tali campi possano essere definiti tali (Clemente, Mugnaini, 2001, 188-89; Pianta, 1982, 15-17).

Anche il concetto di “tradizione” presenta le sue difficoltà. Innanzitutto quella di stabilire in quale rapporto la disciplina definibile “tradizioni popolari” si ponga con il passato, con l’asse del tempo. Se infatti l’oggetto dell’interesse fosse collocato solo nel passato e da lì venisse solo traslato al presente, alla ricerca di “antichi” costumi, “anti-

che” credenze, “antichi” testi, la disciplina rischierebbe di perdere il contatto con il presente vivo, ossia con il tempo in cui tale ricerca dovrebbe avere valore e funzione ed assumere significato e senso (Clemente, Mugnaini, 2001, 123-24). Non tutto ciò che ci viene dal passato assurgere, oltretutto, allo status di “tradizione”. Dunque, che cosa sarebbe “tradizionale”?

Noi abbiamo scelto di collocare il concetto di “tradizione” in un significato che riteniamo più autentico rispetto a quello presente nel pensare comune.

Secondo questo nostro modo di vedere la tradizione non è costituita da “messaggi culturali” trasmessi da una generazione all'altra e recepiti e custoditi immutati dalle generazioni successive, bensì è un processo di continua *costruzione* che le generazioni successive operano sul passato selezionando in esso ciò che esse stesse ritengono possa collocarsi a fondamento della propria identità.

Questa interpretazione del concetto di tradizione è alla base dei concetti di *attribuzione di senso* e di *funzionalità*, concetti cardine nello studio critico della cultura popolare: quando una comunità perpetra la celebrazione di un rito di antica origine, ad esempio, lo fa anche perché in tale rito essa affonda la propria identità, perché tale rito è funzionale a ciò che la comunità sente di essere e di voler affermare in quel momento. In questa differente accezione di tradizione un ulteriore elemento di fondamentale importanza è il *contesto*, che è l'elemento che più di tutti entra in rapporto dinamico con la tradizione stessa.

Prendendo a prestito l'approccio della ricerca antropologica, poi, l'indagine demologica o folklorica può essere intesa come una indagine sulle *diversità culturali*, nel *tempo* e nello *spazio* (Kilani, 1994, 33). Una indagine che va intrapresa a partire dai valori espressi all'interno stesso

del sistema culturale indagato, perché solo assumendo nell'indagine questo punto di vista "interno" è possibile comprendere un sistema culturale. Tale acquisizione è definita in antropologia "relativismo culturale".

2. La conoscenza antropologica come conoscenza narrativa: la centralità del progetto umano

La pratica antropologica si configura, dunque, come eminentemente *narrativa*: essa ha al centro una forte riflessione sulla *focalizzazione* ossia sul punto di vista dal quale si osserva e si agisce e dal quale si conferisce significato alla realtà (Bruner, 1997, 27). Lo scopo è confrontarsi con ciò che è diverso per ritornare infine nel proprio contesto portando con sé il patrimonio delle conoscenze acquisite e la consapevolezza del percorso fatto.

La pratica antropologica mette in luce il "capitale culturale" di ogni attività umana indagata ed a tale concezione della realtà non si sottrae alcuna attività umana, dunque neppure l'attività economica oppure l'attività scientifica che, pure, nel sentire più comune sono pratiche ammantate della corazza dei "dati di fatto".

Ed al centro del *senso della storia* c'è, poi, l'importanza del *progetto umano* in quanto è *dal punto di vista* del progetto umano narrato che gli eventi narrati acquistano *senso*.

L'importanza del punto di vista e della focalizzazione nella costruzione di senso ha come principale conseguenza la rilevanza della *selezione* che si opera in questo modo sui contenuti, in quanto da un particolare punto di vista non è possibile osservare l'intera scena bensì solo alcune parti di essa. Le parti che vedremo saranno per noi "reali", le parti che non vedremo, non le vedremo e basta oppure... riusciremo a vederle solo se cambiamo il punto di vista.

È evidente dunque quanto ci sia in comune tra uno dei più importanti principi della narrazione, appunto la focalizzazione, e l'approccio antropologico alla conoscenza, in cui centrale è il principio del relativismo culturale.

Di qui l'importanza del proporre agli studenti un approccio antropologico, quindi narrativo, anche allo studio delle discipline scientifiche. Tramite tale approccio antropologico allo studio della scienza, infatti, la comprensione di contenuti complessi verrà supportata, sostenuta, rappresentata da una storia riguardante uno o più personaggi e tale storia assumerà, quindi, un'altissima funzione *esplicativa* delle motivazioni, delle ragioni storiche, degli elementi da cui quel particolare problema, concetto, teoria, tradizione di ricerca, contenuto è nato.

Il contenuto di studio verrà così inserito in una *trama con schema di senso* che attiverà negli studenti identificazione, coinvolgimento, comprensione. Inserito in una *trama*, di quel particolare contenuto si esplicherà il ruolo particolare che esso riveste in una rete, in un sistema di elementi e questa collocazione di un nucleo di conoscenza in una rete complessa potenzierà l'attività di comprensione da parte degli studenti di quel singolo contenuto.

La capacità che le storie hanno di agganciare i contenuti in una tela di senso è, infatti, uno dei motivi per cui si ricordano meglio le storie, i racconti, rispetto ad altre forme di conoscenza e comunicazione.

3. I percorsi tematici proposti e le attività sviluppate

Il materiale narrativo che è stato proposto nel PON *Cu-rioso nel passato* non è stato costituito da un qualsiasi tipo di racconti d'invenzione bensì da materiale narrativo a contenuto storico-scientifico. Dunque il materiale nel quale selezionare la storia da narrare è stato un mate-

riale *storico*: l'esperto e gli studenti hanno scandagliato documentazione storica sui *case studies* selezionati ed *all'interno di essa* hanno impresso una strutturazione narrativa, selezionando e mettendo in evidenza gli eventi utili a narrare la particolare focalizzazione ed il particolare progetto umano scelto su una determinata malattia.

La competenza che è stata maggiormente sollecitata è stata, così, quella di individuare analogie e differenze attraverso il confronto tra quadri storico-sociali diversi, lontani nello spazio e nel tempo e quella nell'uso delle tracce storiche come fonti per produrre conoscenze sul proprio passato, della generazione degli adulti e della comunità di appartenenza.

Un'ulteriore competenza sollecitata è stata quella del saper cogliere le *narrazioni* che le società fanno su stesse a partire dalle interpretazioni che proiettano sul mondo, ossia saper cogliere gli elementi con cui una società "inventa" la propria tradizione storica (Hobsbawm, Ranger, 1983).

Nel PON sono stati proposti sei percorsi tematici, presentati in modo sintetico nel seguente elenco:

1. *Il culto di Sant'Antonio Abate e la tradizione dei fischiotti di terracotta di Rutigliano*
2. *Il rito della passata arborea e la cura popolare dell'ernia infantile*
3. *La mandragora: la lunga tradizione terapeutica di una pianta "antropomorfa"*
4. *La Rosa di Gerico e i riti popolari di protezione del parto*
5. *La Madonna della Cuddura di Parabita e la protezione della fertilità*
6. *Il Maggio di Accettura: un rituale popolare che scongiura le carestie e la povertà*

Ad ognuno di essi sono state dedicate 7 ore di laboratorio. All'interno di ciascun percorso tematico il lavoro è stato affrontato percorrendo le seguenti fasi di lavoro:

- proposizione del percorso tematico da parte dell'esperto, mediante l'ausilio di un file in Power Point con la presentazione del personaggio protagonista del percorso ricostruito mediante abbondante ricorso a materiale storico, bibliografico ed iconografico;
- rielaborazione e narrazioni di gruppo dei contenuti appresi;
- attività di storytelling ed elaborazione di prodotti narrativi originali: scrittura di un racconto; elaborazione di uno storyboard per un fumetto; elaborazione di una filastrocca; narrazione orale di una storia mediante il gioco dei dadi narrativi;
- elaborazione e somministrazione alle famiglie di una intervista riguardante le tradizioni familiari e del paese di appartenenza sugli ambiti tematici sollecitati in classe;
- Lettura collettiva delle risultanze delle interviste.

L'intero PON è stato completato da tre momenti di verifica: una iniziale, per la verifica dei prerequisiti e delle competenze in ingresso; in itinere e finale.

La Rosa di Gerico e il magico cac-tui: un esempio di attività di storytelling

Uno dei casi di studio proposti ha riguardato la longeva tradizione demoiatrica della così detta Rosa di Gerico (*Anastatica hierochuntica*), un fiore desertico dall'aspetto simile ad un piccolo cespuglio secco dotato di stelo che, posto nell'acqua, fa aprire, "fiorire", il cespuglio sovrastante. Numerose attestazioni etnografiche, anche pugliesi e lucane, ne documentano la trasmissione di madre in figlia e l'uso nei secoli come amuleto propiziatorio della buona

riuscita del parto. Il principio che domina l'uso tradizionale di questa pianta al momento del parto è, come spesso accade nei riti della tradizione, il rapporto di *simpatia* e *corrispondenza* posto tra l'elemento vegetale e l'essere umano: secondo la logica del pensiero simbolico ed analogico, infatti, ci si augura che il corpo femminile "si apra" e "sbocci" velocemente come la pianta, nella speranza che il parto sia il più veloce possibile. Al tempo stesso la donna, diventando madre, "sboccia" anche a livello sociale (Ranisio, 2003, 168).

Al termine del lavoro di proposizione della documentazione storica sulla Rosa di Gerico è stato proposto agli alunni di lavorare in gruppi di due per elaborare un racconto in cui una pianta conosciuta dagli alunni assumesse proprietà tipicamente umane (nel modo di nascere, di essere coltivate e sfruttate dall'uomo, nel modo di vivere) ed anche proprietà curative utili nella medicina degli uomini e si è chiesto loro di raccontare la storia di questa pianta rendendo evidente il rapporto di *simpatia* e *corrispondenza* dell'elemento vegetale con l'uomo, esattamente come avviene nella tradizione storica e popolare sulla Rosa di Gerico.

Gli alunni divisi in gruppi hanno prodotto otto racconti attinenti a questo percorso tematico, dei quali riportiamo qui il testo originale ed alcune considerazioni su uno dei più significativi per creatività e completezza narrativa, intitolato *Il magico cac-tui*.

Il magico cac-tui (autrici: Maggy, Francesca)

Tutti i cinesi in casa hanno una pianta speciale: il cac-tui, che è una pianta molto spinosa e dalle sembianze umane, che permette agli abitanti della Cina di preparare gli aghi per l'agopuntura. L'agopuntura è un rimedio tradizionale cinese per curare una bruttissima malattia: la ver-ru-pei. Questa malattia fa venire le verruche su tutto il corpo e se queste verruche non vengono

tolte entro un'ora causano la perdita della pelle. Ecco perché i cinesi hanno inventato l'agopuntura con le spine del cac-tui. Nel 1480 d.C. In Cina, nella città di Tai-wan abitava una famiglia molto povera, che era composta da tre persone: i genitori e una bambina, di nome Confucia. La mamma aveva 30 anni, il papà 48 e la figlia 2. Una mattina come sempre la mamma andò a svegliare Confucia e vide che la bambina aveva il viso pieno di puntini rossi. La mamma si preoccupò, subito pensando che fosse ver-ru-pei. Ma la mamma conosceva il rimedio: indossò i guanti, prese un ramo del cac-tui e staccò alcune spine. Poi prese Confucia in braccio dal lettino dove aveva dormito di notte. Chiamò il marito che subito andò a prendere un foglietto che una lontanissima parente aveva lasciato in eredità: su questo fogliettino c'erano scritte tutte le istruzioni per usare le spine del cac-tui nella cura della ver-ru-pei. Il marito lesse attentamente tutte le istruzioni e le seguì passo passo: come per magia le verruche sparirono per sempre. La morale di questa storia è: molte piante possono curare le malattie, qui abbiamo conosciuto la storia del cac-tui.

Il racconto mostra l'assimilazione di alcuni elementi chiave della cultura popolare, quali:

- l'appartenenza dell'uso terapeutico della pianta (in questo caso il cac-tui) ad una lunga ed antica tradizione popolare. L'elemento dell'antichità e della tradizionalità conferiscono "prestigio" alle pratiche terapeutiche nella mentalità popolare.
- La prevalenza dell'elemento femminile nel tramandare le istruzioni per l'uso della terapia. La linea femminile è quella maggiormente presente nella tradizione di una usanza da una generazione ad un'altra nella cultura popolare;
- l'antropomorfismo della pianta e la potenza simbolica ad esso connessa.

Si tratta di elementi presenti nella tradizione popolare della Rosa di Gerico che, pur nella rielaborazione spazio-temporale e collocazione della storia in un ambiente

esotico ed in un tempo lontanissimo (la Cina del XV sec.) rispecchia molti degli elementi presenti nel percorso tematico affrontato.

Il laboratorio narrativo è stato in seguito arricchito dalle risultanze emergenti dall'intervista somministrata dagli alunni alle donne della propria famiglia (madri, zie e nonne) sulle modalità in cui avessero vissuto il proprio o i propri parti, intervista che ha fatto emergere innanzitutto le differenze esistenti tra il parto ospedalizzato e medicalizzato odierno ed il parto vissuto in casa, come avveniva ancora in Italia prevalentemente fino alla metà del Novecento.

4. Conclusioni

Il percorso ha suscitato un grande interesse negli alunni che hanno vissuto l'esperienza di approcciarsi allo studio di argomenti scientifici da un lato e storici dall'altro in modo inedito ed accattivante.

L'attività di somministrazione delle interviste da parte degli studenti alle famiglie, in particolare ai genitori ed ai nonni, ha permesso ai bambini di entrare nel vivo della ricerca storica e nel vivo della costruzione delle narrazioni e delle storie sulle tradizioni popolari, riuscendo a far loro apprezzare le modalità con cui le persone costruiscono la propria memoria e la propria identità.

Si può concludere che l'approccio narrativo scelto ha avuto una grande efficacia didattica nella promozione delle competenze scelte come *focus* dell'intervento formativo.

Bibliografia

- Bruner, J.S. (1997). *La cultura dell'educazione. Nuovi orizzonti per la scuola*. Milano: Feltrinelli.
- Clemente, P., Mugnaini, F. (2001) Eds. *Oltre il folklore. Tradizioni popolari e antropologia nella società contemporanea*. Roma: Carocci.
- Hobsbawm, E. , Ranger, T.O. (1983) Eds. *The invention of tradition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kilani, M. (1994). *Antropologia. Una introduzione*. Bari: Dedalo.
- Pianta, B. (1982). *Cultura popolare*. Milano: Garzanti.
- Ranisio, G. (2003). La scena del parto. Pratiche e rituali della nascita nella devozione popolare (147-83). In Borsari, M., Francesconi, D. (Eds.), *Venire al mondo. L'elaborazione della nascita nelle religioni dell'Occidente*. Modena: Banca Popolare dell'Emilia Romagna.

LA NARRAZIONE COME MEDIATORE TRA L'ESPERIENZA CORPOREO-MOTORIA E LA CONOSCENZA DELLA FISICA

Mario Tanga

Accademico ordinario, Accademia dei Fisiocritici, Siena

Fausto Ghelli

Accademico, Accademia dei Fisiocritici, Siena

Giacomo Gelati

Accademico, Accademia dei Fisiocritici, Siena

Abstract

Si traccia un parallelo tra:

- contenuti della fisica (in particolare la meccanica – cinematica e dinamica –, incluso il concetto di SR e, in misura più limitata, la termodinamica)
- esperienza motoria
- media (verbali e non)

Modello didattico:

Proposta di esperienze motorie, guidate e spontanee, personali e osservate eseguite da altri, costruzione di un resoconto verbale eventualmente integrato con altri media, inclusi quelli digitali. Si guidano quindi gli allievi, in modo partecipato e collettivo (confronto, collaborazione), a concordare versioni via via più generali e astratte degli enunciati, compatibilmente con l'età degli allievi stessi, per avvicinarli a quelli della fisica, attraverso *problem solving*, abduzione, induzione.

Presupposti e implicazioni:

- Muoversi origina refferenze dal corpo tutto e dagli oggetti con cui si interagisce. Attraverso canali percettivi disparati, ma integrati tra loro, il soggetto si forma una rappresentazione multisensoriale e multifattoriale del vissuto. Il passaggio all'espressione verbale o di altro tipo non è scontata né neutra.
- L'elaborazione di modelli, leggi e principi della fisica avviene da prospettiva privilegiata, quella soggettiva. Il confronto tra il corpo altrui o l'oggetto, osservati, e il corpo proprio, percepito soprattutto propriocettivamente, permette di esperire modelli, leggi, principi della fisica.
- In linea di massima il modello didattico si basa sull'ampliamento del repertorio lessicale, lo sviluppo della capacità di costruire enunciati validi, di valutare la loro corrispondenza con il reale, di intraprendere procedure di esplorazione, scoperta e verifica. Cruciali il doppio senso del passaggio (enunciato↔realtà) e la cura del piano meta-conoscitivo senza dare nulla per scontato, per evitare equivoci e fraintendimenti.

1. Riferimenti concettuali

Il modello lineare stimolo→ elaborazione→ risposta va superato con un modello circolare tra percezione e azione, dato che l'atto percettivo solitamente include il collocarsi e l'orientarsi nell'ambiente, il gestire l'interazione tra recettore e fonte dello stimolo, la stessa azione è fonte di percezione e ogni azione motoria è monitorata e controllata per via senso-percettiva.

Soggetto e ambiente sono perciò un unico sistema, secondo il quadro tracciato dall'*esternalismo* e dalla teoria dell'*EEC* (Embodied Embedded Cognition).

Oltre ai cinque canali percettivi tradizionalmente riconosciuti, dobbiamo considerare quelli della *propriocezione* e della *vezione* (percezione degli spostamenti propri rispetto all'ambiente). Entrambe contribuiscono a raggugliarci sulla posizione del corpo (di un segmento rispetto all'altro e del corpo tutto rispetto all'ambiente) e delle sue variazioni (spostamenti in termini di velocità, accelerazioni, scosse subite dal corpo e/o spostamento di riferimenti esterni rispetto al corpo, immobile rispetto ad un SR più esteso), delle sollecitazioni meccaniche che il corpo imprime/subisce nei riguardi di sé e dell'ambiente (contatti, urti, pressioni, trazioni...).

Ogni canale percettivo non è mai autonomo: il SNC elabora le diverse esperienze integrandole tra loro e con le conoscenze pregresse in funzione di coerenza e sensazione. Siamo "poliestesici" e in continuità con tutto il nostro vissuto.

L'incrocio tra le discipline umanistiche e quelle scientifiche deve essere coraggiosamente portato alle più radicali conseguenze. Ciò porterebbe sinergie e vantaggi per entrambe. A scuola troviamo, per es., l'analisi logica nello studio della lingua, la logica in filosofia (quella sillogistica, o quella del terzo escluso), la logica "matematizzata" dell'algebra di Boole in matematica, misconoscendone il valore di parametro trasversale del pensiero e dell'espressione umana.

La didattica

Nella didattica valorizzeremo le afferenze della motricità, correlando la forza (come entità fisica) allo sforzo muscolare (come vissuto soggettivo), il peso alla pressione sui vari supporti delle parti del corpo che appoggiano, l'iner-

zia alla difficoltà o lentezza nel cambiare velocità/direzione, l'attrito radente alla fatica dello scorrimento, l'energia cinetica alla forza di un impatto, la spinta di Archimede al sostegno dell'acqua che ci consente di galleggiare, e via dicendo.

Nel percorso didattico terremo conto dei termini formali, ma correlandoli alla risorsa di partenza, il linguaggio comune, evidenziando o tracciando le correlazioni (non la coincidenza né l'equivalenza) tra i due. L'imbuto di Norimberga è storia lontana: ogni essere umano è un sistema attivo e non è mai "tabula rasa".

L'approccio intuitivo favorirà l'immaginazione e la capacità di formulare ipotesi, (pensiero abduttivo).

Il registro della narrazione sarà privilegiato e costituirà un ponte verso la formalizzazione simbolica, sfruttando i fattori comuni: un repertorio di *segni* correlabili a un repertorio di *significati* e con funzione referenziale, organizzati in *paradigmi*, modelli e regole per costruire *sintagmi*, valutabili secondo i criteri di *veridicità* e *validità*, e secondo *criteri estetici*, sottoposti a *regole* e *protocolli di uso*. In altre parole tutti i linguaggi fanno i conti con le dimensioni cotestuale e contestuale. Insomma: il calcolo "è" narrazione, e la narrazione "ha" aspetti computazionali. La comunicazione è comunque centrale: esporre, ascoltare, partecipare, condividere, negoziare, collaborare sono tutti momenti connaturali alla conoscenza per darle significato, senso e funzione. Le metafore della trofallassi (come è trattata da Maturana e Varela) e della connettività di rete metafore non sono. Forma e contenuto sono in continuo rapporto dialettico, sono una parte dell'altro. Prassi e semiosi sono assi portanti della didattica.

L'acquisizione di abilità motorie e la loro messa in atto implica una computazione neuronale non consapevole,

molto rapida, praticamente in tempo reale, che poco o nulla ha a che vedere con le formalizzazioni matematiche di tali computi. Due esempi:

- Un bambino vuol colpire un bersaglio lanciandoci contro un oggetto, per esempio un segno sul muro con una palla. Partendo dalla considerazione del punto nello spazio da raggiungere, il suo SN calcolerà la velocità da imprimere alla palla perché giunga a destinazione. Per poter imprimere questa velocità il bambino sa (o meglio il suo SN sa) che, nell'arco dell'escursione dell'arto superiore (se lancia con il solo gesto dell'arto superiore) deve imprimergli una certa accelerazione. In termini matematici: il S.N. del bambino deve elaborare la derivata seconda dello spazio (la derivata prima è la velocità, appunto, e la derivata seconda è l'accelerazione), senza che abbia seguito un corso accademico di analisi!...
- Un bambino vuole afferrare al volo una palla che gli viene lanciata. Il bambino vede il compagno che imprime alla palla una certa accelerazione. Da ciò riesce a presumere la velocità con cui gli arriverà la palla e, a partire da questo, il punto e il momento in cui la potrà intercettare. In questo caso il SN elabora il calcolo inverso, l'integrazione: dall'accelerazione la velocità e dalla velocità lo spazio. Al solito: il SN è più competente del soggetto.

Il bambino vive l'esercizio di questa abilità in versione, per così dire, *friendly*, cioè, con un correlato di pensiero del tipo: "Se voglio colpire quel bersaglio devo indirizzarci la palla lanciandola verso di esso così e così, etc. etc.", oppure "Oddio! Ecco che il mio compagno mi lancia la palla, eccola che arriva ora, sopra la mia spalla esattamente... qui!". Il pensiero non sarà puramente verbale, o non lo sarà affatto, sarà verosimilmente affidato all'immaginazione visivo-spaziale quadridimensionale. Cosa

che è molto intuitiva e rapida, una sorta di simulazione interiore degli avvenimenti fisici, in grado di riprodurli secondo i parametri concreti di forza, velocità, attriti, reazioni elastiche. Eventuali incongruenze si aggiustano con l'esperienza.

Il bambino non ha nemmeno seguito un corso di anatomia funzionale al corso di Medicina, eppure sceglie e controlla perfettamente i suoi muscoli. Al solito: il suo SN lo fa per lui. Lui può sentire lo sforzo o la fatica della spalla, ma non vi dirà certo che ha azionato il deltoide perché elevatore del braccio, facendolo precedere dal sovraspinoso che è lo starter del movimento. Saperlo verrà dopo, eventualmente, e servirà nella misura e nei modi in cui gli permetterà di intervenire nell'elaborazione dei futuri comandi muscolari.

Per tutto questo è importante curare e valorizzare nel bambino le capacità motorie come punto di partenza e costante riferimento del suo apprendimento, strutturando un percorso cognitivo che consenta di sfruttare per costruire poi le corrispondenti abilità di formalizzazione matematica e scientifica, senza mai dimenticare di lasciare attive le correlazioni che vanno dalle prime alle seconde e dalle seconde alle prime.

CONTENUTI DI FISICA	ESERCIZI O MOVIMENTI DEL CORPO CORRELATI
<p>1. Composizione e scomposizione vettoriale e rappresentazione numeri complessi; formule di Eulero</p>	<p>Stacco dei salti; lancio di oggetti in andatura; spinte e trazioni lungo linee angolate rispetto alla direttrice di movimento; alzarsi in due dalla posizione seduta a terra, schiena contro schiena PAROLE CHIAVE: direzione, combinazione di direzioni, effetto equivalente</p>

CONTENUTI DI FISICA	ESERCIZI O MOVIMENTI DEL CORPO CORRELATI
<p>2. Momento di rotazione o momento angolare; Geometria delle masse; Momento di inerzia (coppia); Rotolamenti e rotazioni</p>	<p>Capovolte a terra, in volo, in acqua; piroette; rotazione di oggetti con circonduzione PAROLE CHIAVE: girare, ampiezza, forze, intorno a-</p>
<p>3. Movimenti a una, a due, a tre dimensioni; Composizione delle rotazioni</p>	<p>Spostamenti lineari, o movimenti a 1 dimensione (tiro alla fune, arrampicata alla pertica, scivolamento nel nuoto), PAROLE CHIAVE: traslazione, in lungo, direzione e verso, linea retta</p> <p>Movimenti rotatori su un piano o attorno a un asse (capovolta, rotolamenti, ruota) traslazioni lineari su due dimensioni (spostamenti su uno spazio piano) o movimenti a 2 dimensioni, PAROLE CHIAVE: rotazioni, asse, traslazione, in lungo e in largo, piano</p> <p>Rotazioni/traslazioni sui tre piani/intorno ai tre assi o movimenti a tre dimensioni (es. inversione ed eversione del piede, circonduzioni dell'arto superiore e paradosso di Codman, virata nel nuoto) PAROLE CHIAVE: rotazioni, traslazioni, in lungo, in largo e in alto/basso, asse, spazio</p>
<p>4. Vincoli e libertà di movimento</p> <p>5. Le leve</p>	<p>Oscillazioni e slanci con un'estremità dell'arto libera Spinte e trazioni contro resistenze fisse (suolo e grandi attrezzi); movimenti in volo; esercizi in sospensione e/o in appoggio ai grandi attrezzi PAROLE CHIAVE: libertà di movimento, impossibilità di movimento, resistenza, opposizione</p> <p>Uso di leve rigide come nell'altalena (1° genere), nelle azioni di catapulta (2° genere), di "piede di porco" (3° genere), uso del corpo tenuto rigido a mo' di leva PAROLE CHIAVE: forza, trasmissione della forza, fulcro, direzione, spostamento</p>

CONTENUTI DI FISICA	ESERCIZI O MOVIMENTI DEL CORPO CORRELATI
Reazione vincolare (Equazioni della statica e principio dei lavori virtuali)	Spinte e trazioni contro resistenza fissa per spostare il corpo, utilizzando l'appoggio dei piedi, delle mani, del dorso o di altre parti del corpo PAROLE CHIAVE: forza, opposizione, reazione, direzione
6. $F = m \cdot a$	Lancio o arresto di attrezzi di massa molto diversificata, es. un pallone leggero, uno pesante, una palla medica PAROLE CHIAVE: forza, inerzia, variazione di velocità
7. Azione e reazione	Lancio di oggetti di massa diversa usando una posizione che evidenzia il "rinculo", es. stazione eretta a piedi uniti, o appoggiati su un carrello libero di muoversi su ruote, azioni di opposizione (spingersi reciprocamente, etc.) PAROLE CHIAVE: forza, inerzia, variazione di velocità, effetto prodotto, effetto subito
8. Movimento pendolare semplice e composto	Oscillazioni degli arti ad arto teso e lasciato libero di flettersi/estendersi a livello delle articolazioni intermedie (soprattutto gomito e ginocchio); eventuale sovraccarico vincolato all'estremità libera dell'arto oscillante; oscillazioni del corpo in sospensione a corpo teso e lasciato libero di flettersi estendersi a livello delle articolazioni intermedie (soprattutto spalla, anca e ginocchio); altalena, cavallo a dondolo PAROLE CHIAVE: oscillazione, ciclo, perno, ampiezza
9. Accelerazioni centrifuga e centripeta nei movimenti rotatori	Piroette, rotazioni veloci, slanci degli arti, anche impugnando e rilasciando oggetti; far ruotare una corda tenendola a un'estremità, con un peso legato all'estremità libera, verificando la tensione PAROLE CHIAVE: rotazione, forza, velocità, in dentro, in fuori
10. Interazione meccanica e scambio di energia cinetica	Esercizi a coppie, con movimenti impressi e subiti da ciascuno dei due nei confronti dell'altro; spostamento di oggetti e movimenti passivi subendo sollecitazioni esterne PAROLE CHIAVE: forza, effetto, perdita, aumento

CONTENUTI DI FISICA	ESERCIZI O MOVIMENTI DEL CORPO CORRELATI
11. Energia cinetica e energia potenziale	Salto e caduta. Sollevamenti e cadute del corpo e degli oggetti, salita e discesa da dislivelli, lancio in alto e ripresa di palloni o attrezzi adeguati; rimbalzi elastici delle articolazioni e di oggetti Trampolino elastico; oscillazioni attive e passive del corpo in sospensione e in appoggio. Oscillazione degli arti con e senza sovraccarico. Arrampicate e cadute. Elevazione di carichi PAROLE CHIAVE: movimento, immobilità, liberazione di energia, accumulo di energia, conversione
12. Accelerazione di gravità – Forza gravitazionale	Esercizi di tuffo e di caduta; salto in elevazione (test di Abalakov, etc.) e atterraggio PAROLE CHIAVE: peso, accelerazione, caduta, verticale
13. Transfert	Esercizi di slancio e blocco dello slancio di arti superiori o inferiori per innescare o facilitare il movimento del busto o l'elevazione del salto (in combinazione con la reazione vincolare) PAROLE CHIAVE: slancio, arresto, passaggio, incremento
14. Energia elastica. Reazione elastica (del corpo e degli oggetti esterni, lunghezza libera di inflessione nei vari casi di vincolo: a mensola, carrello-carrello, incastro-incastro, e soluzioni combinate)	Rimbalzi su trampolino elastico o su pedane elastiche; rimbalzi del pallone su superficie rigida; colpire la palla per scagliarla lontano; Spinte contro resistenze elastiche, mantenimento delle deformazioni elastiche di oggetti esterni, controllo del rilascio dell'energia elastica; pliometria. PAROLE CHIAVE: deformazione, reazione elastica, forza applicata, forza restituita
15. Equilibrio statico (forza peso contro reazione vincolare e contro spinta di Archimede; poligonale d'appoggio e poligono funicolare delle forze)	Equilibrio su superfici ristrette (monopodalico, monopodalico parziale, su superfici limitate); equilibrio su appoggi multipli (quadrupedia, due piedi e una mano, etc.); equilibrio in acqua PAROLE CHIAVE: stabilità, mantenimento dell'equilibrio, rottura dell'equilibrio

CONTENUTI DI FISICA	ESERCIZI O MOVIMENTI DEL CORPO CORRELATI
16. Equilibrio dinamico (entrano in gioco altre forze, azione-reazione)	Corsa in aumento e diminuzione di velocità. Arresti e partenze di corsa. Corsa in curva o con cambiamenti di direzione. PAROLE CHIAVE: aumento di velocità, diminuzione di velocità, cambio di direzione
17. Balistica del corpo nei salti	Salti in estensione e in elevazione; variazione dell'angolo di lancio rispetto all'orizzontale; salti da fermo e con rincorsa. PAROLE CHIAVE: traiettoria, altezza/lunghezza
18. Balistica dell'oggetto lanciato	Lanci in elevazione e in estensione, con movimenti rotatori e lineari; variazione dell'angolo di lancio rispetto all'orizzontale PAROLE CHIAVE: traiettoria, altezza/lunghezza
19. Attriti, assorbimento e dispersione di energia urto elastico ed anelastico	Scivolamenti su supporti levigati; cadute su tappetone; ammortizzamento attivo (muscolare) di cadute; presa su supporti che impediscono lo scivolamento; palleggi e rimbalzi con pallone gonfio e sgonfio. PAROLE CHIAVE: opposizione al movimento, smorzamento dell'energia
20. Il corpo come sistema meccanico e come sistema termodinamico	Termoregolazione. Riscaldamento atletico. PAROLE CHIAVE: trasmissione di calore, differenza di temperatura, equilibrio termico, contenuto termico
21. Spinta di Archimede	Galleggiamento statico con diversi gradi di inspirazione e variazioni di assetto idrostatico con zavorre e galleggianti PAROLE CHIAVE: galleggiamento, affondamento, neutralità
22. Portanza	Effetto propulsivo della battuta dei piedi in acqua; Movimento della "delfinata" PAROLE CHIAVE: movimento, propulsione, perpendicolarità
23. Penetrazione e resistenza idrodinamica	Entrata in acqua in tuffo; scivolamento in acqua; corsa e movimenti vari in acqua; differenza tra "andata" e "ritorno" nel movimento a remo (es: bracciata stile libero) PAROLE CHIAVE: movimento, resistenza

2. Metodi e procedure

Presentare agli alunni il movimento, la posizione o l'esperienza calandoli in situazione e puntualizzando/focalizzando gli aspetti rilevanti, avvalendosi in modo integrato di indicazioni di vario genere, usando gesti ostensivi, mimetici o la presentazione di semplici grafismi, brevi filmati o animazioni. Si terrà sempre conto di come, cognitivamente ed emotivamente, l'alunno vive l'esperienza.

In una prima fase può essere didatticamente funzionale far provare a un solo soggetto l'azione o la manipolazione, mentre gli altri osservano, per coinvolgerli in un secondo momento, di lì a breve. L'esecuzione alternerà momenti guidati e liberi, valutando momento per momento quale dei due modi può essere più opportuno, osservando e valutando e coinvolgendo gli alunni chiedendo loro resoconti. Da questo vanno guidati con continuità a forme di espressione verbale e logica per la costruzione di una narrazione, evidenziando anche incongruità o contraddizioni.

Dare enfasi alle parole chiave emerse nelle espressioni dei bambini, altrimenti offrire spunti e suggerimenti.

Intraprendere anche il percorso opposto, offrendo loro una narrazione, a partire dalla quale andranno a realizzare la loro esperienza.

Il cammino esperienza → narrazione e narrazione → esperienza dovrà essere sempre pervio e fluido in entrambe le direzioni, al fine di promuovere altri modi di formalizzazione delle conoscenze fisiche.

Si dovrà fare particolare attenzione a rimuovere i luoghi comuni, come per esempio la credenza (fallace ma corroborata dall'intuizione) che un oggetto che venga fatto ruotare, nel momento del rilascio si allontani secondo una direzione radiale data dalla centrifuga e non secondo la

tangente data dalla velocità. In questo caso per esempio si focalizzerà la corrispondenza tra il punto di rilascio e la traiettoria intrapresa.

Altro esempio: comunemente si crede che il galleggiamento sia una virtù acquisita con l'apprendimento ("saper galleggiare"). Se questo può avere un significato per il galleggiamento attivo, per il galleggiamento statico è solo un fatto fisico. Con buona acquaticità, rimanendo immobile in acqua con il viso immerso, si può constatare lo stabilizzazione del galleggiamento su base puramente fisica.

Portare gli allievi ad avvalersi dell'esperienza diretta e dell'osservazione come di risorse o fonti distinte, pur se correlate e integrate.

Le elaborazioni narrative e grafiche saranno poi raccolte, organizzate e riutilizzate.

3. Obiettivi, indicatori e descrittori

OBIETTIVI	INDICATORI	DESCRITTORI
1. Saper dare il giusto significato ai termini del linguaggio naturale e saperli usare	1.a. Riconoscere il significato dei termini e degli enunciati del linguaggio naturale, saperli correlare e usare opportunamente	<p>1. Non riconosce né correla; 2. Riconosce alcuni termini/enunciati ma non li correla; 3. Riconosce buona parte dei termini e stabilisce alcune correlazioni; 4. Riconosce la totalità o quasi dei termini, stabilisce alcune correlazioni, ne fa uso anche se sporadico; 5. Riconosce la totalità o quasi dei termini e stabilisce buona parte o tutte le correlazioni e ne fa un uso appropriato</p>
	1.b. Spiegare il significato di termini ed enunciati del linguaggio naturale costruendo espressioni adeguate	<p>6. Non sa spiegare i significati; 7. Produce spiegazioni frammentarie e con incongruenze; 8. Produce spiegazioni parziali ma adeguate; 9. Spiegazioni adeguate; 10. Spiegazioni ben argomentate e ben correlate</p>
2. Saper descrivere con il linguaggio naturale le esperienze percettivo motorie in modo adeguato	Esprimere verbalmente in forma narrativa le esperienze motorie fatte	<p>11. Non riferisce le esperienze; 12. Le riferisce frammentariamente e con incongruenze; 13. Riferisce in modo accettabile e senza importanti incongruenze; 14. Riferisce correttamente e adeguatamente; 15. Riferisce con pertinenza e completezza</p>

OBIETTIVI	INDICATORI	DESCRITTORI
3. Saper convertire una descrizione/narrazione verbale in un'azione motoria	Realizzare un'azione motoria adeguatamente correlata ad un'espressione verbale	16. <i>Non effettua alcuna azione o azioni senza alcuna correlazione;</i> 17. <i>Effettua azioni poco pertinenti;</i> 18. <i>Effettua azioni abbastanza pertinenti;</i> 19. <i>Effettua azioni pertinenti;</i> 20. <i>Effettua azioni molto pertinenti</i>
4. Saper anticipare e programmare le proprie azioni	Descrivere in anticipo l'esperienza motoria che si va ad eseguire	21. <i>Non dà descrizioni dell'esecuzione a venire;</i> 22. <i>Dà descrizioni senza correlazione;</i> 23. <i>Dà descrizioni frammentarie e/o contenenti incongruenze;</i> 24. <i>Dà descrizioni correlabili all'esecuzione che segue;</i> 25. <i>Dà descrizioni pienamente adeguate e ben argomentate</i>
5. Saper correlare le esperienze in prima persona e quelle, analoghe, compiute da altri	Eeguire un'azione motoria analoga per scopo e funzione (non necessariamente uguale pedissequamente) a quella vista eseguire da altri	26. <i>Non esegue azioni o esegue azioni senza analogie;</i> 27. <i>Esegue azioni di scarsa analogia;</i> 28. <i>Esegue azioni con alcune analogie o comunque correlabili;</i> 29. <i>Esegue azioni con analogie significative;</i> 30. <i>Esegue azioni con analogie stringenti e pienamente significative</i>

OBIETTIVI	INDICATORI	DESCRITTORI
<p>6. Saper comparare e valutare comparativamente le azioni, astraendone gli aspetti rilevanti</p>	<p>6.a. Valutare differenze e/o analogie essenziali tra due azioni entrambe viste eseguire da altri o entrambe eseguite personalmente 6.b. Valutare differenze e/o analogie essenziali tra due azioni una osservata e una eseguita personalmente 6.c. Valutare differenze e/o analogie essenziali tra descrizione/spiegazione e azione eseguita o vista eseguire o fenomeno osservato</p>	<p>31. <i>Non rileva le analogie/differenze o ne rileva di non pertinenti;</i> 32. <i>Ne rivela di frammentarie e poco congruenti;</i> 33. <i>Ne rivela alcune di una certa congruenza;</i> 34. <i>Rileva analogie/differenze significative;</i> 35. <i>Rileva appieno e con pertinenza le analogie/differenze</i></p>
<p>7. Sapersi confrontare verbalmente e saper collaborare nel descrivere e nello spiegare le esperienze percettivo-motorie</p>	<p>Dialogare con gli altri, confrontarsi e collaborare alla descrizione/spiegazione di azioni e fenomeni</p>	<p>36. <i>Non si mostra capace di inserirsi in un circuito comunicativo;</i> 37. <i>Esprime qualcosa, ma non sa ascoltare;</i> 38. <i>Esprime ed ascolta;</i> 39. <i>Riesce ad effettuare un certo coordinamento del proprio contributo rispetto al contesto;</i> 40. <i>Si inserisce nel contesto, partecipa, porta e sa porgere il proprio contributo, sia sa avvalere di quello altrui</i></p>

OBIETTIVI	INDICATORI	DESCRITTORI
8. Saper riconoscere e descrivere le corrispondenze tra due analoghe esperienze concrete	Descrivere le corrispondenze tra due analoghe esperienze concrete	41. <i>Non sa produrre alcuna descrizione o ne produce di totalmente inadeguate;</i> 42. <i>Produce descrizioni, sia pur frammentarie e con incongruenze;</i> 43. <i>Riesce a descrivere alcuni aspetti significativi;</i> 44. <i>Descrive adeguatamente gli aspetti essenziali;</i> 45. <i>Produce spiegazioni piene e ben adeguate</i>
9. Saper riconoscere e descrivere le corrispondenze tra l'esperienza concreta e alcuni semplici concetti fisici espressi nel linguaggio naturale ad essa riferibili	Descrivere le corrispondenze tra l'esperienza concreta e alcuni semplici concetti fisici espressi nel linguaggio naturale ad essa riferibili	46. <i>Non sa produrre alcuna descrizione o ne produce di totalmente inadeguate;</i> 47. <i>Produce descrizioni, sia pur frammentarie e con incongruenze;</i> 48. <i>Riesce a descrivere alcuni aspetti significativi;</i> 49. <i>Descrive adeguatamente gli aspetti essenziali;</i> 50. <i>Produce spiegazioni piene e ben adeguate</i>
10. Saper riconoscere e descrivere le differenze tra due diverse esperienze concrete quando non corrispondenti	Descrivere le differenze tra due diverse esperienze concrete quando non corrispondenti	51. <i>Non sa produrre alcuna descrizione o ne produce di totalmente inadeguate;</i> 52. <i>Produce descrizioni, sia pur frammentarie e con incongruenze;</i> 53. <i>Riesce a descrivere alcuni aspetti significativi;</i> 54. <i>Descrive adeguatamente gli aspetti essenziali;</i> 55. <i>Produce spiegazioni piene e ben adeguate</i>

OBIETTIVI	INDICATORI	DESCRITTORI
11. Saper riconoscere e descrivere le differenze tra descrizione ed esperienza quando non corrispondenti	Descrivere le differenze tra descrizione ed esperienza quando non corrispondenti	56. <i>Non sa produrre alcuna descrizione o ne produce di totalmente inadeguate;</i> 57. <i>Produce descrizioni, sia pur frammentarie e con incongruenze;</i> 58. <i>Riesce a descrivere alcuni aspetti significativi;</i> 59. <i>Descrive adeguatamente gli aspetti essenziali;</i> 60. <i>Produce spiegazioni piene e ben adeguate</i>
12. Saper interpretare le prime semplici formalizzazioni grafiche e verbali, della loro natura convenzionalistica e della loro capacità di precisare, estendere e potenziare l'espressione dei concetti fisici	Interpretare semplici simbolizzazioni formali, attribuendogli un significato adeguato	61. <i>Non riesce ad interpretare alcun simbolo;</i> 62. <i>Fornisce interpretazioni frammentarie e poco congruenti;</i> 63. <i>Fornisce interpretazioni di una certa congruenza;</i> 64. <i>Fornisce interpretazioni significative;</i> 65. <i>Fornisce interpretazioni significative e pertinenti</i>
13. Possedere e saper ricorrere a semplici simbolizzazioni formali per esprimere contenuti riguardanti fenomeni o esperienze	Realizzare semplici simbolizzazioni formali relative a un fenomeno osservato o all'esperienza	66. <i>Non riesce a realizzare alcuna simbolizzazione;</i> 67. <i>Realizza simbolizzazioni frammentarie e poco congruenti;</i> 68. <i>Realizza simbolizzazioni di una certa congruenza;</i> 69. <i>Realizza simbolizzazioni significative;</i> 70. <i>Realizza simbolizzazioni significative e pertinenti</i>

OBIETTIVI	INDICATORI	DESCRITTORI
14. Saper usare in modo appropriato e contestualizzato le prime semplici formalizzazioni grafiche e verbali	Contestualizzare l'uso delle prime semplici simbolizzazioni formali	71. <i>Non contestualizza;</i> 72. <i>Contestualizza in modo frammentario e poco congruente;</i> 73. <i>Contestualizza con una certa congruenza;</i> 74. <i>Contestualizza in modo significativo;</i> 75. <i>Contestualizza in modo significativo e pertinente</i>
15. Saper astrarre, in modo conforme all'età, le prime concettualizzazioni della fisica	Astrarre, sia pure in forma molto semplice e con il linguaggio naturale, concetti riferibili alla conoscenza fisica dei fenomeni	76. <i>Non formula alcuna astrazione;</i> 77. <i>Ne formula di frammentarie e poco congruenti;</i> 78. <i>Ne formula alcune di una certa congruenza;</i> 79. <i>Ne formula di significative;</i> 80. <i>Formula astrazioni valide e pertinenti</i>

Bibliografia

- Antiseri, D. (2000). *Epistemologia e didattica delle scienze*. Roma: Armando Editore.
- Arcà, M. (2003) *La cultura scientifica a scuola. Percorsi nell'insegnamento della fisica e della biologia*. Milano: Franco Angeli.
- Bavero, F. (2014). *Che favola la scienza! La scienza raccontata con le favole per bambini di tutte le età*. Roma: Città Nuova Editore.
- Berthoz, A. (2012). *Le Sense du Moviment*. Paris: Odile Jacob.
- Bevilacqua, F., et al. (2001). *Science Education and Culture: The Contribution of History and Philosophy of Science*. London: Springer.
- Caressa, P. (1989), Storia e didattica della scienza: concetti ed esempi. *Revista de Didácticas Específicas*, 7, 23-44.
- Cigada, F., et al. (Eds.). (1996). *Il sapere scientifico della scuola*. Milano: Franco Angeli.
- Clark, A. (1996). *Being There, Putting Brain, Body, and World Together Again*. Cambridge, USA: Bradford Book.
- Clark, A. (2008). *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*. New York: Oxford University Press.
- Corni, F., Mariani, C., Laurenti, E. (a cura di). (2011). *Innovazione della didattica delle scienze nella scuola*

primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche. Modena: Artestampa.

Corni, F. (a cura di). (2004). *Le scienze nella prima educazione.* Trento: Erickson.

Dibattista, L. (2004). *Storia della scienza e didattica delle discipline scientifiche.* Roma: Armando.

Dibattista, L., Morgese, F., *La narrazione e le storie nella didattica della scienza: il contributo della storia e della filosofia della scienza*, in <<http://www.pratika.net/portal/ricerche/389-liborio-dibattista-francesca-morgese-qla-narrazione-e-le-storie-nella-didattica-della-scienza-il-contributo-della-storia-e-della-filosofia-della-scienzaq.html>> [consultato Gennaio 2014].

Dibattista, L. (2010). *La Storia della Scienza va a scuola*, Atti del Workshop, 11 Dicembre 2009.

Duschl, R.A. (1990). *Restructuring Science Education: The Important of Theories and Their Development.* New York: Teacher College Press.

Fierli, M., et al. (2004). *Le immagini e le pratiche della scienza nei libri di testo della scuola primaria e della scuola secondaria di I grado.* Roma : Zadig.

Goldberg, S. (2007). *Internalism and Externalism in Semantics and Epistemology.* New York: Oxford University Press.

Gouthier, D., Manzoli, F. (2008). *Il solito Albert e la piccola Dolly: La scienza dei bambini e dei ragazzi.* Berlin: Springer Verlag.

Holton, G. (2003). What historian of science and science educators can do for one another. *Science & Education*, 12, 603-616.

- Morgone, F., Vinci, V. (2010). *Performascienza: Laboratori teatrali di storia della scienza a scuola*. Milano: Franco Angeli.
- Pievani, T., Sala, M., Serelli, E. (2011). *La scoperta tra scienziati e bambini. Il caso dei taccuini giovanili di Charles Darwin*, Pisa: ETS.
- Salvadori, M. (a cura di). (2005). *Scienza in gioco: Costruzioni d'acqua di adulti e bambini*. Bergamo: Junior.
- Tanga, M., Ghelli, F., Gelati, G. (2014). *S4C – Science for Children – La scienza per i bambini*, Edito in proprio, Arezzo.
- Tanga, M., Ghelli, F., Gelati, G. (2014). *Idee per un manifesto della terza cultura*, Edito in proprio, Arezzo.
- Turkle, S. (editor) (2011). *Falling for Science. Objects in Mind*, Cambridge. USA: MIT Press.
- Winston, R., Goldsmith, M. (2013). *Esperimenti scientifici*. Milano: Feltrinelli Gribaudo.
- Zuccoli, F. (2011). *Dalle tasche dei bambini... Gli oggetti, le storie, la didattica*. Bergamo: Junior.

METAFORA, EMOZIONI E CONCETTI SCIENTIFICI: RABBIA ED ELETTRICITÀ

Alessandra Landini

Dipartimento di Educazione e Scienze Umane,
Università di Modena e Reggio Emilia

Premessa

L'esperienza di didattica delle scienze e l'approfondimento di alcuni studi di Federico Corni (Dipartimento di Educazione - Università di Modena e Reggio Emilia) e di suoi colleghi e collaboratori, hanno favorito la spinta motivazionale per intraprendere questa ricerca.

Il lavoro nasce anche dall'esperienza d'insegnamento e da una speciale attenzione al modo di costruire i concetti dei bambini e al loro modo "integrato" di pensare col corpo.

Si possono così evidenziare gli *assi concettuali privilegiati* che si intersecano nel lavoro che andiamo ad illustrare: un *oggetto privilegiato*, cioè la dimensione emotiva dei bambini, nella convinzione che esista una profonda connessione tra modo di pensare e modo di sentirsi e che questa connessione, se negata, porti ad un malfunzionamento del processo di insegnamento-apprendimento; uno *strumento privilegiato*, cioè la forza di "trasformazione concettuale" delle espressioni metaforiche e il loro importante contributo nel passaggio da conoscenze ingenua a conoscenze scientifiche più astratte.

A questi va aggiunto un altro strumento: la forza di «collegamento concettuale» del dialogo grazie alle strutture sintattiche, morfologiche, semantiche e dinamiche della lingua che elabora significati.

La sperimentazione

1.1. Contesto metaforico: presentazione ed esplicitazione del dominio source

Attraverso questo percorso andremo ad analizzare la categoria più pensata e quindi quella che ha a sua disposizione il maggior numero di parole, di categorie, di esperienze rendendola quindi, come ci spiega Manuela Cervi (Cervi, 2012b), la “più pensabile”. Quando le persone sentono la parola rabbia nella loro mente avviene una categorizzazione simile. Ad una domanda diretta sulla loro esperienza come “Cosa ti viene in mente con la parola *rabbia*? Che immagine associ alla rabbia?” le risposte sarebbero differenti. Questo dipende dal fatto che ognuno di noi ha una propria concettualizzazione della parola rabbia (D’Urso, Trentin, 1988). Ma la costruzione storica del nostro codice linguistico ne fa propria una, che veicola il concetto verso tutti i parlanti di lingua italiana. Questi processi sia individuali che linguistici legati alla concettualizzazione sono simili a quelli della concettualizzazione emotiva, tanto che il dissertare e parlare delle nostre esperienze di rabbia implicano la comprensione di questa esperienza su entrambi i versanti, quello cognitivo e quello linguistico, e anche sul piano emotivo: questa comprensione sarà addirittura già in parte strutturata prima dell’esito finale della concettualizzazione, costruendosi dentro il corpo in cui la si pensa, la si immagina e le si attribuisce significato. Entrando nello specifico, la concettualizzazione dell’emozione-rabbia è il contenuto assegnato da quel bambino a questa emozione partendo dalla sua esperienza, mentre sul piano linguistico è il contenuto assegnato da quella lingua utilizzata dallo stesso bambino a questa emozione per esprimere la sua esperienza.

Sono gli *image schema* che forniscono prove che la razionalità astratta è basata in larga parte sull'esperienza corporea e danno all'esperienza una struttura coerente e coesa essendo pre-concettuali. Non si tratta di immagini, ma di strutture olistiche (gestalt) che tengono insieme conoscenze generali, desunte da esperienze ricorrenti o salienti della vita: i concetti hanno così una struttura portante su cui appoggiarsi. Prendendo spunto da un'analisi di Emanuela Cervi (2012), può essere utile evidenziare gli *image schema* che ci interessano per una analisi metaforica della rabbia che possa fare da edificio portante della nostra esperienza:

- A. Contenitore o dentro/fuori
- B. Percorso da qui a là, Vicino/lontano: schemi di orientamento nello spazio;
- C. Costrizione, deviazione, attrazione, collegamento, scala: schemi di applicazione di una forza.

Ogni *image schema*, prosegue Cervi, seguendo la struttura proposta da Lakoff, (Lakoff, 1987· citato da Cervi, 2012), è costituito dalle esperienze del corpo ed è formato da:

- 1. Elementi strutturali
- 2. Logica
- 3. Metafore semplici

Per esemplificare lo *schema contenitore* (A), pensando al corpo che vive le emozioni e i bisogni primari, in genere emergerà: che (A1) si in-spira e si ex-pira, si in-gerisce e si ex-pelle...;(A2) che il corpo è confine che separa il dentro e il fuori; che (A3), secondo la logica booleana, se il contenitore A è nel contenitore B, e X è nel contenitore A, allora X è in B; che la metafora concettuale riguardan-

te la *rabbia* comprende infastidire (entrare nel fastidio), indispettire (entrare nel dispetto), infuriare (entrare nella furia).

Per esemplificare lo *schema percorso* (B) pensando sempre alle emozioni e al corpo emergerà: che (B1) il corpo in movimento si sposta da un luogo, seguendo una direzione e attraversando tutti i punti intermedi fino a un altro luogo di arrivo; che (B2) strutturalmente lo spazio attraversato dal corpo dal punto di partenza al punto di arrivo è formato da punti contigui che collegano la partenza all'arrivo con continuità; che (B3) più il percorso è lungo più aumenterà il tempo necessario a percorrerlo passando per tutti i punti intermedi che lo compongono dall'inizio alla fine.

Il lessico emotivo italiano fa ampio uso del *source-path-goal-schema* che si ritrova nell'emozione rabbia quando si dice "Mi fa arrabbiare", cioè mi conduce verso la rabbia, così come "allietare" significa andare verso la letizia.

Quando una persona si "arrabbia" con un'altra persona, diventa una sorgente di rabbia e la rabbia si muove verso il suo obiettivo, in questo caso, l'altra persona.

Ognuna di queste strutture mentali primitive sono, come abbiamo detto, fortemente incarnate nella nostra esperienza corporea ed emotiva e la nostra concettualizzazione è per questo profondamente embodied. Quindi usare le storie come una sorta di mediatore verso altre concettualizzazioni, tra cui quella scientifica, è potenzialmente funzionale e merita di essere sperimentato: questo proprio perché i concetti delle emozioni e quelli legati alle sensazioni rappresentano il bagaglio concettuale primario dei bambini che, attraverso le corrette sollecitazioni del pensiero narrativo, può evolvere verso altre astrazioni, anche grazie anche alla loro capacità immaginativa.

1.2. Contesto metaforico: presentazione ed esplicitazione del dominio target

La nostra sperimentazione ipotizza che gli strumenti concettuali che i bambini utilizzano per interpretare la realtà in cui sono immersi, la loro esperienza corporea elementare, i loro bisogni emotivi possano, attraverso le strutture primordiali di cui tutti noi siamo dotati, cercare assonanze e trovarle in un ambito apparentemente molto distante da loro come quello scientifico. Tra i fenomeni fisici che più sembravano adatti ad essere introdotti con un lavoro sulle emozioni, l'elettricità è parsa la più funzionale: nel nostro caso si è trattato di analizzare il fenomeno elettricità dal punto di vista metaforico e stabilire come e sotto quali aspetti gli elementi strutturali che utilizziamo per descrivere i concetti legati a questa esperienza si possono collegare per analogia, e non solo, all'esperienza dell'emozione più provata dai nostri bambini: la rabbia. Da un dominio source ricco di strutture concettuali embodied, a un nuovo dominio target che ci permette di sondare meglio il fenomeno dell'elettricità.

1.3. L'aspetto di quantità, di qualità e di forza/potere

Come ben sottolineato da Amin (2009) e Corni (2013) per condurre i bambini verso la comprensione dei concetti scientifici sono necessari diversi elementi, tra i quali l'identificazione del sistema di Gestalt esperienziali che sono riflesse nella descrizione linguistico-culturale e scientifica di un fenomeno fisico. Ovviamente rientra in tale contesto esperienziale tutto il bagaglio di conoscenze ingenuie e misconoscenze di cui ognuno di noi è "portatore sano". È importante ricordare come classi di costrutti basati sulla lingua, in particolare le metafore verbali, siano legate implicitamente anche alle nostre conoscenze

ingenua, rientrando nella lista delle risorse per una “riedificazione” dei concetti. L’obiettivo dell’analisi che seguirà in questo paragrafo è quindi di individuare le FDG e gli image schema legati al fenomeno elettricità e creare un sistema di riferimento per la costruzione di una narrazione che, supportando il trasferimento di costrutti logici impliciti dall’esperienza emotiva all’esperienza scientifica, procuri risorse iniziali di ragionamento analogico: tentare di “testualizzare” tali mappature analogiche, attraverso una concettualizzazione cognitiva e linguistica, permetterà di padroneggiare meglio l’evocazione di concetti.

a) **Aspetto di quantità.** Spiega Corni: *un aspetto importante che individuiamo quando osserviamo qualcosa è la sua dimensione, cioè la quantità. (...) Dal punto di vista scientifico, l’aspetto di quantità di un sistema ci consente di individuare la grandezza estensiva caratteristica di quel sistema. Le grandezze estensive sono quelle grandezze fisiche che dipendono, appunto, dall’estensione di un sistema.*¹

Come sottolinea Corni, l’aspetto di quantità si ottiene per proiezione metaforica dell’image schema di sostanza (Johnson, 1987, citato da Corni, 2013) che, solitamente, è intesa come sostanza fluida, e quindi facilmente spostabile. La corrente elettrica è una grandezza estensiva che possiede le proprietà di sommabilità, scomponibilità e conservazione, o in alternativa, produzione/distruzione.

b) **Aspetto di intensità.** “Quando vediamo un fiume, insieme alla sua dimensione e alla quantità di acqua che scorre, ne osserviamo l’impetuosità (...) L’aspetto di intensità di un fenomeno si ottiene per proiezione metafo-

1. F. Corni, *Force Dynamic Gestalt, image schema e concetti scientifici*, (a cura di Corni, F.), *Le scienze nella prima educazione: un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*, cit.

rica degli image schema di polarità e di verticalità. (...)

Qui per "polarità" si intende la tensione che si crea nella nostra mente fra due qualità di una stessa quantità".²

La tensione provoca una relazione di complementarietà e di opposizione (ad esempio "lento"/"veloce"). La lingua ci permette poi di esprimere su una scala ordinata l'intensità di una quantità, dandoci un termine, per misurarla da un estremo polo all'altro della scala. Come si può intuire l'immagine schema di verticalità richiama la polarità alto/basso. *"Così la polarità alto-basso viene proiettata metaforicamente su tutte le polarità, per cui percepiamo l'intensità di una grandezza estensiva come un livello in una scala verticale. (...) Dal punto di vista scientifico, l'aspetto di intensità di una grandezza estensiva, (...) ce ne fa individuare una proprietà che corrisponde al concetto scientifico di grandezza intensiva"³*

Ad ogni grandezza estensiva è associata una ben precisa grandezza intensiva e bisogna prestare particolare attenzione a denominarle e differenziarle: alla carica elettrica corrisponde il potenziale elettrico, o tensione (elettrica). Quindi nel nostro ambito di esperienza le grandezze risultano così coniugate come nella tabella 1.

AMBITO DI ESPERIENZA	GRANDEZZE CONIUGATE	
	ESTENSIVE	INTENSIVE
ELETTRICITA'	CARICA ELETTRICA	POTENZIALE ELETTRICO

Tabella 1. Grandezze coniugate nell'ambito di esperienza elettricità.

2. Ibidem.

3. Ibidem.

c) L'aspetto di forza/potere. Entrambe le caratteristiche del fenomeno viste finora sono sempre presenti, anche se nell'esperienza la nostra attenzione viene catturata da un aspetto piuttosto che dall'altro, anche sulla base della salienza percettiva del momento. *“La forza di un fenomeno, il potere che ha su un altro fenomeno, costituiscono l'aspetto della FDG che si può far corrispondere alle nozioni di interazione e causazione. Tutte le volte che si ha a che fare con l'interazione fra due enti, emerge questo aspetto della FDG, che chiamiamo di forza/potere. (...) L'aspetto di forza-potere si ottiene per proiezione metaforica di diversi image-schema, a seconda del tipo di interazione e di risultato: manipolazione, costrizione, blocco, abilitazione, equilibrio.”*⁴

Lakoff (2012) afferma: *“Ogni metafora ha il dominio di origine, il dominio bersaglio e la mappatura dall'uno all'altro”*. Tuttavia è necessario fare riferimento al tipo di relazione che si stabilisce tra i due domini, individuando quali concetti del dominio origine vengono di fatto trasferiti al dominio oggetto. Si può fare riferimento allo “sfruttamento metaforico” (“metaphorical utilisation”)⁵: operare cioè l'analisi di quali elementi del dominio origine vengono trasferiti al dominio target. Grady e colleghi (Grady, Taub et al. 1996) introducono l'importante distinzione tra metafore primarie e metafore composte: le prime costituirebbero i “primitivi” dalla cui combinazione emergono le seconde. In questa accezione si enfatizza sugli aspetti per così dire “positivi” dell'estensione del trasferimento: i fattori che permettono il trasferimento di concetti tra i

4. Ibidem.

5. “Each metaphor has a source domain, a target domain, and a source-to-target mapping”, G. Lakoff, *Women, Fire, and Dangerous Things*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1987, p. 276.

domini vengono presi in considerazione perché funzionali alla comprensione, quelli “negativi”, che impediscono il trasferimento di determinati elementi dal dominio origine a quello target, lasciati in disparte in uno spazio generico dell’impianto semantico.

Approfondendo con i bambini le *FDG* e gli *Image schema*, raccontiamo il fenomeno in modo più completo e naturale di quanto non si pensi. Possiamo notare che, dal punto di vista linguistico, abbiamo effettivamente tre concetti distinti per trattare l’elettricità. Si può dire che l’elettricità è intensa, che c’è più o meno elettricità, che l’elettricità può essere potente. Queste tre forme sono strettamente legate.

Descrivendo l’intensità dell’elettricità, specifica Corni, esprimiamo anche l’idea di potenza del fenomeno, che fa riferimento al concetto di forza/potere. Al tempo stesso, come abbiamo sottolineato, poiché sono visibili solo gli effetti dell’elettricità e non l’elettricità stessa, può essere più immediato fare riferimento al potere che causa quegli effetti, piuttosto che alla quantità. Corni mette in evidenza poi come mettere in relazione i tre aspetti nell’introdurre i bambini al ragionamento quantitativo.

Dalle storie deve emergere un’idea: il potere di un processo aumenta al crescere dell’intensità (tensione) e della quantità. Il potere dipende sia dalla tensione sia dalla quantità; abbiamo bisogno di tensione e quantità per capire il potere, quindi il potere è il terzo concetto, diverso dagli altri due. (Corni, 2013)

In realtà si possono cogliere nel fenomeno naturale elettricità, e nelle descrizioni ingenua e scientifica che lo accompagnano, altre strutture di pensiero, *image schema* secondari che sono ricorrenti e molto importanti per favorire proiezioni complete di un sistema fisico così complesso. Prendiamo in considerazione altri *schema*, partendo da *contenitore* o *dentro-fuori*: la struttura dello *schema* è

una linea di confine (ad esempio la batteria) e la logica alla base dello schema consiste nel fatto che, nel nostro caso, la corrente elettrica sia o dentro o fuori il contenitore. Questa Image schema, che non è ancora rappresentazione, nasce dall'esperienza che separa il dentro dal fuori. Pensiamo a frasi come "la batteria è carica o è scarica", "prendiamo una batteria ricaricabile", suggeriscono che se è carica c'è dentro qualcosa, se è scarica è uscito fuori qualcosa, se è ricaricabile è possibile rimetterci dentro quel qualcosa che la fa funzionare, oppure diciamo che "dentro alla batteria c'è uno squilibrio di cariche". La corrente elettrica, ad esempio, è un movimento continuo di cariche elettriche elementari, cioè un flusso ordinato di elettroni, che ha luogo all'interno di alcuni materiali. In un linguaggio più comune sentiremo che "le nubi contengono grandi quantità di cariche elettriche" e se entriamo nei modi di dire troveremo "l'aria era piena di elettricità" lasciando intendere che l'aria possa essere un contenitore, oppure, "mi sento elettrizzato" verbalizzando di avere ricevuto elettricità ed essere quindi pieno di elettricità, ma intendendo di essere pieni di energia, adrenalina: in senso metaforico ovviamente, diventiamo anche noi dei contenitori.

Per esemplificare un altro image schema, lo schema *percorso*, pensando sempre all'elettricità emergerà che:

- (1) la corrente elettrica è determinata da un movimento di cariche che si spostano da un luogo (il polo positivo della batteria nella quale sono portate ad alto potenziale), seguendo una stessa direzione e attraversando tutti i punti intermedi fino a un altro luogo di arrivo (l'altro polo della batteria);
- (2) strutturalmente lo spazio attraversato dalla corrente dal punto di partenza al punto di arrivo è formato da

- punti contigui che collegano la partenza dall'arrivo con continuità (filo conduttore);
- (3) più il percorso-circuito è lungo più aumenterà il tempo necessario a percorrerlo: questo aspetto pur facendo parte del concetto e proiettato metaforicamente, non è proporzionato al tempo che impiega la luce a percorrere un circuito elettrico di ragionevoli dimensioni: comunque l'elettricità deve, passando per tutti i punti intermedi che compongono il circuito dall'inizio alla fine, e per tutti gli eventuali utilizzatori, compiere tutto il percorso, pena l'interruzione del circuito e quindi della corrente;
- (4) la metafora concettuale sullo scopo indica "gli scopi sono percorsi" (raggiungere i propri scopi, tendere a uno scopo...) e noi sappiamo che le cariche elettriche libere si muovono verso il polo negativo della batteria da cui vengono come «aspirate»; il loro posto viene occupato da altre cariche che escono dal morsetto positivo, da cui vengono come «pompate». Si ha così un movimento circolare di cariche, cioè una corrente elettrica: si muovono verso il loro scopo, il loro fine è andare dove c'è un minore potenziale elettrico.

Questo movimento che parte da una sorgente di corrente elettrica, lungo un percorso, verso un obiettivo al quale tendere, è analogicamente simile anche al SOURCE-PATH-GOAL SCHEMA.

2.1. Differenziare FDG e Image schema per cercare continuità: dall'emozione rabbia al fenomeno elettricità attraverso una storia

È arrivato il momento di esplicitare il transfert: si tratta ovviamente, parafrasando Lakoff e Johnson (1980) di una metafora viva, non ancora convenzionalizzata, che

crea somiglianze, anche se ci accorgeremo che già dalla lingua italiana emergono importanti parallelismi, metafore e metonimie. È importante sottolineare, anche se può sembrare scontato, che l'analisi metaforica dell'emozione rabbia si riferisce al bagaglio cognitivo condiviso dai parlanti italiani, secondo precise coordinate semantiche e che l'analisi metaforica del dominio elettricità mira alla differenziazione, in particolare, di schemi delle FDG, degli image schema e delle loro relazioni.

La storia scritta appositamente su questa analisi metaforica narra una vicenda molto naturale e frequente nella vita di un bambino: la rabbia provocata dalla paura di perdere l'amico più caro, di perdere un'alleanza speciale e il percorso fatto per riconquistarla. È necessaria un'altra premessa: si sono utilizzate spiegazioni del fenomeno della rabbia basate il più possibile su un linguaggio semplice e naturale con l'obiettivo di arrivare a ragionamenti corretti scientificamente. Per far questo e per rendere l'argomento adatto a bambini di 9 anni, alcune definizioni sul dominio elettricità saranno ad un occhio esperto parziali, ma epistemologicamente corrette. Cerchiamo di creare corrispondenze ontologiche e di cogliere quelle epistemiche prendendo spunto da un'analisi di Contini (2013), ben sapendo che le due mappature non sono sovrapponibili perché di natura diversa:

Dominio Source: RABBIA		Dominio Target: ELETTRICITA'
RABBIA	corrisponde	ELETTRICITA' (CARICA ELETTRICA)
TENSIONE	corrisponde	TENSIONE/DIFFERENZA DI POTENZIALE
PERCORSO EMOTIVO	corrisponde	CIRCUITO
PERSONAGGI/OGGETTI/ STRATEGIE	corrispondono	UTILIZZATORI/RESISTENZE

Tabella 2 - Possibile mappatura dei due domini.

Possiamo forse definire, osservando la tabella 2, la rabbia e l'elettricità come due forze della natura? Lo possiamo senz'altro fare per l'elettricità, che è un concetto scientifico primario. Ma anche la rabbia è forza della natura per l'uomo, per la sua vita emotiva.

L'elettricità si muove spinta da una polarità: la differenza di potenziale crea una tensione che fa fluire la carica elettrica. La rabbia si muove sul binario della polarità rabbia/filia: come Manuela Cervi evidenzia "l'alleanza viene affermata nella *filia*, ovvero in tutta la relazionalità positiva, e negata nella *rabbia*, ovvero in tutta la relazionalità oppositiva (es. simpatia-antipatia)" (Cervi, 2012).

Ecco trovata la polarità su cui si è strutturata la storia: comprendere che non riusciamo a stabilire un legame con l'altro. Per la forza elettricità la polarità sarà elettrizzato-scarico. La polarità affettiva è essenziale per i bambini non solo perché l'esperienza della rabbia è profondamente embodied, ma anche perché può tenere insieme la storia in un senso più generale e profondo rispetto a un racconto sull'elettricità, che risulterebbe forse troppo

astratto se non appoggiato a potenti Gestalt. Per lo più ci arrabbiamo in presenza di un ostacolo al soddisfacimento di un nostro desiderio, se ci arrecano un danno, se vengono frustrati i nostri bisogni essenziali e attribuiamo agli altri la motivazione di volerci ferire e di non fare nulla per evitarlo (Averill, 1982). L'interruzione di un circuito elettrico non permette di fluire alla corrente elettrica, è un ostacolo al soddisfacimento di un "bisogno" fisico: non è solo un gioco di parole. Potremmo immaginare la rabbia come un fluido che compie un percorso, che può essere interrotto o deviato su altre "resistenze"? Citiamo ancora Cervi:

(...) la rabbia può sì essere scaricata, o verso l'esterno o verso sé stessi, ma può anche essere negata, soprattutto in presenza di sentimenti opposti, e non per questo essere meno aggressiva (Cervi, 2012).

Qui la similarità appare evidente. Ma non si tratta solo di similarità, ma della funzione euristico-cognitiva della metafora. Proseguendo nella lettura della tabella ci domandiamo cosa rappresenta la parola tensione nei due domini. Quand'è che una batteria ha una tensione? Quando il circuito è aperto, se la batteria ha i fili del circuito staccati e misuro la tensione, la tensione è massima, ad esempio nel caso di una batteria può corrispondere a 9 V. E questa potenzialmente è una tensione che potrebbe scaricarsi su qualcosa. Nel parallelo con la rabbia: cos'è che crea una tensione? Ad esempio la paura di perdere un rapporto importante: il comportamento delle persone è profondamente condizionato dall'attrazione o dalla repulsione nei confronti dell'altro. Molto fa pensare alla tensione elettrica: ipotizziamo di separare delle cariche e mettere le cariche positive tutte da una parte e le negative tutte da un'altra. Si può arrivare a dire che loro "desidererebbero" stare in-

sieme. Se le si separa sono in tensione: appena si dà loro la strada (il circuito) per tornare insieme loro si muovono in quella direzione. Arriviamo così al concetto di percorso/circuito: senza un percorso faticiamo a percepire sia la rabbia sia la corrente elettrica in movimento. L'emozione può essere pensata, attraverso questo schema, come a una destinazione verso la quale si è diretti o verso un bisogno che deve essere soddisfatto. Attraverso le esperienze, l'incontro con le persone, la strada da percorrere per il raggiungimento della FILIA è una strada con più deviazioni, sottoposta a diversi fattori contestuali, una strada in cui operiamo scelte che ci portano verso possibili conseguenze relazionali e sociali. Come abbiamo già detto le metafore in questo caso sono collegate ad altre metafore (questo accade in ambedue i domini) che formano sottocategorie e reti di un complesso sistema concettuale Il *source-path-goal schema* penetra la dimensione linguistica e semantica della rabbia, "mi fa arrabbiare", cioè mi conduce verso la rabbia, a differenza del verbo "infuriare" che segnala l'immagine schema di contenitore da cui entrare o uscire, mi fa entrare dentro la rabbia. Cosa può incontrare la rabbia lungo il percorso? Può trovare ancora noi stessi e farci "bruciare dalla rabbia", oppure possiamo "agire sotto l'impulso dell'ira" è scatenarla contro qualcosa o, peggio, qualcuno. Talvolta riusciamo a "incanalare la rabbia in una reazione costruttiva", agendo e utilizzando l'energia in modo alternativo. Possiamo sperimentare schemi di applicazione di una forza come la costrizione, la deviazione, l'attrazione, il collegamento, la scala legata alla FDG di verticalità della rabbia con tutta la gradualità della sua intensità. Riprendendo Talmy possiamo affermare che nel linguaggio sarebbero già codificati questi concetti di interazione tra forze. La FD "è un sistema no-

zionale che struttura il materiale concettuale che riguarda l'interazione tra forze".⁶

Ciò significa che la concettualizzazione, le strutture per comprendere l'interazione tra forze, i processi, sarebbero già presenti con l'acquisizione del linguaggio.

A questo riguardo, per meglio esplicitare l'interazione tra forze e sondare i processi concettuali già codificati secondo Talmy, proviamo a sperimentare diversi tipi di percorso per la rabbia e l'elettricità. Come abbiamo già anticipato categorizziamo a livello esemplificativo 3 tipi di contesto/percorso partendo dall'esperienza rabbia:

- A1) Provi molta rabbia, la tensione è alta. La tensione si scarica su una persona, in questo caso anche verso te stesso, tenendola tutta dentro. Non opponi sufficiente resistenza, la tensione è troppo alta e vai in tilt, la rabbia ti brucia.
- A) Provi molta rabbia, la tensione è alta. La tua tensione si scarica su una persona che però resiste, la corrente non è eccessiva.
- B) Provi molta rabbia, la tua tensione è alta. Questa volta la rabbia si dirige prima su un elemento e poi sull'altro, due persone o due oggetti che oppongono resistenza, quindi la resistenza sarà doppia. Ottengo un risultato meno appariscente di prima: se questo avviene consequenzialmente, in sequenza per così dire, la tensione si scarica prima su una persona e poi sull'altra e la rabbia fluisce piano piano.
- C) Provi molta rabbia, la tensione è alta. Invece di scaricarla in sequenza per fare calare lentamente la tensione, decidi di utilizzarla su percorsi differenti contemporaneamente. La tensione è molto alta e la

6. L. Talmy, *Force Dynamics in Language and Cognition*, in "Cognitive Science" 12: 49-100, 1988, p. 49.

rabbia è tanta, ma la utilizzi su percorsi differenti che ti permettono di scaricarla più rapidamente. Non è più una rabbia che si dirige verso un unico obiettivo con una tensione troppo alta, ma è una rabbia che si divide su più obiettivi. Si dice che la rabbia “ci carichi di energia”.⁷

Sicuramente porta ad un surriscaldamento dell'atmosfera attorno a noi e dentro di noi che va gestita, se possibile, operando delle scelte. Se non hai autoefficacia, dalla rabbia puoi solo ottenere altra rabbia, mentre se hai autoefficacia puoi ottenere anche altro, qualcosa di qualitativamente importante.

Proviamo ora a descrivere alcuni aspetti del fenomeno elettricità seguendo la stessa mappa.

A1) La tensione della carica elettrica è alta. La tensione si scarica su un unico utilizzatore, per esempio una lampadina. La lampadina ha una resistenza troppo bassa per limitare la quantità di carica elettrica che la attraversa nel tempo: la lampadina brucia o il circuito va in cortocircuito.

7. Ma di che tipo di energia si tratta? Intanto bisogna specificare che la rabbia non può sempre e solamente essere sfogata, scaricata, ma va gestita. Se sfogare la rabbia contro una persona servisse a pacificarsi o solamente per scaricare l'energia si attiverebbe un circolo vizioso, che da uno sfogo di rabbia all'altro (dopo il tuo sfogo sarebbe il turno dell'altro di sfogarsi), porterebbe alla distruzione di uno dei due soggetti. La rabbia porta in realtà ad altra rabbia, se non diventa “un'energia che produce qualcosa”. Si tratta di diventare portatori di una qualità preziosa che lo psicologo Albert Bandura chiama autoefficacia. Mostriamo la nostra emozione, senza demonizzarla, siamo “coinvolti” e volgiamo esprimere il nostro bisogno, ma possiamo usare delle strategie, percorsi plurimi per far sì che la nostra emozione diventi produttiva in senso positivo per sé e per gli altri. (Per approfondimenti si veda D'Urso V. Arrabbiarsi, Il Mulino, 2001).

- A) La tensione della carica elettrica è alta. La tensione si scarica su una lampadina che però resiste, la corrente elettrica non è eccessiva e produce qualcosa, luce.
- B) La tensione della carica elettrica è alta. Questa volta la carica elettrica si dirige verso due elementi in successione, due resistenze o due lampadine che oppongono resistenza e la resistenza sarà doppia. Ottengo un risultato meno appariscente che con una lampadina, la forza con cui la tensione si è scaricata è inferiore, passa "la metà della corrente elettrica". Se questo avviene sequenzialmente, la tensione si scarica metà su una lampadina e metà sull'altra e la carica elettrica fluisce piano piano producendo luce, ma meno intensa.
- C) La tensione della carica elettrica è alta. La carica elettrica si dirige attraverso due fili paralleli su due lampadine. L'elettricità la utilizza tutta su percorsi differenti: hai il doppio di corrente elettrica e produci il doppio di luce di una singola lampadina.

Nel modello seguente si è cercato di visualizzare i quattro contesti/percorsi:

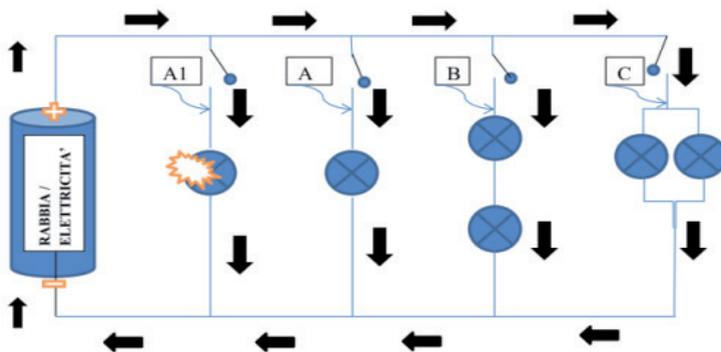


Figura 1 - Modello di visualizzazione dei possibili percorsi.

Finora abbiamo evidenziato che le metafore ci conducono a pensare alla rabbia in termini di intensità e questo ci fa pensare ad un livello in una scala verticale. Potremmo usare per descriverla degli aggettivi riferendoci a questo aspetto dell'esperienza-rabbia: la tensione della rabbia sale, può essere alta, intensa o bassa, lieve. Anche per la tensione elettrica possiamo parlare di alta tensione, di tensione intensa, di bassa tensione, di una lieve tensione. Potremo così parlare di una scala della rabbia che include un'intensità, un punto zero e un punto limite. Ma un altro aspetto diventa importante: possiamo chiederci quanta rabbia una persona ha dentro di lei? Come suggerisce Kövecses (Kovecses, 1986, citato in D'Urso, 2001) in questa riflessione *"includeremo solo i dettagli richiesti per il nostro scopo"*. Se consideriamo la rabbia, come abbiamo già detto, un fluido caldo, dobbiamo anche prevedere di analizzarla in termini quantitativi: "provo molta rabbia", "Il suo volto esprimeva tanta rabbia". Potremmo allora proporre che questo aspetto di quantità della rabbia ci possa far definire un sistema di questa emozione nel quale si afferisce alla grandezza estensiva di quel sistema come se si trattasse di una grandezza fisica. Stessa cosa potremmo tentare parlando della natura e delle condizioni in cui si trova il sistema-rabbia, riferendoci invece alle grandezze intensive.

Proviamo ora a inserire nella tabella di Corni (Corni, 2013) sulle grandezze estensive e intensive assieme all'ambito elettricità, l'ambito rabbia. (Tabella 3)

AMBITO DI ESPERIENZA	GRANDEZZE CONIUGATE	
	ESTENSIVE	INTENSIVE
ELETTRICITA' (oggetti elettrizzati, semplici circuiti elettrici con pila e una o due lampadine...)	CARICA ELETTRICA	POTENZIALE ELETTRICO
PROVARE IRA, RABBIA, FURORE (emozioni opposte alla calma/filia)	rabbia	tensione

Tabella 3 - Grandezze coniugate nei due ambiti di esperienza: elettricità e rabbia

Come si può notare sembra possibile che anche gli aspetti quantitativi ed estensivi di questo fenomeno fisico possano essere letti attraverso il sistema metaforico embodied dell'emozione rabbia. Il significato viene a sua volta costruito sulla base dell'esperienza che il parlante fa del mondo esterno attraverso la mediazione del proprio corpo.

Da questa analisi è possibile ricavare il modello della Figura 2, rielaborato a partire da una mappatura bidirezionale schematizzata da Fuchs (Fuchs, in Corni, 2013) in cui i domini condividono lo stesso spazio generico. Il modello meglio esplicita l'impianto metaforico nel suo complesso e nella sua dinamicità:

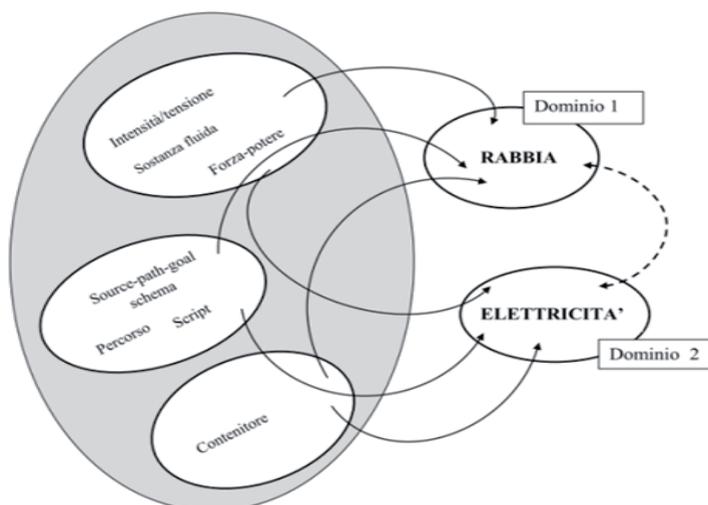


Figura 2 - Modello dell'impianto metaforico.

Ho seguito di conseguenza questo approccio metaforico-linguistico allo studio dell'impianto semantico e metonimico della rabbia, integrandolo con l'analisi dell'esperienza emotiva della rabbia, per impostare una sperimentazione. L'obiettivo di ricerca si può delineare con le seguenti domande interdipendenti: in che misura il lavoro sull'esperienza della rabbia, e la sua rappresentazione metaforica tramite la storia, hanno dato ai bambini migliori strumenti di comprensione? La comprensione del fenomeno elettricità è qualitativamente migliore? La narrazione, con il sistema metaforico analizzato e predisposto, favorisce l'acquisizione di strumenti per la concettualizzazione dei fenomeni naturali? La ricerca ha indagato questi strumenti di comprensione scegliendo come dominio di riferimento il fenomeno naturale dell'elettricità. Altro importante sotto-obiettivo è emerso nel cercare elementi

di conferma del fatto che noi concepiamo il nostro mondo esterno anche nei termini del nostro mondo interno. Nel rispondere a queste domande siamo andati in cerca delle metafore utilizzate per la rabbia tramite la storia, in quello che raccontano e descrivono i bambini dell'esperienza vissuta sull'elettricità. Allo stesso tempo si è utilizzata la narrazione per verificare come cambia dopo la storia-artefatto la loro descrizione di un vissuto di rabbia.

La ricerca, come si è visto, ha avuto come punto di partenza la riflessione su teorie e modelli di tipo ipotetico, per poi spostarsi in un continuum alla ricerca applicata. Pur essendo la ricerca sui problemi dell'educazione molto spesso puramente applicata, sembrava basilare partire dall'elaborazione di teorie e ricerche che potessero essere utilizzate come riferimento generale. Il docente all'interno dell'area di indagine non ha solo raccolto dei dati, ma ha avuto un ruolo di stimolo, di scelta degli obiettivi educativi e di comprensione della realtà, di strutturazione delle modalità di valutazione. Si potrebbe discutere di come la variazione di questo contesto educativo (il docente) incida sui risultati, o di come le variabili dei contesti educativi delle due scuole condizionino i processi di apprendimento. Anche per questo si è fatta la scelta di far condurre la lezione sul fenomeno naturale elettricità ad un esterno, che ha affrontato l'argomento sia nella classe sperimentale sia nella classe di controllo allo stesso modo. Parimenti si è scelto di somministrare una verifica oggettiva scritta, diretta, per isolare elementi di stimolo (docente) e concorrenti (stimoli esterni) e separarli dai termini del problema che sono osservabili. Allo stesso tempo parte dell'indagine è stata indiretta per osservare il comportamento di alcune variabili in base al loro effetto su altre variabili. Si è cercato per quanto possibile, all'interno

della pratica didattica, di utilizzare come Dewey (Dewey, 2014) ha scritto

metodi sistematici di ricerca, che quando vengono applicati a un complesso di fatti, ci consentono una migliore comprensione e un controllo più intelligente e meno confuso e abitudinario.

Se abbiamo prima affermato che il metodo di ricerca utilizzato parte da un approccio teorico, possiamo definire il resto della sperimentazione un approccio di ricerca-azione, che riflette, orientata al cambiamento e all'innovazione didattica, sulla pratica e sulle proprie azioni per apportare modifiche e ricercare tecniche riproducibili. Per quanto riguarda i fattori legati alla costruzione del gruppo, è evidente che creare gruppi da classi risulta più complesso, in quanto sono presenti più variabili da controllare, sia per eseguire un'estrazione di soggetti uguali in entrambi i gruppi sia poiché la sperimentazione si svolge sul campo. Il lavoro si è svolto con un gruppo sperimentale di 8 bambini, inserito nella classe quarta, che definiremo sperimentale per distinguerla da una classe quarta di controllo. La necessità di isolare un piccolo gruppo dalla classe sperimentale è nata dalle caratteristiche della metodologia con cui doveva avvenire la prima fase. Nonostante la storia potesse essere letta a tutta la classe, la fase successiva di *scaffolding* e facilitazione dell'insegnante, riguardo l'impianto metaforico, richiedeva un lavoro a piccolo gruppo, che necessitava di silenzio e concentrazione. Per questo la classe è stata divisa in 3 gruppi: solo il gruppo di 8 bambini ha partecipato alla seconda fase. Per comodità useremo delle sigle: GS (gruppo sperimentale), CS (classe sperimentale), CC (classe di controllo).

La sperimentazione si è strutturata nelle seguenti fasi:

1. GS e C.S. Intervista scritta, seguendo lo script su di un'esperienza vissuta di rabbia, quindi prima della nar-

- razione predisposta (pre-test sul dominio rabbia).
2. GS: Predisposizione del contesto affettivo-motivazionale attraverso la “storia-artefatto” (su un/una bambino/a che si arrabbia in occasione di un evento in modo eccessivo), in modo che da essa nascano occasioni per muoversi nella storia, discutere, sfruttando i concetti delle emozioni (versante cognitivo), la semantica delle emozioni (versante linguistico) e l’impianto metaforico dentro la storia;
 3. GS. Conversazione a piccolo gruppo con domande-stimolo dell’insegnante. L’insegnante fa da *scaffolding*: aiuta l’emergere dei concetti dalle esperienze, facilita lo scambio per far sì che i concetti si strutturino maggiormente e che, attraverso la comprensione esperienziale e semantica dell’emozione, la loro conoscenza emotiva si approfondisca e così pure l’aspetto linguistico-metaforico legato ad essa. La conversazione viene registrata.
 4. GS. Attività di esplorazione linguistico-metaforica: a. giochi di ruolo; b. ricerca di strategie nelle 5 fasi dello script: utilizzo di termini riferibili agli *image schema* e alle *gestalt* selezionate; c. esplorazione attraverso modeling simbolico e partecipativo di semplici situazioni per esplorare l’emozione rabbia della storia e dei concetti scientifici embodied.
 5. GS. Intervista scritta, seguendo lo script su di un’esperienza vissuta di rabbia. (post-test sul dominio rabbia)
 6. GS. Visualizzazione grafica in forma di processo dinamico dello script della rabbia in un’esperienza vissuta: disegno
 7. GS. Analisi delle interviste sull’emozione e delle conversazioni per identificare se sono già presenti, per il gruppo sperimentale, le variabili necessarie alla costruzione del concetto scientifico.

8. GS. e CS. Lezione frontale del prof. Corni a tutta la classe sul fenomeno fisico dell'elettricità (la lezione viene registrata).
9. CC. Lezione frontale del prof. Corni a tutta la classe sul fenomeno fisico dell'elettricità (la lezione viene registrata).
10. GS., CS., CC. Verifica su tutti i bambini di tipo diretto e indiretto: questionario e analisi delle registrazioni. (Post-test sul dominio elettricità)
11. GS. Conversazione autogestita dal gruppo, con "Question leader", alla presenza del l'insegnante-facilitatore, sull'argomento elettricità e sulla lezione del prof. Corni. La conversazione è stata registrata. (Post-test)

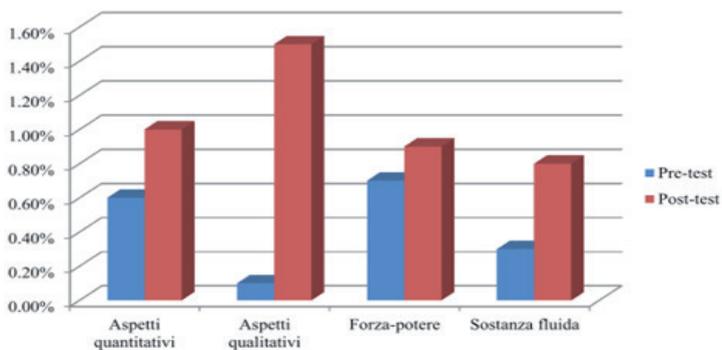
Va esplicitato che per quanto riguarda il dominio elettricità, né il gruppo sperimentale, né la classe sperimentale, né la classe di controllo sono stati sottoposti a pre-test sul dominio elettricità, ma sono state registrate solo le "misure" in uscita (post-test): l'esperienza si è differenziata quindi solo per il trattamento-narrazione con l'impianto metaforico predisposto.

2.2. I risultati

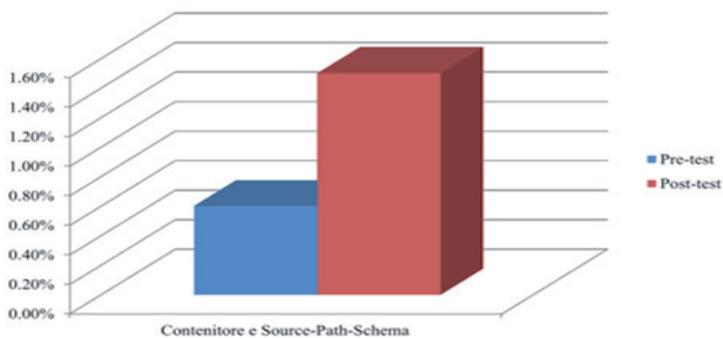
Non è possibile inserire in questo articolo i risultati in modo esaustivo, ma dagli istogrammi si potranno dedurre le modificazioni più significative rispondenti alla nostra research question.

La compenetrazione dell'impianto metaforico nelle descrizioni dei bambini è ravvisabile soprattutto attraverso la normalizzazione dei dati: le parole coinvolte in immagini metaforiche, in metonimie e in analogie rappresentano il 22,1% sul totale delle parole nel pre-test, mentre all'interno del post-test la percentuale raggiunge il 34,7%. Dai dati rilevati emerge un incremento quantitativo e qualitativo.

vo della capacità di comprensione e produzione metaforica dei bambini. Questo trend è confermato anche da un'analisi normalizzata del numero di metafore contate nel testo, rispetto al numero totale di parole del testo stesso. Come si vede negli istogrammi FDG 1 e Image schema 1, non cambia il peso relativo tra pre-test e post-test.



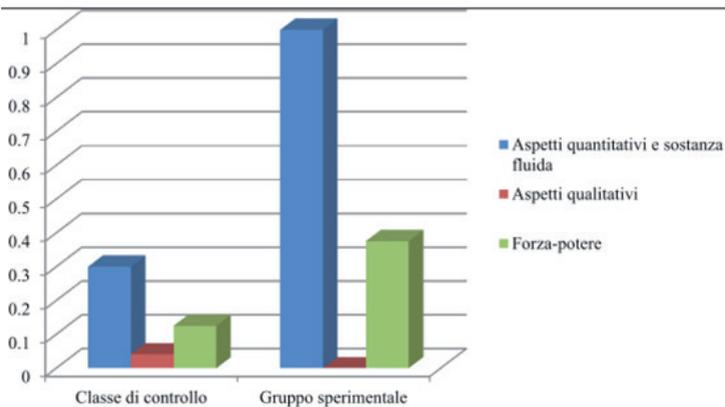
Istogramma FDG1



Istogramma Image Schema 1

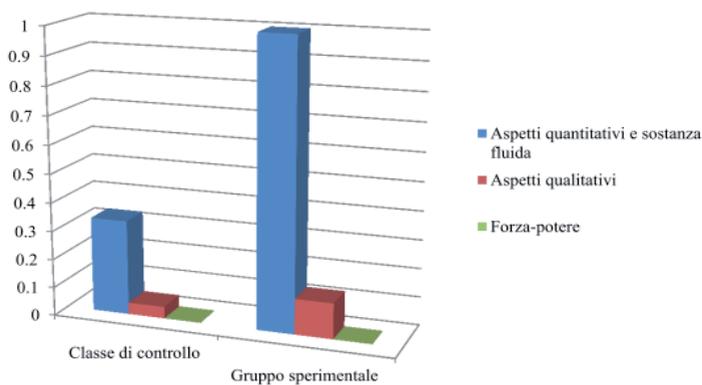
I seguenti istogrammi (FDG2 e FDG3), mettono in rilievo la frazione delle espressioni linguistiche metaforiche legate ad aspetti estensivi utilizzate in ogni gruppo:

SPIEGA CON LE TUE PAROLE COS'E' E COME SI COMPORTA L'ELETRICITA'



Istogramma FDG2

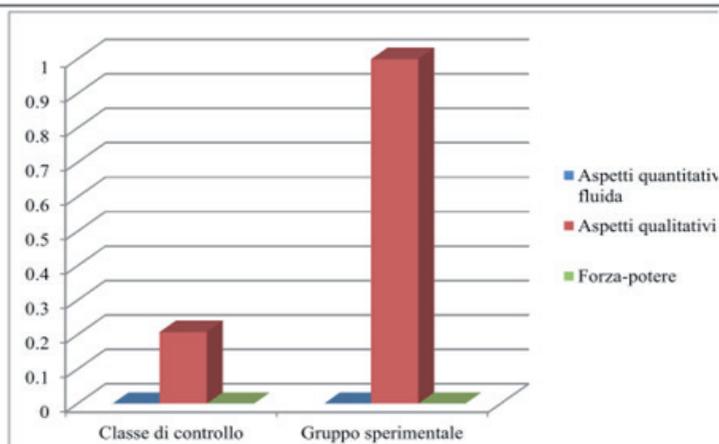
COME LO SPIEGHERESTI A UN BAMBINO PIU' PICCOLO DI TE.



Istogramma FDG3

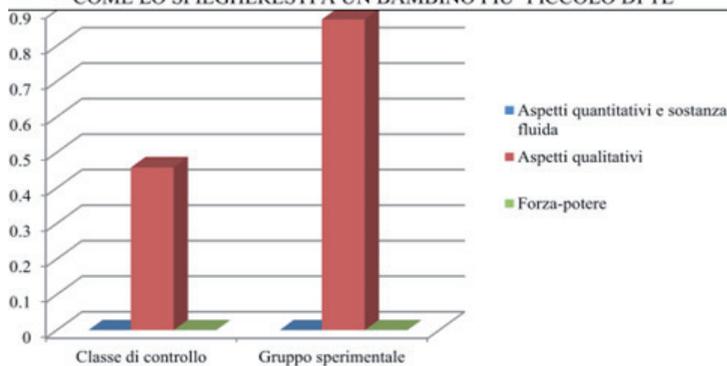
Gli istogrammi successivi (FDG4 e FDG5), permettono di visualizzare l'emergere delle metafore legate agli aspetti intensivi del fenomeno nel gruppo sperimentale.

COS'E' LA TENSIONE ELETTRICA E COSA PROVOCA



Istogramma FDG4

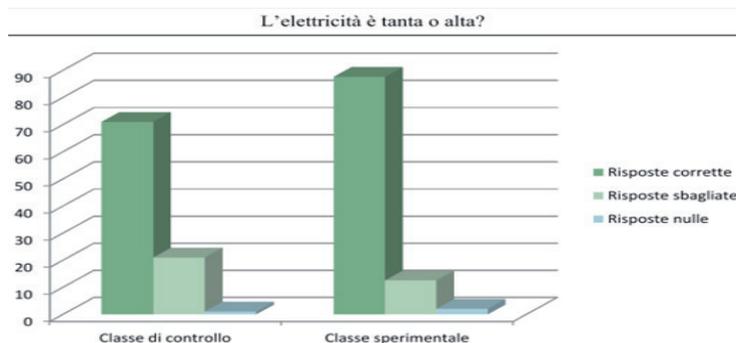
COME LO SPIEGHERESTI A UN BAMBINO PIU' PICCOLO DI TE



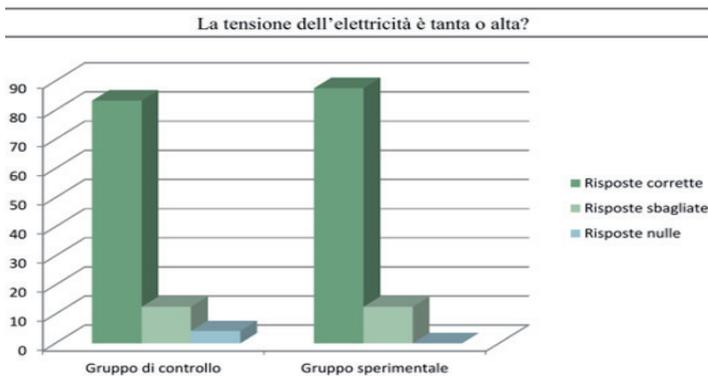
Istogramma FDG5

Andiamo ora a visualizzare con gli istogrammi una parte di questionario che si presta a una lettura più quantitativa. Ai bambini è stato chiesto di definire con un aggettivo alto o basso, tanta o poca sia l'elettricità sia la tensione. Dagli istogrammi 6a,b,c, che seguono si commenteranno i risultati che si riferiscono alle seguenti domande del questionario: In italiano si dice che l'elettricità è alta o che l'elettricità è tanta? In italiano si dice che la tensione dell'elettricità è alta o che la tensione dell'elettricità è tanta? Cosa fluisce dentro ai fili se il circuito è collegato e funziona?

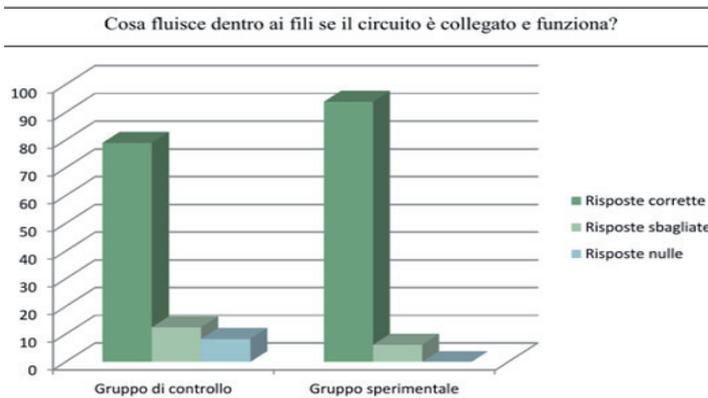
Da una prima osservazione il gruppo sperimentale ha confermato una maggiore differenziazione riguardo ai concetti che servono per descrivere le grandezze estensive ed intensive dei fenomeni naturali.



Istogramma 6a



Istogramma 6b



Istogramma 6c

In conclusione i bambini hanno mostrato di essere profondamente coinvolti dalla storia, di immedesimarsi non solo nei panni della protagonista, ma anche nei suoi pensieri, tanto che alcune proposizioni legate all'esperienza della rabbia hanno dominato il discorso anche durante l'esperienza-elettricità. Questo non sembra avere condizionato negativamente l'attribuzione di valore al procedimento scientifico, ma ha permesso loro in generale di padroneggiare in modo differenziato e qualitativamente migliore la descrizione del fenomeno naturale. In particolare con la storia-artefatto sono stati introdotti, per supportare costrutti impliciti al discorso scientifico sull'elettricità, analogie, proposizioni fortemente metaforiche e aspetti della FDG, caratterizzanti l'aspetto intensivo sotteso all'esperienza rabbia: in rapporto al loro gruppo di riferimento la frazione di utilizzo di espressioni metaforiche fa risaltare la classe sperimentale che dimostra di utilizzarle correttamente. Risultati positivi sono da rilevare anche per quanto riguarda l'utilizzo dell'Image schema sostanza fluida legato alle grandezze estensive della FDG: i bambini dimostrano di utilizzare il concetto dell'elettricità come fluido che si sposta, che è dentro a un contenitore e, collegandosi con la metafora "fluido caldo che fa pressione dentro al contenitore", giungono a descrivere in modo corretto aspetti correlati di forza o potere del fenomeno elettricità.

Parafrasando Lakoff, i bambini devono diventare consapevoli delle differenze, e rispettarle, distinguendo quando queste differenze sono veramente importanti: nella differenziazione degli aggettivi tanto/poco e alto/basso, correlati il primo all'elettricità, il secondo all'intensità elettrica, lo sono diventati tutti, anche il gruppo di controllo. La spiegazione di questo risultato è da ricercarsi probabilmente nel tipo di intervento laboratoriale dell'esperto,

che ha anch'esso utilizzato, per meglio esemplificare i concetti, alcune metafore legate in modo particolare alla tensione. Questo conferma ancora di più, a nostro parere, la funzione di rimodellamento concettuale della metafora. Anche in questo dato il gruppo sperimentale è comunque percentualmente più preciso e questo sembra supportare la funzionalità della storia-artefatto e dell'impianto metaforico sotteso. Si può quindi dire che, oltre alle finalità legate all'educazione razionale-emotiva, la Research question ha avuto conferma dalla lettura qualitativa e quantitativa dei dati analizzati: i bambini hanno utilizzato metafore che provenivano dalla storia e si sono orientati, in modo qualitativamente e, in alcuni casi, quantitativamente apprezzabile, all'interno del laboratorio meglio rispetto al gruppo di controllo. L'aspetto da sottolineare è il tentativo riuscito, dai dati esaminati, di stabilire una mappatura tra il dominio emotivo e quello dell'elettricità, meno familiare. Questo pare aver trasferito conoscenze da un dominio all'altro, ristrutturando la comprensione dell'ultimo: per conoscenze non ci si riferisce tanto alle nozioni, facilmente recuperabili, ma ai concetti che si rimodellano nel ragionamento, nell'atto di pensare e categorizzare.

Bibliografia

- Amin, T.G. (2009). *Conceptual metaphor meets conceptual change*. In *Human Development*, 52 (3).
- Averill, J.R. (1982). *Anger and Aggression: An Essay on Emotion*. Berlin: Springer-Verlag.
- Cervi, M. (2012a). *Dall'esperienza alla comprensione del mondo: il ruolo dell'astrazione*. In Atti del Convegno *Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria e dell'infanzia: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche*. Modena e Reggio Emilia, 30 novembre, 1 dicembre: Universitas Studiorum.
- Cervi, M. (2012b). *La ragione del cuore: antropologia delle emozioni*. Siena: Cantagalli.
- Contini, A. (2013). *Metafora e razionalità immaginativa*. In Corni F., (a cura di), *Le scienze nella prima educazione: un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*. Trento: Erickson, pag.45.
- Corni, F. (2013). *Force Dynamic Gestalt, image schema e concetti scientifici*. In Corni F., (a cura di). *Le scienze nella prima educazione: un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*. Trento: Erickson.
- Dewey, J. (2004). *Le fonti di una scienza dell'educazione*. Firenze: La nuova Italia. (Pubblicazione originale 1929).
- D'Urso, V., Trentin, R. (1988). *Psicologia delle emozioni*. Bologna: Il Mulino. pp.156,157.
- D'Urso, V. (2001). *La rabbia: psicologia, linguaggio e senso comune*. In *Psychofenia*, III, 4-5.

- Fuchs, H.U. (2010). *Force Dynamic Gestalt, metaphor, and scientific thought*. In Atti del Convegno *Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche*. Modena e Reggio Emilia, 12-13 novembre: Edizioni Artestampa.
- Fuchs, H.U. (2013). *Il Significato in natura. Dalle strutture schematiche alle strutture narrative della scienza*. In Corni F., (a cura di), *Le scienze nella prima educazione. Un approccio narrativo a un curriculum interdisciplinare*, Trento, Erickson.
- Grady, J., Taub, S., Morgan, P. (1996). *Primitive and compound metaphors*. In Goldberg A., *Conceptual Structure, Discourse, and Language*. Stanford, CA: CSLI (1996). pp. 177-187.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Lakoff, G., Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G., Johnson, M. (2012). *Metafora e vita quotidiana*. Milano: Bompiani. pp. 48-50.
- Talmy, L. (1988). *Force Dynamics in Language and Cognition*, in *Cognitive Science*, 12: 49-100.

LA COMPrensIONE ROMANTICA NELLA DIDATTICA DELLE SCIENZE

Valeria Del Rio

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Abstract

Questa indagine teorica ha avuto come obiettivo quello di analizzare le caratteristiche dell'apprendimento scientifico dei bambini del secondo ciclo di scuola primaria. In particolare, ipotizzando un'associazione tra la fase romantica dello sviluppo (sulla base delle teorie della comprensione multipla di Kieran Egan) e il periodo della Rivoluzione scientifica, ho individuato 6 tratti che accomunerebbero queste due dimensioni dello sviluppo della conoscenza: *Universo della precisione*, *Linguaggio definito*, *Complessità della conoscenza*, *Ribellione all'antico*, *Lavoro in team*, *Concetto evolutivo*.

Con *Universo della precisione* si intende la volontà dei bambini di questa età di indagare la realtà esterna nella sua ricchezza e specificità attraverso metodi rigorosi e strumenti scientifici. Il *Linguaggio definito* è interpretato come l'utilizzo del linguaggio quale mezzo per classificare, rappresentare e padroneggiare in maniera specifica la nuova realtà. Per la *Complessità della conoscenza* è stato delineato un profilo bivalente: da un lato tendente all'enciclopedismo, quindi al desiderio di conoscere un argomento nei minimi particolari, dall'altro vicino allo specialismo disciplinare. La *Ribellione all'antico* è intesa come il valore attribuito all'individuo e la consapevolezza della potenza del proprio pensiero. Il *Lavoro in team* è interpretato come

la percezione dell'importanza della collaborazione e del piacere di portare il proprio contributo. Infine, il *Concetto evolutivo* vede il mondo come un continuo divenire, in cui occorre studiare i processi e non gli stati.

Come esemplificazione, verranno presentati alcuni cenni di una ricerca svolta con alunni di classe quinta di scuola primaria.

Introduzione

Kieran Egan propone un modello di educazione inteso come un processo nel quale il singolo studente attraversa metaforicamente i tipi di comprensione sviluppati nella storia dall'umanità: *somatica*, *mitica*, *romantica*, *filosofica* e *ironica*. La mente somatica (dalla nascita ai 2 anni circa) nasce dalla fase prelinguistica dell'evoluzione umana, la mente mitica (dai 2-3 agli 8-9 anni circa) è figlia della cultura orale. La mente romantica (dai 9-10 ai 15 anni circa) è tipica delle società dotate di scrittura e letteratura, la mente filosofica (a partire dal periodo adolescenziale) è individuabile nell'astrazione teoretica tipica del pensiero di grandi filosofi come Platone e Aristotele. La mente ironica, infine, è permessa dalla consapevolezza della limitatezza delle teorie e del linguaggio (Egan, 2012).

Hans U. Fuchs ha sviluppato una teoria della mente umana secondo cui la mente rappresenta e comprende il mondo attraverso strutture schematiche e metaforiche: le *gestalt* e gli *image schema*. La più importante di queste strutture schematiche è la *Force Dynamic Gestalt*, articolata in tre *image schema*: quantità, qualità e forza-potere. Questi tre *image schema* sono la base concettuale tanto dei fenomeni fisici quotidiani, quanto delle espressioni che ciascuno di noi utilizza quotidianamente (Fuchs, 2007).

Il progetto *Piccoli scienziati in laboratorio* propone una possibile applicazione didattica dei contenuti teorici sviluppati da Kieran Egan e da Hans U. Fuchs. I nuclei di contenuto di *Piccoli scienziati* consistono nell'uso della narrazione come strumento didattico, nella differenziazione degli aspetti della *Force Dynamic Gestalt* e nell'utilizzo delle strutture metaforiche e figurative per la comprensione del mondo (Corni F., Giliberti E., Mariani C., 2011).

È sulla scia di queste riflessioni che si colloca la mia ricerca riguardante l'apprendimento scientifico all'interno specificatamente della comprensione romantica. In particolare, per riuscire ad analizzare quelle che potevano essere le caratteristiche di tale apprendimento nei bambini a partire dai 10 anni circa, ho cercato di individuare un periodo storico che riflettesse alcune abitudini, comportamenti, idee e azioni che avevo osservato nei bambini di quarta e quinta elementare durante i percorsi di tirocinio formativo universitario. Ho quindi ipotizzato un'associazione tra il periodo della Rivoluzione scientifica (1600-1700 circa) e la fase romantica dello sviluppo. Ho così individuato alcuni tratti che accomunerebbero queste due dimensioni dello sviluppo della conoscenza: *Universo della precisione, Linguaggio definito, Complessità della conoscenza, Ribellione all'antico, Lavoro in team, Concetto evolutivo*. A ciascun tratto è stato dedicato uno spazio specifico che si articola in una prima parte storica (tendente cioè a delineare il contenuto storico-scientifico) e in una seconda parte pedagogica (il cui obiettivo è tratteggiare il paragone con lo sviluppo psicologico del bambino di 10 anni).

Infine ho realizzato un percorso di tirocinio universitario sul tema dell'apparato circolatorio in due classi quinte del 1° Circolo Didattico di Formigine in provincia di Modena.

I risultati raccolti dallo svolgimento di questo percorso sono stati rilette alla luce dei riferimenti teorici presi in esame e sono stati utilizzati per supportare sperimentalmente i presupposti stessi della ricerca.

1. Universo della precisione

Nell'antichità possiamo rintracciare il dominio dell'impreciso, del "più o meno", o meglio, del *pressappoco*, mentre l'epoca moderna è caratterizzata dall'universo della precisione (Koyrè, 1992). Per comprendere questo concetto è necessario riflettere su quattro aspetti: l'utilizzo dello strumento come mezzo di conoscenza, il passaggio da esperienza a esperimento, il passaggio da dati qualitativi a quantitativi e, infine, il superamento dell'analogia.

L'idea, per noi così ovvia, di un aiuto dato ai sensi, ottenuto con l'ausilio di strumenti meccanici, non era affatto ovvia nel 1500: l'attribuzione di un valore allo strumento scientifico è una delle grandi conquiste della rivoluzione scientifica (Rossi, 2003). Le civiltà antiche, infatti, furono caratterizzate da un forte disprezzo per il lavoro manuale, tanto che il termine *artigiano* diviene sinonimo di spregevole (Rossi, 1980). Invece alla rivoluzione del pensiero corrisponde una fase di rapida invenzione tecnica: nel 1600 fanno la loro comparsa tutta una serie di nuovi strumenti. Si pensi al cannocchiale di Galilei, al barometro di Torricelli, alla pompa pneumatica di Boyle, all'orologio a pendolo di Huygens, ecc.

Nel Seicento con il passaggio dall'esperienza all'esperimento si vuole abbandonare il caso, l'arbitrio, la sintesi affrettata, in favore dell'uso di modelli controllabili. L'esperienza della quale parlano gli antichi fa appello al mondo della quotidianità per esemplificare o illustrare teorie, mentre le esperienze dei moderni sono esperimenti artificialmente costruiti al fine di confermare o falsificare teorie.

Il passaggio dalla raccolta e analisi di dati qualitativi a quantitativi è dovuta alla nascita di una nuova visione meccanica del mondo, variamente presente in tutti gli esponenti della rivoluzione scientifica. Tale visione riconduce la realtà a una relazione di corpi o particelle materiali in movimento. Il mondo reale è dunque formato da dati quantitativi e misurabili e solo questi devono essere oggetto della ricerca scientifica.

L'elemento più fortemente caratterizzante il pensiero antico è l'analogia. Essa consiste in quella forma di ragionamento in cui un oggetto è paragonato o assimilato ad un altro quando si suggerisce una somiglianza tra i due. Le tecniche di interpretazione dei segni soprannaturali, comuni a diversi popoli antichi, sono un esempio dell'utilizzo di analogie all'interno delle credenze religiose o superstiziose. A partire dal 1600 si osteggia la visione analogica, per concentrarsi sullo studio delle specificità. Si pensi alle tavole anatomiche di Andrea Vesalio o alle illustrazioni dei libri di Botanica: la descrizione della realtà deve essere sistematica, analitica, meticolosa (Rossi, 1980).

L'*universo della precisione* ha riscontrato diverse conferme in ambito pedagogico. A livello teorico le prove a sostegno dell'esistenza di tale principio nei bambini di 10 anni sono state differenti: Guido Petter ha evidenziato come lo sviluppo psicologico dei bambini più grandi subisce un forte mutamento. Da un lato il loro ambiente psicologico si caratterizza per un'estesa dimensione temporale e spaziale, dall'altro i bambini del secondo ciclo di scuola primaria sviluppano il pensiero ipotetico-deduttivo, un pensiero che è in grado di utilizzare come punto di partenza di un ragionamento situazioni ipotetiche, puramente immaginate (Petter, 1993). Inoltre Andrea Calvani ha illustrato come lo strumento scientifico sia utilizzato dai bambini più

grandi come supporto alla propria esplorazione dettagliata (Calvani, 2004). Questa speculazione teorica ha trovato conferma anche nell'indagine sperimentale svolta con le due classi quinte di scuola primaria: diverse osservazioni dei bambini sia nel pre-test, sia nelle verifiche formative e sommative hanno testimoniato il desiderio di razionalità e veridicità (ad esempio, "*quanti battiti fa il cuore al minuto?*", "[il cuore] è grande quanto un pugno e ha un peso tra 250 e 350g", "*quando si nasce da dove parte il sangue?*", ecc.). In linea con l'attribuzione di valore allo strumento scientifico, i bambini si sono dimostrati estremamente interessati a tutti gli strumenti che ho mostrato loro, inoltre, analizzando i loro elaborati grafici, ho notato la tendenza al disegno dettagliato, realistico, o comunque alla scelta di trarre da internet immagini reali/realistiche.

2. Linguaggio definito

L'uomo che vive nell'universo della precisione, che utilizza metodi, strumenti scientifici e procedure sperimentali, che classifica il nuovo sapere, necessita di un linguaggio preciso e rigoroso. Tale linguaggio deve permettergli di nominare e definire tutte le nuove scoperte della realtà. È in questo contesto che Linneo elabora la sua *nomenclatura binomia*, come strumento per creare delle differenze anche a livello semantico. Ed è sempre a partire dal 1600 che nasce l'esigenza di creare una *lingua universale* in grado di superare la confusione e l'ambiguità delle lingue naturali (Wilkins, 2002). Si pensi, infine, alla scrittura scientifica di Galileo: in un'età in cui si affermano nuovi metodi e si escogitano nuovi strumenti per la conoscenza della natura, per lo studioso i nuovi termini devono essere precisi, chiaramente definiti, e non vaghi ed equivoci (Altieri Biagi, 1965).

Il *linguaggio definito*, interpretato come utilizzo del linguaggio quale mezzo per classificare, rappresentare e padroneggiare in maniera specifica la nuova realtà, è stato confermato in diverse occasioni. A livello teorico, fare scienza implica non solo incrementare in contenuto le proprie conoscenze, ma anche costruire e utilizzare un discorso scientifico che evolva in rapporto reciproco con le competenze scientifiche. Questo significa che se tra i 9 e gli 11 anni le capacità del sistema mnesico del bambino diventano uguali a quelle dell'adulto, se si verifica un'estensione dell'ambiente psicologico in senso spaziale e temporale e se si sviluppa una maggiore attenzione per i dettagli e per la dimensione microscopica, allora i bambini più grandi tenderanno a voler padroneggiare, attraverso un linguaggio specifico, la nuova realtà che incontrano. Lucia Marconi, analizzando il lessico elementare posseduto dai bambini di scuola primaria, ha registrato un incremento lessicale progressivo dal punto di vista sia quantitativo (tra la prima e la quinta elementare vi è un incremento di 5282 lemmi), sia qualitativo (a partire dalla quarta elementare i termini utilizzati diventano più complessi, specifici e tecnici) (Marconi et al., 1999).

Anche l'indagine sperimentale condotta nelle classi quinte ha riscontrato un utilizzo molto preciso e dettagliato del lessico: un primo esempio evidente è la creazione di nuovi termini, come "*intraverso*", per indicare concetti o procedimenti che prima non si conoscevano; inoltre, in diverse occasioni, i bambini hanno fatto un uso massiccio di termini specifici, come: *comprimere, rilasciare, O₂, CO₂, leucemia, ecc.*

3. Complessità della conoscenza

Nel periodo antico e medioevale la tendenza era quella di trattare tutte le discipline utilizzando lo stesso metodo

e lo stesso linguaggio; si pensi, ad esempio, ad Aristotele che nel *Corpus Aristotelicum* si occupa di tutto lo scibile (logica, biologia, scienze naturali, astronomia, etica, politica, metafisica, retorica), senza distinguere e specializzare alcuna disciplina (Lanza, Vegetti, 1971). Con l'avvento del pensiero scientifico, invece, un approccio universale e indifferenziato non è più accettabile, si approda così a un maggiore specialismo: le singole discipline vengono conosciute in modo più esatto e questo permette lo stabilirsi di nuove relazioni tra di esse. Si pensi ad esempio alla Biologia: nasce nel 1801, quando le si attribuisce uno statuto epistemologico e non la si interpreta più come un'appendice, un sottoprodotto di altre scienze, come il meccanicismo. Ma non solo: una volta nata come disciplina, vennero intessuti dei rapporti interdisciplinari non solo con anatomia e fisiologia, ma anche sistematica ed evolutivista (Simonetta, 1994).

Per la *complessità della conoscenza* è stato quindi delineato un profilo bivalente: da un lato tendente all'enciclopedismo, dall'altro vicino allo specialismo disciplinare. Nonostante l'ambiguità, sono state registrate diverse prove a sostegno di questo principio sia dal punto di vista teorico, sia nella pratica didattica. Per quanto riguarda l'enciclopedismo, Kieran Egan ha evidenziato come gli alunni, nel momento in cui si trovano a dover affrontare una realtà che appare sconfinata e irraggiungibile, sentano il bisogno di limitare lo scibile dentro estremi: tutto ciò che si trova all'interno di questi limiti vorrebbe essere posseduto nei minimi particolari (Egan, 2012). Durante il percorso di tirocinio la presenza dell'elemento enciclopedico è emersa dall'utilità che a livello cognitivo alcune schematizzazioni dell'oggetto di studio hanno avuto per i bambini: in parte schemi come la raffigurazione del circolo del

sangue hanno aiutato i bambini a seguire la lezione con più facilità, in parte l'utilizzo dello schema e della mappa come strumenti per strutturare l'informazione è comparso più volte sia nel pre e post-test, sia nei compiti dati loro.

Per quanto riguarda la dimensione specialistica, diverse sono le indagini che hanno permesso la sua registrazione: secondo Guido Petter, attraverso lo studio i bambini non hanno solo un incremento della conoscenza strutturata, ma sviluppano anche l'abilità di organizzare i dati della conoscenza (Petter, 1971). Secondo Hans Fuchs, tipico dei bambini del secondo ciclo di scuola primaria è l'utilizzo di liste, grafici e mappe, ecc., poiché questi sono mezzi che aiutano ad affrontare il numero crescente di elementi del mondo di cui si diventa consapevoli, impegnando la mente nella spiegazione di ciò che si vede in termini di relazioni complesse e dinamiche (Fuchs, 2013). Durante il percorso di tirocinio ho assistito a numerosi tentativi di utilizzare conoscenze pregresse per meglio comprendere l'argomento oggetto di indagine: ad esempio il movimento della pompa da materassino paragonato a quello dei polmoni, oppure l'assimilazione del concetto di pompa alla siringa o ancora il tentativo spontaneo di una bambina di capire se e come sia possibile collegare più pompe insieme.

4. Ribellione all'antico

Nel Medioevo, per quanto riguarda la scienza, il principale scopo fu di fare edizioni, traduzioni, commenti e ampliamenti di quello che i greci avevano raggiunto. Gli antichi erano considerati mirabili modelli: la cultura greca era quanto di più alto si potesse raggiungere, cercare di superarla era percepita come una pretesa assurda (Hazard, 1968). Nel 1600 però l'esplorazione del globo e la visione di nuove terre avevano contraddetto alcuni dei dati

sui quali poggiava la filosofia antica: le zone torride sono abitabili, la navigazione degli oceani è possibile, le colonne d'Ercole possono essere oltrepassate. Inizia così a entrare in crisi l'idea della superiorità degli antichi: iniziano le revisioni di Archimede e di Galeno, si nega il carattere esemplare dell'antichità, si diffonde l'idea che si conosce ora la natura più di quanto la conoscessero gli antichi. La nuova conoscenza scientifica è un tipo di sapere che non si fonda sul puro e semplice rifiuto delle teorie precedenti, ma sulla loro sostituzione con teorie più larghe, che siano logicamente più forti, che abbiano maggior potere esplicativo e predittivo, maggiore controllabilità. Non si tratta più di trarre il proprio sapere dal passato, ma di far lavorare la ragione, compiendo osservazioni concrete ed esperimenti ben congegnati (Abbri *et al.*, 2000).

La *ribellione all'antico* ha trovato svariate conferme. Guido Petter ha indagato il cambiamento che avviene nel rapporto con le figure di riferimento intorno ai 10 anni: fino agli 8-9 anni nel bambino si manifestano alcuni processi di identificazione con diversi modelli di adulto, invece, a partire dai 10 anni, il ragazzo sente il bisogno di sperimentare le nuove capacità cognitive che sente di possedere e di elaborare nuove conoscenze non dettate dagli altri come regole superiori (Petter, 1971).

Con il percorso di tirocinio ho potuto osservare come i bambini fossero incuriositi e si riconoscessero con più facilità proprio negli aspetti di ribellione che caratterizzavano i protagonisti delle storie narrative lette come accompagnamento al progetto: riguardo a Spallanzani (protagonista della seconda storia) i bambini si ricordavano *"che ha scelto lui la sua vita"*, *"che ha sperimentato senza avere troppa paura"* e riguardo ad Harvey (protagonista della terza storia) *"mi ricordo che all'inizio tutti lo pren-*

devano in giro per le sue scoperte [...] ma dopo [...] l'ha dimostrato. In comune con lui ho che sono cocciuta”.

5. Lavoro in team

Alle radici della Rivoluzione scientifica sta quella compenetrazione tra tecnica e scienza che ha segnato l'intera civiltà occidentale. I fattori che, nel corso della storia, hanno opposto resistenza a tale compenetrazione, sono stati innumerevoli: l'atteggiamento nei confronti dell'arte meccanica, la dottrina ermetica e, infine, fattori di ordine economico e sociale.

Per quanto riguarda l'atteggiamento nei confronti dell'arte meccanica, nell'antichità il lavoro manuale, la tecnica e la pratica artigiana erano disprezzati. Il vero uomo, l'uomo libero, era colui che si dedicava alla pura contemplazione. L'attenzione per i procedimenti delle arti meccaniche, il riconoscimento dell'utilità della tecnica per il progresso del sapere, l'insistenza sul valore educativo della pratica caratterizzano in larghissima misura la cultura del Seicento e del Settecento (Vegetti, 1979).

La dottrina ermetica era contraria alla diffusione del sapere: lo scienziato è l'incarnazione vivente dell'infinita sapienza, è un illuminato, un custode solitario dei segreti frutto della sua genialità individuale (Rossi, 1997). La ricerca deve essere fondata sulla segretezza, perché lo scopo del sapere non è il miglioramento delle condizioni di vita del genere umano, ma è quello di procurare fama al ricercatore. È per questi motivi che lo scienziato ermetico lavorava in solitudine. A partire dalla rivoluzione scientifica l'occultamento del sapere non potrà più essere accettato, la segretezza diventa un disvalore (Rossi, 1997). È in questo contesto che, nel 1600, nascono le prime accademie, come luoghi dove venivano scambiate informa-

zioni, discusse ipotesi, analizzati e realizzati in comune esperimenti e, soprattutto, emessi valutazioni e giudizi su esperimenti.

Un ultimo aspetto da tenere in considerazione sono i fattori di ordine sociale ed economico: la fine della società schiavistica in Europa. In una società in cui non è necessario costruire granché, perché tutto il lavoro pesante era svolto da schiavi, non è necessario sollevare l'uomo (libero) dalle fatiche del lavoro; a partire dal 1500 invece diventa urgente liberare il corpo umano dalle limitazioni fisiche imposte dalla natura. A questo punto però la conoscenza deve diventare applicabile al fine di costruire strumenti e macchine per facilitare il lavoro manuale (Rossi, 1980). Tutto ciò obbliga lo studioso della natura, che si limitava a concepire idee astratte sul mondo e che non aveva bisogno di allontanarsi dal suo ambiente per sviluppare le sue teorie, ad uscire dal suo studio per incontrare altri uomini, osservare sul campo di cosa si necessita, verificare l'applicabilità delle proprie idee.

Il *lavoro in team*, interpretato come la percezione dell'importanza della collaborazione e del piacere di portare il proprio contributo, è stato confermato in diverse occasioni. A livello teorico, Guido Petter ha evidenziato come lo sviluppo sociale si verifichi progressivamente fra i 9 e gli 11 anni, quando lo sviluppo delle nuove capacità di ragionamento derivanti dal pensiero ipotetico-deduttivo portano i bambini a voler mettere alla prova tali abilità. In questo modo si manifesta un crescente bisogno di discutere alla pari (Petter, 1972). Durante il percorso di tirocinio ho avuto modo di registrare alcuni comportamenti collaborativi. Ad esempio ho sentito emergere più volte delle osservazioni relative alla capacità di membri specifici, del tipo: *“a noi questa attività viene bene perché Andrea ci è*

abituato, ha il nonno che fa l'aceto, quindi conosce questi strumenti". Ma sono soprattutto le testimonianze degli insegnanti a confermare la crescente attività collaborativa a partire dalla quarta elementare: bambini che si impegnano nei lavori di gruppo, che chiedono di poter lavorare a coppie, che si offrono di aiutare i compagni, ecc. Questo non per il semplice desiderio emotivo di "stare insieme", ma per una precisa richiesta cognitiva: lavorare con qualcun altro può semplificare il lavoro, l'altro può essere una risorsa.

6. Concetto evolutivo

Le grandi scoperte geografiche, lo studio degli immensi spazi, la scoperta del mondo microscopico aprirono le porte a una grande varietà di oggetti naturali mai visti prima: nasce presto l'esigenza di classificare tutti questi materiali. È possibile rintracciare le prime teorie evolutive già a partire dalle variazioni subite da tali modelli di classificazione: inizialmente i naturalisti cercarono di seguire un ordine naturale nei raggruppamenti, ma questo li portò per molto tempo a concentrarsi su caratteri superficiali, che non permettevano di cogliere la varietà della natura nella sua interezza. Gradualmente ci si rese conto che questi modelli di classificazione potevano essere efficaci solo se *complessi*. Il primo modello fu la *Scala*: essa consiste nel considerare gli esseri viventi come allineati gerarchicamente dal più semplice al più complesso, dall'incompiuto al perfetto. La più nota di queste è la *Grande Catena dell'Essere* di Vallisneri, ma è anche quella che contribuì a indebolirne il modello: lo scienziato aveva, per la prima volta nella storia, individuato affinità multiple tra gli organismi viventi, che rendevano impossibile collocarli tutti lungo una linea retta. A sostituire la *Scala* venne così

la *Mappa*, che legava i corpi non in una sola sequenza lineare, ma in differenti grappoli. Anche la *Mappa* però, come la *Scala*, non consentiva di fornire un quadro complessivo di tutta la natura; per assolvere a tale compito la *Mappa* si era dovuta frantumare in più mappe, che quindi non erano più funzionali allo scopo per cui erano state create. E venne così il modello dell'*Albero*, vincente proprio perché complesso: ogni ramo ha qualcosa in comune con il precedente e con le successive diramazioni, ma presenta anche delle differenze sue peculiari (Barsanti, 1992).

Ma il più grande contributo allo sviluppo del concetto evolutivo venne dai fossili: inizialmente interpretati come "pietre del tuono", aspetti del sovrabbondante potere creativo di Dio e oggetti naturali bizzarri, venivano semplicemente collezionati. Ben presto però iniziarono a essere interpretati come traccia del passato e vennero letti come un vero e proprio documento. È proprio attraverso lo studio dei fossili e i dibattiti riguardo alla loro natura che si è gradualmente sviluppata la nuova visione evolutiva della natura e della storia: è a partire dal Settecento che gli scienziati furono in profondo disaccordo con la concezione tradizionale e cristiana che vedeva il mondo come fisso, immutabile, retto da leggi inviolabili. È da questo contesto che nacquero teorie note tutt'oggi: la teoria dei *natural power* di Hooke, la teoria delle stratificazioni successive di Stenone, la teoria dell'origine della Terra come raffreddamento di una massa fusa di Buffon, ecc. (Greene, 1984).

Il *concetto evolutivo* è stato il principio più complesso da analizzare e registrare nella pratica. A livello teorico diversi contributi mi hanno permesso di riflettere sulla percezione più oggettiva del tempo sviluppata dai bambi-

ni del secondo ciclo di scuola primaria: secondo Clotilde Pontecorvo il bambino piccolo subisce il tempo, non ne ha la consapevolezza a livello concettuale, mentre il bambino più grande gradualmente sviluppa la consapevolezza del passare del tempo (Pontecorvo, 1989). Guido Petter ha poi evidenziato come nel bambino di 10 anni ha luogo una progressiva estensione della conoscenza strutturata dell'ambiente in direzione spaziale e temporale (quest'ultima intesa come una più ampia conoscenza dei diversi avvenimenti attraverso i quali hanno avuto origine i vari aspetti della realtà di oggi) (Petter, 1971).

Durante il progetto di tirocinio ho registrato diverse domande che mostrano l'interesse degli studenti per i problemi della nascita e del cambiamento, come *“perché l'ossigeno diventa anidride carbonica?”* o *“come si forma il sangue? Che non è la domanda da cosa è formato, ma come si forma?”*. Si rendono conto che il mondo è in continuo divenire, quindi occorre studiare i processi e non gli stati. Questo aspetto è testimoniato dalle risposte date dai bambini nei test, ma anche dagli elaborati sviluppati durante il progetto: *“il cuore serve a pompare il sangue in tutto il corpo, infatti se il cuore non pompa il sangue per molto tempo il sangue si ferma e moriamo”, “noi respiriamo grazie ai polmoni che prendono O_2 (ossigeno) grazie ai globuli rossi che portano l'ossigeno necessario e che scartano le sostanze di rifiuto cioè la CO_2 (anidride carbonica)”*; *“il sangue da cosa è nato?”*.

Bibliografia

- Abbi, F., Bellone, E., Bernardi, W., Bottazzini, U., La Vergata, A., Poggi, S., Rossi, P., (2000). *Storia della scienza moderna e contemporanea*, Vol.1, tomo secondo: *Dalla rivoluzione scientifica all'età dei lumi*. Milano: Tea editore.
- Altieri Biagi, M.L., (1965). *Galileo e la terminologia tecnico-scientifica*, Firenze: Leo S. Olschki.
- Barsanti, G., (1992). *La Scala, la Mappa, l'Albero. Immagini e classificazioni della natura fra Sei e Ottocento*. Firenze: Sansoni editore.
- Calvani, A., (2004). *I nuovi media nella scuola. Perché, come, quando avvalersene*. Roma: Carrocci editore.
- Corni, F., Giliberti, E., Mariani, C., (2011). *Il progetto "Piccoli scienziati": storie e percorsi*. In Corni, F., Mariani, C., Laurenti, E. *Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche*. Modena: Edizioni Artestampa.
- Egan, K., (2012). *La Comprensione Multipla, sviluppare una mente somatica, mitica, romantica, filosofica e ironica*. Trento: Erickson.
- Fuchs, H.U., (2007). *From Image Schemas to Dynamical Models in Fluids, Electricity, Heat, and Motion*. "Physics Education Research". Winterthur: Zurich University of Applied Sciences.
- Greene, J.C., (1984). *La morte di Adamo. L'evoluzionismo e la sua influenza sul pensiero occidentale*. Milano: Feltrinelli.

- Hazard, P., (1968). *La crisi della coscienza europea*, volume secondo: *La genesi del pensiero illuministico*. Torino: Giulio Einaudi editore.
- Koyrè, A., (1992). *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*. Torino: Piccola biblioteca Einaudi.
- Lanza, D., Vegetti, M. (a cura di), (1971). *Aristotele. Opere Biologiche*. Roma: Utet.
- Marconi, L., Ott, M., Pesenti, E., Ratti, D., Tavella, M., (1999). *Lessico elementare. Dati statistici sull'italiano scritto e letto dai bambini delle elementari*. Bologna: Zanichelli.
- Petter, G., (1971). *Conversazioni psicologiche con gli insegnanti*. Firenze: Giunti-Barbera.
- Petter, G., (1972). *Dall'infanzia alla preadolescenza. Aspetti e problemi fondamentali dello sviluppo psicologico*. Firenze: Giunti-Barberi.
- Petter, G., (1993). *Problemi psicologici della preadolescenza e dell'adolescenza*. Firenze: la Nuova Italia.
- Pontecorvo, C. (a cura di), (1989). *Un curriculum per la continuità educativa dai quattro agli otto anni*. Firenze: La nuova Italia.
- Rossi, P., (1980). *I filosofi e le macchine. 1400-1700*. Milano: Feltrinelli.
- Rossi, P., (1997). *La nascita della scienza moderna in Europa*. Bari: Laterza.
- Rossi, P., (2003). *La rivoluzione scientifica: da Copernico a Newton*. Torino: Loescher.
- Simonetta, A.M., (1994). *Breve Storia della Biologia dalle*

Origini all'inizio del XX secolo. Macerata: Centro Interdipartimentale Audiovisivi e Stampa Università di Camerino.

Vegetti, M., (1979). *Il coltello e lo stilo. Animali, schiavi, barbari, donne, alle origini della razionalità scientifica.* Milano: Il Saggiatore.

Wilkins, J., (2002). *An essay towards a real character, and a philosophical language.* Bristol: Thoemmes press.

SCIENZIATI IN ERBA

OVVERO COME FAR EMERGERE LO SCIENZIATO CHE È IN NOI

Luca Malagoli

Fisico, responsabile scientifico del Museo della Bilancia di Campogalliano (MO)

Giulia Cattelani

Maestra della scuola primaria Palmieri, Magreta (MO)

Abstract

Attraverso il ricorso ad una serie di esperimenti realizzati in classe con materiale di facile reperibilità (low cost) si è proceduto ad avvicinare due classi intere di scuola primaria alla scoperta del metodo scientifico. Lavorando prevalentemente sull'aspetto sperimentale e ricorrendo in modo sistematico alla letteratura scientifica per bambini, è stato possibile portare gli alunni di terza della scuola primaria alla comprensione chiara e sedimentata dei concetti fisici legati alla statica dei fluidi, fino alla realizzazione di un loro lavoro di ricerca originale, sfociato nella scrittura di un fumetto e nella sceneggiatura di una piccola rappresentazione teatrale. La partecipazione ad un concorso bandito annualmente dal Museo della Bilancia di Campogalliano (MO)¹ ha permesso anche la vincita di un premio in denaro.

1. <<http://www.museodellabilancia.it/scuole/concorsi.html>>.

Introduzione

Ogni tanto si arriva a realizzare, in modo inaspettato, qualcosa a cui si pensa da un po' di tempo, come nel caso di questo progetto intitolato *Scienziati in erba*. All'inizio dello scorso anno scolastico, parlando con la maestra della classe terza della scuola primaria Palmieri di Magreta (MO), è nato in modo casuale l'idea di provare a fare una vera e propria formazione scientifica nella sua classe e nella classe parallela. Da questa disponibilità si è partiti per progettare un intervento la cui filosofia di fondo permettesse agli alunni non solo di essere incuriositi dalla scienza, ma anche, se non soprattutto, di essere indirizzati verso la risoluzione dei problemi scientifici seguendo il metodo tipico della scienza, ovvero sperimentando ed imparando a leggere i risultati ottenuti nell'ottica della conferma (falsificazione) della teoria scientifica sottoposta ad esame.

Assieme alla formazione scientifica degli alunni, si è proceduto alla creazione di un laboratorio scientifico permanente all'interno della scuola, così da permettere, anche in anni futuri, l'accesso ad un laboratorio attrezzato a tutte le classi interessate. Un laboratorio in cui le attrezzature per gli esperimenti sono costituite prevalentemente da oggetti realizzati con materiale di recupero (low cost) assieme ad alcuni semplici strumenti di misura, utili per iniziare gli alunni delle classi terza e quarta alla misurazione e alla quantificazione. Il percorso alla fine ha avuto ulteriori sviluppi positivi inattesi; infatti la curiosità degli alunni verso la storia della scienza (sarebbe meglio dire verso la storia degli scienziati) ha portato una classe ad approfondire le biografie di alcuni scienziati famosi, passaggio inizialmente non previsto all'interno del percorso, ma inserito con grande soddisfazione.

La struttura del percorso

Come accennato in precedenza l'idea del progetto si basa sulla possibilità di portare le classi coinvolte ad eseguire un'attività pratica, laboratoriale. Si è individuato un argomento attinente il programma curricolare delle classi terze della scuola primaria, basando la scelta sulla non troppo elevata difficoltà concettuale, accompagnata da una facilità di esecuzione dell'attività pratica. La scelta è caduta sulla statica dei fluidi; infatti si tratta di un argomento abbastanza vicino, seppur esterno, al programma curricolare delle classi coinvolte (il ciclo dell'acqua; i passaggi di stato); ma si tratta anche di un argomento con cui la nostra quotidianità si confronta, anche se in modo spesso inconsapevole, ovvero si parla di argomenti noti a molti, anche solo a livello intuitivo o di ricordo. Infine, gli esperimenti collegati all'argomento scelto sono, per la maggior parte dei casi, di semplice esecuzione, e tutti realizzabili con materiale di recupero di facile reperibilità. Allo stesso modo, una parte del materiale utilizzato dagli alunni per gli esperimenti è stato da loro stessi recuperato scovandolo in casa. Infine, un ruolo molto importante è stato deputato anche alla letteratura scientifica per bambini: è nostra convinzione l'importanza di avere un supporto di facile accesso e consultazione. E in tale direzione la letteratura di settore svolge un ruolo primario, coadiuvata dalla disponibilità di una buona quantità (e qualità) di testi presenti in molte delle biblioteche di quartiere o di paese della nostra provincia.

Concretamente si è pensato di impostare l'attività su quattro incontri mattutini a carattere laboratoriale, della durata di due ore ognuno. La struttura di questi incontri prevedeva la presentazione dell'attività, seguita dalla divisione in gruppi di lavoro degli alunni (in base al nume-

ro di tavoli a disposizione, cinque) e dalla presentazione del primo esperimento da parte dello scienziato. Dopo aver introdotto gli aspetti teorici principali, la spiegazione dell'esperimento si limitava, ogni volta possibile, ad una breve illustrazione del procedimento da seguire per arrivare al risultato, illustrato nella spiegazione teorica iniziale. Assieme al materiale per l'esperimento ad ogni gruppo veniva fornita una breve scheda in cui potevano trovare riassunti i passaggi principali del lavoro da svolgere, completata da una richiesta di ipotesi di spiegazione del fenomeno. Eseguito l'esperimento da parte di tutti i gruppi si procedeva alla messa in comune delle ipotesi, momento in cui intervengono sia la maestra, sia lo scienziato, per aiutare, indirizzare, correggere, suggerire, ecc. Così si è proceduto per ogni esperimento, fatta eccezione per pochi momenti in cui l'età degli sperimentatori costituiva un problema fisico (necessità di pompare con forza, utilizzo di fiamme libere, ecc).

Alcuni esempi

Gli argomenti inseriti nel programma sono stati i seguenti (in ordine casuale):

- concetto di pressione assoluta
- concetto di pressione relativa
- principio di Pascal
- peso dell'aria
- principio dei vasi comunicanti
- esperimento degli emisferi di Magdeburgo
- principio di Archimede
- ciclo dell'acqua (nuvola in bottiglia)
- tensione superficiale

E gli esperimenti che hanno accompagnato la sperimentazione sono stati i seguenti:

- i vasi comunicanti
- la trasmissione della pressione in un fluido (il principio di Pascal)
- la pressa del fachiro
- pressione dell'acqua e pressione dell'aria
- pressione interna e pressione esterna
- la nuvola in bottiglia
- tensione superficiale, sia con la goccia d'acqua sulla moneta, sia con lo spiedino di palloncino

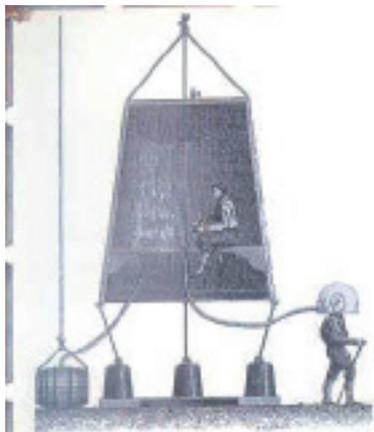
Come metodologia si è provato a ridurre al massimo la parte introduttiva in cui lo scienziato presenta il lavoro. Si è cercato di far ragionare gli alunni su alcuni concetti da loro posseduti anche se non formalizzati, come sono quelli legati alla teoria della statica dei fluidi. Ovvero i discenti sono stati stimolati alla ricerca di soluzioni per risolvere gli esperimenti. Ad esempio, nel caso della campana sottomarina (vedere foto a fianco) si è partiti dalla domanda: *“come è possibile portare una pallina da ping pong sul fondo di una vasca piena di acqua senza bagnarla, avendo a disposizione solo un bicchiere vuoto?”*

Il ragionamento per portare gli alunni all'intuizione della soluzione del problema posto, viene indotto partendo da un'immagine famosa, tratta dall'edizione per ragazzi del romanzo *Ventimila leghe sotto i mari*, di Jules Verne². Nell'immagine è riprodotto il disegno di una campana sottomarina, e, anche se si tratta di disegni in bianco e nero, con qualche piccolo aiuto è possibile far ragionare gli alunni e portarli alla deduzione del luogo in cui si trova la campana, oltre al suo funzionamento³. Si parte dalla

2. J. Verne, 1998

3. Per non indurre risposte esatte basate sulle indicazioni deducibili dal nome dell'oggetto, quest'ultimo non viene indicato. La campana viene descritta come una specie di botte in sezione, ovvero di cui si vede la parte interna.

richiesta di descrizione di quanto vedono proiettato sullo schermo. E si passa velocemente alla domanda: osservando bene l'immagine, dove pensate si trovi l'oggetto che avete appena descritto? Solitamente la discussione evidenzia due possibilità: l'immagine descrive un oggetto situato sulla superficie della luna (tesi prevalente), in contrapposizione alla collocazione in fondo al mare. Il punto di partenza della supposizioni nasce dall'osservare lo strano "abbigliamento" della persona intenta a passeggiare all'esterno della campana. A questo punto si conducono i discenti alla soluzione attraverso una serie di domande e ragionamenti, prendendo sempre spunto dall'immagine. In particolare si chiede una spiegazione alla presenza dei pesi posti al di sotto della campana sottomarina, assieme alle ipotesi adatte a spiegare la carrucola e le corde presenti sulla sommità della campana. Infine, in qualche caso si è ragionato anche sul significato della botte con corda presente nella parte sinistra dell'immagine.



Terminata la fase di comprensione dell'oggetto disegnato e svelato il nome, si pone un'ulteriore domanda, abbastanza ostica. Si spiega come la persona in cammino sul fondo del mare e dotata di casco e collegata con l'interno della campana, prima di intraprendere l'escursione fosse anch'essa seduta all'interno della campana. E si domanda come sia possibile uscire dalla campana, attraverso la

botola appositamente disposta sul fondo di essa, senza allagare completamente l'interno di questo prototipo di sottomarino. Come detto si tratta di una domanda difficile, alla cui soluzione si può arrivare attraverso l'esperimento della pallina da ping-pong da portare sul fondo della vasca, senza bagnarla.



Avanzate tutte le possibili ipotesi e fatte tutte le possibili prove sperimentali alla ricerca della soluzione, si è in grado di ragionare in merito al concetto di pressione di aria e acqua, e del loro confronto. Il concetto di pressione, però, non è posseduto dagli alunni delle scuole primarie, per cui diventa necessario introdurlo sperimentalmente, anche per superare le difficoltà legate alla definizione di pressione, come rapporto tra forza e superficie. Di nuovo un esperimento realizzato con materiale di facile reperibi-

lità⁴ permette di superare le difficoltà concettuali legate al concetto di pressione. La pressa del fachiro è una pressa a tutti gli effetti, dotata di due letti di chiodi, dei quali uno con un numero molto esiguo di chiodi (qualche unità) e un altro con un numero di chiodi molto elevato. Tutti i chiodi sono assolutamente uguali tra di loro, così come il legno in cui sono piantati.



Come fachiro si utilizzano due palloncini, gonfiati in modo da essere all'incirca della stessa dimensione. Il piano superiore della pressa, opportunamente appesantito permette di verificare in modo inequivocabile come il

4. In questo caso si rende necessario anche l'aiuto di qualcuno in grado di realizzare un piccolo manufatto di legno, chiamato *La pressa del fachiro*.

maggior numero di chiodi permetta al palloncino di resistere a masse prementi molto superiori rispetto al letto con pochi chiodi. Come masse utilizzate per schiacciare i palloncini si possono utilizzare dei libri, ipotizzando di prenderli circa delle stesse dimensioni, così da poter definire la massa schiacciante come numero di libri posti sulla pressa, senza bisogno di alcuna misura. Al termine di questa prova il concetto di pressione emerge in modo chiaro, almeno nella sua dipendenza dalla superficie di appoggio, identificata facilmente, in questo caso, con il numero di punte dei chiodi.

Una volta posti questi due tasselli fondamentali per la prosecuzione degli esperimenti, è possibile introdurre tutti gli altri argomenti ed esperimenti. Gli unici due ulteriori esperimenti cui è importante introdurre qualche spiegazione supplementare sono l'esperimento del Principio di Pascal, l'esperimento di Archimede e la nuvola in bottiglia⁵. Avendo articolato l'intervento in quattro incontri da un paio d'ore ognuno è possibile programmare in modo da non eccedere con i concetti teorici, diluendoli nel tempo, al fine di essere chiari e non indurre accostamenti anche involontari ma errati.

Risultati ottenuti

Il primo, e certamente più esaltante risultato, consiste nella passione e nell'entusiasmo generato dagli esperimenti scientifici realizzati con materiale semplice e in cui gli alunni sono coinvolti direttamente come sperimentatori. Due elementi tipici dell'età, come la naturale curiosità unita all'irresistibile tentazione di ipotizzare spiegazioni,

5. Limiti di spazio non consentono di affrontare in questo contesto la spiegazione teorica di questi ultimi esperimenti. Sarà cura degli autori ampliare la spiegazione in altri contesti.

garantiscono un'ottima presa sui discenti. Naturalmente non c'è alcuna ricerca di (al momento) inutili correzioni formali, certamente fuori luogo in un'attività il cui scopo principale consiste nello stimolare la conoscenza scientifica, ovvero la capacità di spiegare logicamente fenomeni conosciuti ma non formalizzati, e nell'indurre un fenomeno di causa-effetto per cui nel momento in cui mi trovo davanti ad un problema di cui non conosco la soluzione, ovvero su cui si confrontano diverse ipotesi interpretative, faccio ricorso alla verifica sperimentale, in quanto solo la prova può indirizzarmi verso la soluzione del problema.

La letteratura scientifica

Secondo l'idea alla base del presente progetto l'altro pilastro su cui si basa la proposta scientifica per i giovani studenti, a fianco e a complemento della sperimentazione, consiste nel ricorso alla letteratura scientifica adatta all'età.

Nel progetto di cui si parla in questo articolo sono stati utilizzati due libri di narrativa, in particolare, assieme alla manualistica di riferimento per eseguire gli esperimenti. Tali testi sono stati materialmente presentati alle due classi coinvolte⁶, in termini di spiegazione sulle caratteristiche dei testi, ma anche concretamente mettendoli a disposizione per la consultazione nel corso delle attività di laboratorio. Si è poi rimandato alle biblioteche di quartiere e di paese per il loro reperimento. Inoltre, dietro esplicita richiesta della maestra, sono stati forniti anche altri testi, sia di narrativa, sia di manualistica, utilizzati come riferimenti nelle ore curricolari⁷.

6. L. Novelli, 2003; I. Venturi, 2012

7. Per questi testi fare riferimento alla bibliografia posta alla fine dell'articolo

I due testi presentati nel corso dell'attività sono stati utilizzati per inquadrare dal punto di vista della storia della scienza gli scienziati e la società in cui gli stessi hanno operato.

Il lavoro in classe

L'entusiasmo suscitato dagli esperimenti e dalla figura di Archimede in particolare ha indotto la maestra a rivolgere la sua attenzione e una buona parte del lavoro, alla scoperta della figura dello scienziato siracusano, sia contestualizzandone la vita all'interno della società dell'antica Grecia in cui operò, sia evidenziando le grandi idee portate avanti nel corso della sua vita.

All'interno della vasta opera dello scienziato la classe ha scelto un argomento su cui incernierare l'attenzione, ponendolo al centro del lavoro di ricerca intrapreso. Alcuni fattori concomitanti hanno fatto cadere la scelta sull'approfondire il Principio di Archimede, sia da un punto di vista teorico, sia come conoscenza narrata dei fatti, in cui verità e leggenda si sono inevitabilmente intrecciati. Quest'ultimo aspetto sarà trattato nel prossimo paragrafo.

Il Principio di Archimede si presenta, nella sua semplicità, decisamente complesso, in particolare se affrontato da giovanissimi studenti, non ancora a conoscenza di alcuni concetti indispensabili per la sua comprensione. Inoltre è bene ricordare come, spesso, tale principio si trovi enunciato o riportato a voce in modo incompleto, mancante di un aspetto fondamentale. Riportiamo l'enunciato corretto e completo:

“Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume del liquido spostato.”⁸

8. Le parole sottolineate sono quelle spesso omesse nelle riproposizioni incomplete dell'enunciato. Senza di esse il principio risulta decisamente

La scelta di lavorare su tale principio deriva, probabilmente, sia dall'attività laboratoriale specifica svolta con ampio coinvolgimento degli alunni, sia dalla lettura di alcuni brani tratti dal libro di Novelli⁹. La principale difficoltà nella comprensione del significato dell'enunciato, superata grazie all'attività pratica, discende dalla mancanza del concetto di *volume* negli alunni delle classi terze della scuola primaria. Le altre difficoltà (concetto di fluido e di spinta) sono superate o per semplificazione (liquido al posto di fluido) o con il ragionamento (cosa accade quando vi immergete nella vasca per fare il bagno?).

Il fumetto

Terminata la fase di studio e di ricerca di tutte le informazioni ritenute interessanti sullo scienziato scelto come centro del lavoro, alla richiesta di idee su quale prodotto produrre per portare a compimento il lavoro, la classe non ha avuto dubbi nell'indicare nel fumetto la forma preferita. È risultato, quindi, inevitabile, utilizzare qualche esempio di fumetto per capire come procedere e poi dare libertà di espressione a tutti gli alunni. Si è deciso, quindi, di partire dal racconto *La corona d'oro di re Gerone*, tratto dal libro di Irene Venturi¹⁰. Ecco il risultato¹¹:

differente.

9. L. Novelli, 2003

10. I. Venturi, 2012

11. Facilmente si noteranno differenze nei disegni, sia come tratto, sia come testo. Volendo solo riassumere il lavoro complessivo, in questa breve panoramica sono stati scelti alcuni disegni realizzati da differenti bambini.

Copertina



Storia del principio di Archimede







Il principio di Archimede



Conclusioni

Il progetto presentato crediamo trovi la sua conclusione e il suo significato in alcuni aspetti, in parte evidenziati, in parte ancora non descritti. Ci soffermiamo su questi ultimi. Un ruolo fondamentale perché questo progetto abbia avuto una così forte ricaduta nel percorso didattico interdisciplinare della classe è stato il coinvolgimento delle insegnanti a preparare, con lo scienziato, i diversi incontri laboratoriali, dove lo scienziato spiegava gli esperimenti che avrebbe proposto e i concetti a cui arrivare. Certa-

mente avere la possibilità di lavorare con menti molto libere e desiderose di apprendere è stimolante e facilita molto i compiti. Certamente il ricorso alla sperimentazione elimina la distanza (virtuale) tra scienza e non addetti ai lavori. Certamente il poter mettere le mani, provare, sbagliare, riprovare senza preoccuparsi di dover ottenere un determinato risultato, rendono divertente la sperimentazione. Infine, la semplicità del materiale utilizzato e delle istruzioni per *montare* gli esperimenti permette agli sperimentatori in erba di ripetere a casa le prove viste in classe. Ma più di tutto, il felice connubio tra scienza e letteratura produce risultati amplificati rispetto alla sola scienza. Per un bambino l'aspetto della storia e della narrazione è ancora preponderante nel suo rapporto con il mondo intero; il ricorso alla letteratura specifica e adatta all'età riporta ad una dimensione familiare agli alunni delle elementari, aiutando il completamento di un percorso scientificamente rigoroso ma facile da assimilare. Nel caso specifico del presente progetto tutto questo si ritiene sia il patrimonio più prezioso, emerso sia attraverso la creazione del fumetto a tema, sia per mezzo della semplice rappresentazione teatrale in cui gli scienziati in erba sono stati protagonisti da tutti i punti di vista, avendo contribuito alla realizzazione di ogni aspetto portato in scena.

Bibliografia

- Diehn, G., Krautwurst, T. (2009). *L'officina della scienza*. Trieste: Editoriale Scienza.
- Novelli, L. (2003). *Archimede e le sue macchine da guerra*. Trieste: Editoriale Scienza.
- Venturi, I. (2012). *Che scoperta! Storie di idee fulminanti*. Torino: Einaudi Ragazzi.
- Verne, J. (1998). *Ventimila leghe sotto i mari*, Firenze: Giunti Kids.

INNOVAZIONE NELLA DIDATTICA DELLE SCIENZE NELLA SCUOLA PRIMARIA E DELL'INFANZIA
AL CROCEVIA FRA DISCIPLINE SCIENTIFICHE E UMANISTICHE