



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## Alfabetizzazione scientifica a scuola. Un'indagine su *Di cosa è fatto il mondo?*

Alfabetizzazione scientifica a scuola: migliorare le strategie e costruire nuove pratiche di insegnamento scientifico nei primi anni di scuola (SciLit)

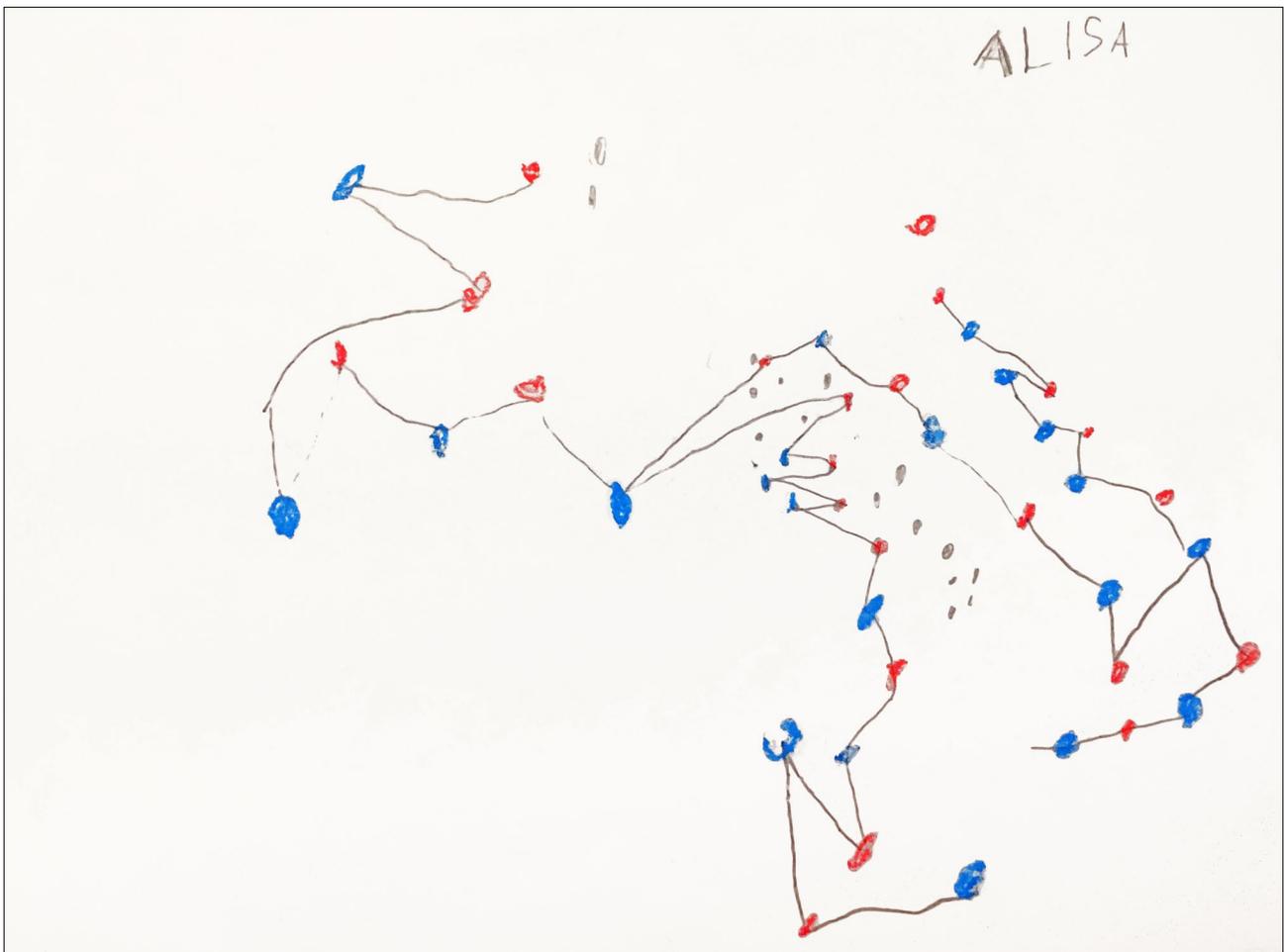
2016 -1- ES01- KA201- 025282



«The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.»



*Quando gli alunni diventano consapevoli dei processi grazie ai quali capiscono i fenomeni con l'aiuto di modelli mentali, dell'impiego di tali modelli per spiegare nuovi fenomeni e scoprire quanto sia divertente e affascinante la ricerca scientifica, possiamo dire che hanno raggiunto quella che chiamiamo alfabetizzazione scientifica.*



Forze intermolecolari tra le molecole d'acqua viste dalla prospettiva di un bambino di 5 anni.

ISBN: 978-84-09-02386-8

*Alfabetizzazione scientifica a scuola: migliorare le strategie e costruire nuove pratiche di insegnamento scientifico nei primi anni di scuola (SciLit).*

ISBN: 978-84-09-02470-4

*Alfabetizzazione scientifica a scuola. Un'indagine su  
Di cosa è fatto il mondo?*

**<http://www.csicenlaescuela.csic.es/scilit/scilit.html>**

## **Coordinatore generale del Progetto Alfabetizzazione Scientifica a Scuola**

(Project: 2016-1-ES: -KA201-025282)

**M<sup>a</sup> JOSÉ GÓMEZ DÍAZ** (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)

### **Partner coordinatori:**

#### **El CSIC en la Escuela (CSIC)**

Spagna

José M<sup>a</sup> López Sancho

M<sup>a</sup> José Gómez Díaz

Salomé Cejudo Rodríguez

María Ruiz del Árbol Moro

Esteban Moreno Gómez

M<sup>a</sup> Carmen Refolio Refolio

Pilar López Sancho

Irene Cuesta Mayor

Martín Martínez Ripoll

#### **CESIE**

Palermo, Italia

Ruta Grigaliūnaitė

Rita Quisillo

#### **Colegio San Francisco**

Pamplona, Navarra, Spagna

M<sup>a</sup> Ángeles Azanza Ezkurra

David Castrillo Pérez

Aitziber Escubi Encaje

Victoria López Gimeno

Victoria López Martiarena

### **Partner partecipanti:**

#### **CPR Gijón-Oriente**

Gijón, Spagna

Juan José Lera González

Jorge Antuña Rodríguez

#### **Tallinna Asunduse Lasteaed**

Estonia

Siiri Kliss

Eneli Kajak

Kristel Kukk

Julia Bondar

Annela Ojaste

#### **KPCEN**

Bydgoszcz, Polonia

Justyna Adamska

Krystyna Karpińska

Mariola Cyganek

Grażyna Szczepańczyk

Jan Szczepańczyk

#### **Przedszkole nr 34 «Mali odkrywcy»**

Bydgoszcz, Polonia

Ewa Tomasik

Beata Zawada

Anna Widajewicz

Barbara Krakowska

#### **Kedainiu lopselis-darzelis Zilvitis**

Lituania

Regina Jasinskiene

Ina Gustienė

Gitana Juodienė

Agnė Milašienė

#### **Con la collaborazione di**

Isabel Gómez Caridad

Alfredo Martínez Sanz



# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	9
• Descrizione del Progetto: Di cosa è fatto il mondo?.....	12
• Conoscenza scientifica per i docenti.....	12
<b>PRIMA PARTE. DESCRIZIONE SCIENTIFICA DELLA GUIDA</b> .....	15
<b>1. Prima parte: forze intermolecolari</b> .....	17
1.1. Situazioni quotidiane.....	17
1.2. Sperimentazione.....	17
1.3. È il momento di introdurre il concetto di forza.....	19
• Come si formano le gocce.....	21
• Costruendo un modello sulle gocce.....	21
• Estendere il modello della pelle elastica e appiccicosa per spiegare altri fenomeni: processo di assimilazione.....	22
1.4. Descrizione del modello dell'acqua: conoscenza e competenza.....	24
• Acquisire la competenza necessaria per usare il nostro modello.....	25
1.5. Dal concetto alla grandezza: le misure.....	26
1.6. Limiti del modello della <i>pelle</i> .....	28
1.7. Considerazioni sulle ipotesi, i modelli e le teorie.....	30
1.8. La natura delle forze intermolecolari.....	31
<b>2. Seconda parte: uno sguardo alla storia dell'elettrostatica</b> .....	33
2.1. La nascita di una scienza.....	33
2.2. Leucippo e il motivo dell'esistenza della scienza.....	34
2.3. Rinascimento in occidente.....	36
2.4. Francis Bacon inventa un metodo per fare la scienza .....	37
• Primo incrocio. Scoperta delle forze di repulsione.....	38
• Secondo incrocio. Le scoperte di Gray e Desaguliers.....	38
- Tutti i materiali possono essere elettrizzati.....	38
- I metalli conducono l'elettricità ma gli isolanti no.....	39
- Il corpo umano è un conduttore.....	39
• Terzo incrocio, grazie a Dufay.....	40
- Ci sono due classi di elettricità.....	40
- Serie triboelettrica.....	41
• Quarto incrocio: la conservazione della carica di Benjamin Franklin.....	42

2.5. L'elettricità nella metà del XVIII secolo.....	43
A. Polarizzazione per induzione.....	43
B. Perché una barra elettrizzata attrae un corpo neutro conduttore?.....	44
C. Analisi dell'esperimento di Cabeo con l'aiuto delle Leggi dell'Elettrostatica .....	44
<b>3. Terza parte: caratteristiche elettriche delle forze intermolecolari .....</b>	<b>45</b>
3.1 Considerazioni: la struttura piagetiana della storia e dell'organizzazione didattica della conoscenza.....	48
3.2 Cosa spiegano le leggi?.....	49
<b>4. Conclusioni .....</b>	<b>50</b>
<b>SECONDA PARTE. DALLA FORMAZIONE AL LAVORO IN CLASSE: APPLICAZIONE PRATICA.....</b>	<b>51</b>
<b>Introduzione.....</b>	<b>53</b>
<b>Parte I. Modello da usare per tutti i documenti che descrivono le attività svolte in classe.....</b>	<b>55</b>
<b>Parte II. Risultati e conclusioni in seguito all'esperienza in classe in conformità con lo schema generale presentato.....</b>	<b>57</b>
<b>Parte III. Ricerca portata avanti dai partner.....</b>	<b>59</b>
• CPR Gijón-Oriente, Spagna. Alla scoperta delle leggi dell'elettrostatica.....	61
• Kedainiu lopselis-darzelis Zilvitis, Lituania. Evaporazione e condensazione: il ciclo dell'acqua.....	67
• KPCEN, Bydgoszcz, Polonia. CSIC a scuola, Spagna. Di cosa è fatto il mondo?.....	77
• Przedszkole nr 34 «Mali odkrywcy», Bydgoszcz, Polonia. Alla scoperta delle forze di adesione e di coesione.....	93
• Colegio Público San Francisco. Pamplona, Navarra, Spagna. Alla scoperta delle forze di adesione e di coesione.....	103
• Tallinna Asunduse Lasteaed, Estonia. Dallo zucchero all'elettricità.....	113

# INTRODUZIONE





## INTRODUZIONE

Questa guida didattica è nata dal lavoro congiunto di scienziati e docenti del CSIC provenienti da Estonia, Lituania, Polonia, Italia e Spagna, che hanno stabilito una rete di comunicazione costante al fine di implementare pratiche innovative nell'insegnamento delle scienze per le prime fasi dell'apprendimento. È probabile che il successo di questa collaborazione sia dovuto al modo in cui gli esseri umani sono attratti dai processi di scoperta e di esposizione delle loro nuove conoscenze, oltre che all'apprendimento e all'insegnamento di ciò che hanno scoperto: questa è l'essenza della nostra natura, in particolare nell'infanzia. Infatti, gli insegnanti e gli scienziati sentono questa attrazione in modo più forte, e siamo fortunati ad averli a bordo in questo progetto.

Siamo tutti colpiti quando vediamo come bambini e bambine di quattro e cinque anni scoprono che l'acqua viaggia invisibile nell'aria, e diventa visibile quando si condensa sul vetro freddo di una finestra. Accettano senza sforzo che la forma in cui viaggia attraverso l'aria, che è evidentemente molto piccola, si chiama molecola. In questo lavoro abbiamo considerato i criteri di diversità nell'istruzione, comprese le questioni relative alla differenza di genere culturale, così come lo sviluppo da parte dei bambini di un atteggiamento critico quando imparano a conoscere la scienza.

Il processo di apprendimento delle scienze in molti casi include l'assimilazione di una cultura. La natura della scienza la rende diversa dalle altre discipline, in quanto si basa sull'indipendenza dei criteri e della creatività; ha un suo modo di guardare al mondo, oltre che a

determinati valori, procedure e linguaggi.

Per questo motivo, è sempre più necessario aggiornare la formazione scientifica del personale didattico e innovare nuovi metodi educativi. L'insegnamento delle scienze nelle prime fasi dell'educazione è fondamentale per gli studi successivi se si stabilisce un metodo appropriato attraverso il lavoro sperimentale.

L'applicazione di queste pratiche innovative nei centri di istruzione che partecipano al progetto Erasmus+ si basa su tre elementi chiave:

- A. *La formazione scientifica del personale didattico da parte del CSIC a Scuola, che gli fornisce il cuore della conoscenza scientifica per aiutarli ad implementare nelle loro classi pratiche innovative.*
- B. *Indagine sul processo di apprendimento, permettendo un'analisi del modo in cui gli alunni di scuola dell'infanzia e primaria elaborano concettualmente e rappresentano mentalmente la natura. Insegnare le scienze nella scuola dell'infanzia e primaria richiede una conoscenza molto precisa della sequenza delle fasi cognitive. Per tale motivo sono stati progettati esperimenti semplici che si adattino a queste fasi. Essi mostrano il modo in cui il processo di ricerca (indagine) porta alla scoperta di leggi, teorie e modelli relative a certi fenomeni che possiamo osservare giornalmente, come l'acqua che evapora dai panni lasciati ad asciugare o l'acqua che compare sulla superficie di una lattina molto fredda.*

**C.** *Questa guida è il risultato di un processo di formazione e di ricerca, pensata per diventare uno strumento per gli insegnanti nei paesi partner. In essa, la scienza è presentata come un metodo per risolvere i problemi e facilitare lo sviluppo generale degli studenti, essendo allo stesso tempo un elemento chiave per l'alfabetizzazione scientifica della popolazione.*

## **Descrizione del progetto: Di cosa è fatto il mondo?**

Siamo stati in grado di indagare la capacità che hanno i bambini di visualizzare il mondo che non possono vedere con i loro occhi, quindi tutte le attività descritte di seguito hanno come oggetto la differenza tra il mondo macroscopico e microscopico. Vogliamo scoprire di cosa è fatto il mondo, in altre parole ci avventuriamo in un percorso attraverso la materia che vediamo allo stato solido, liquido, gassoso e di plasma.

Nella ricerca fatta dagli studenti, essi scoprono di cosa è fatta l'acqua, quali forze agiscono quando una goccia si attacca a un'altra sostanza, cosa succede durante l'evaporazione e come può una graffetta restare a galla. In questo modo scoprono in maniera semplice che il mondo è fatto di atomi, molecole e cristalli invisibili ai nostri occhi ma comunque reali, e quindi dobbiamo comprendere come funzionano.

## **Conoscenza scientifica per i docenti**

Prima alcune considerazioni.

Prendendo l'acqua come caso di studio, attraverso semplici esperimenti e domande appropriate, gli studenti iniziano a concettualizzare le grandezze rilevanti che

determinano il comportamento elastico e aderente dell'acqua allo stato liquido, e sono in grado di elaborare un modello sulla superficie elastica che spiega questo comportamento.

Questa guida presenta un'unità formativa per i docenti delle prime fasi dell'istruzione che si occupano di forze intermolecolari che sono quelle responsabili per l'apparenza e il comportamento meccanico dei materiali.

La conoscenza scientifica descritta più avanti è divisa in tre parti:

1. La prima ha a che fare con le proprietà fisiche dell'acqua conseguenti alle forze intermolecolari. Viene usata la tecnica delle domande (indagine), con lo scopo di mostrare il modo in cui lavorano i ricercatori sperimentando e creando conoscenza. Seguendo questa tecnica dobbiamo trovare un perché per il comportamento della superficie dell'acqua e per i suoi cambi di stato. Questi problemi vengono risolti usando il modello molecolare della materia, nel quale le molecole dell'acqua sono rappresentate come sfere elastiche submicroscopiche e vengono fatte ipotesi sulle forze intermolecolari che sono inizialmente sconosciute. Presto scopriremo che queste forze sono elettriche e che siamo costretti a fare un piccolo tour lungo la storia di questa disciplina.
2. Nella seconda parte ci occupiamo brevemente della storia dell'elettricità che è rilevante per la teoria molecolare e che spiega le forze di Van der Waals, responsabili dei fenomeni su cui si sta indagando. Il motivo per cui lo facciamo è che in questo modo i docenti possono comprendere la differenza tra elencare semplicemente fatti storici e fornire un'interpretazione costruttiva della storia della scienza.

3. La terza parte si occupa del modo in cui usiamo i principi dell'elettricità per spiegare la natura delle forze intermolecolari. Ci avviciniamo a questo capitolo dalla prospettiva di uno scienziato del XXI secolo che studia la storia della scienza dei secoli precedenti. Il sapere odierno permette ai ricercatori di interpretare le scoperte fatte nella storia con le teorie e i modelli più recenti. Questa situazione riproduce ciò che gli insegnanti troveranno nelle loro classi, poiché dovranno guidare i loro studenti lungo un percorso di tipo costruttivista da una posizione molto più avanzata, sia per quanto riguarda la

conoscenza che per la visione panoramica del modo in cui questa conoscenza è stata costruita. In questo modo, una volta che gli studenti comprendono le leggi delle interazioni tra le cariche, e modificando il modello molecolare sferico, possiamo spiegare qualitativamente i risultati degli esperimenti che abbiamo fatto.

Infine, questa guida mostra come insegnanti di diversi paesi abbiano usato questo metodo per insegnare scienze nelle loro classi, una volta adeguatamente formati.



I partner del progetto Erasmus+ SciLit



PRIMA PARTE

**DESCRIZIONE SCIENTIFICA  
DELLA GUIDA**





## I. PRIMA PARTE: FORZE INTERMOLECOLARI

La maggior parte dei fenomeni, delle trasformazioni e il comportamento dei materiali che fanno parte della vita di tutti i giorni degli studenti sono dovuti agli effetti delle forze molecolari la cui natura è, come vedremo, elettrica.

Per comprendere queste forze abbiamo sviluppato un percorso di insegnamento che comincia osservando le proprietà elastiche e adesive dell'acqua quando viene in contatto con superfici solide. Basandoci sui risultati sperimentali che abbiamo ottenuto e sull'esistenza di tre stati della materia (solido, liquido e gassoso) proveremo ad immaginare un modello che spieghi come la stessa sostanza possa apparire in tre forme con proprietà fisiche così diverse. Per scoprirlo, scegliamo l'acqua come nostro caso di studio, essendo l'unica sostanza facile da trovare che appare in questi tre stati a temperatura ambiente.

### 1.1. SITUAZIONI QUOTIDIANE

È chiaro che il primo passo nel nostro approccio per un progetto di ricerca a questo livello è osservare i fenomeni naturali. Quindi dovremmo concentrarci sugli innumerevoli fenomeni di formazione delle gocce che si possono trovare sia in classe sia nei dintorni (Figura 1 e 2). Chiediamo agli studenti di usare i loro quaderni per descrivere e disegnare i fenomeni legati alle gocce d'acqua, di aggiungere commenti e di indicare i fatti che ritengono più interessanti.

Partendo dagli appunti che hanno preso sui loro quaderni, ogni studente deve spiegare con parole proprie cosa hanno rappresentato nei loro disegni. Queste conversazioni forniscono informazioni sui concetti che riescono a gestire,

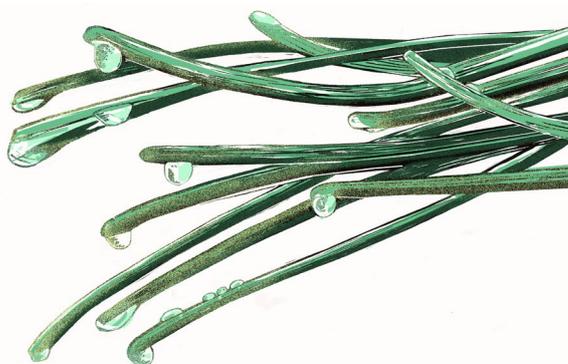


Figura 1. Gocce d'acqua sulle foglie.

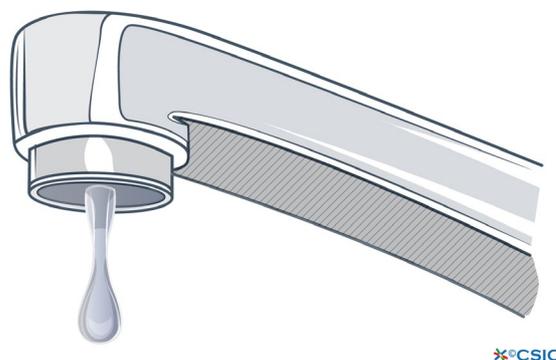


Figura 2. Gocce d'acqua che gocciolano dal rubinetto

sui preconcetti che hanno e sul loro modo di vedere il mondo.

I concetti rilevanti nelle osservazioni di cui stiamo parlando sono la tendenza dell'acqua ad aderire ai solidi con cui viene in contatto, il modo in cui le gocce resistono a separarsi, la forma che prende l'acqua e quanto è importante il peso della goccia nei processi in cui cade.

### 1.2. SPERIMENTAZIONE

Dopo aver accuratamente studiato i fenomeni naturali, gli scienziati progettano esperimenti che possono condurre nei loro laboratori per

osservare il fenomeno che gli interessa più da vicino. Per farlo devono eliminare tutti gli elementi non indispensabili al processo e utilizzare un'attrezzatura che gli permetta di modificare i parametri che vogliono verificare.

Il primo esperimento che faremo consiste nello studiare cosa succede quando teniamo una piccola quantità di acqua tra l'indice e il pollice (figura 3). Ciò permette di sentire il comportamento elastico dell'acqua contrastante con la sua tendenza di aderire alle nostre dita e con la propensione dell'acqua a restare intatta senza dividersi in due. Chiameremo la prima proprietà adesione e la seconda coesione.



Figura 3. Una goccia tra l'indice e il pollice.

La prima cosa che ci chiediamo è se queste tendenze sono derivabili dalla natura del liquido e del solido con cui viene a contatto. Gli studenti suggeriranno subito, a seconda della loro età, esperimenti appropriati per scoprirlo: usare guanti di diversi materiali non assorbenti e diversi liquidi come l'olio, l'acqua salata, detersivo e così via (non cose infiammabili, ovviamente).

Poi possiamo studiare il processo di formazione delle gocce a rallentatore, usando un contagocce di plastica o una siringa di plastica senza ago (Figura 4). Impegnandoci, possiamo

determinare il momento in cui la goccia si stacca e, se usiamo gli stessi liquidi del primo esperimento, possiamo ottenere un'idea ancora più precisa dell'importanza di questo aspetto in questo processo.



Figura 4. Contagocce.

Perché siringhe o contagocce diversi producono gocce più grandi o più piccole? Per determinare quantitativamente la grandezza della goccia possiamo pesare o misurare il volume di un numero elevato di gocce – duecento, ad esempio.

Per incastrare ulteriormente la natura e costringerla a svelare i suoi segreti, possiamo costruire piani inclinati di diversi materiali e determinare la pendenza in cui una goccia inizia a scivolare verso il basso.

È molto interessante ripetere questi esperimenti su superfici coperte da fogli di alluminio o di pellicola trasparente (polietilene trasparente), da carta cerata o oleata, e così via. Ciò rileverà l'importanza della natura del liquido e della superficie solida su cui scivola (figure 5 e 6). Dovremmo studiare questi processi e annotare con attenzione i risultati nei nostri quaderni di laboratorio.

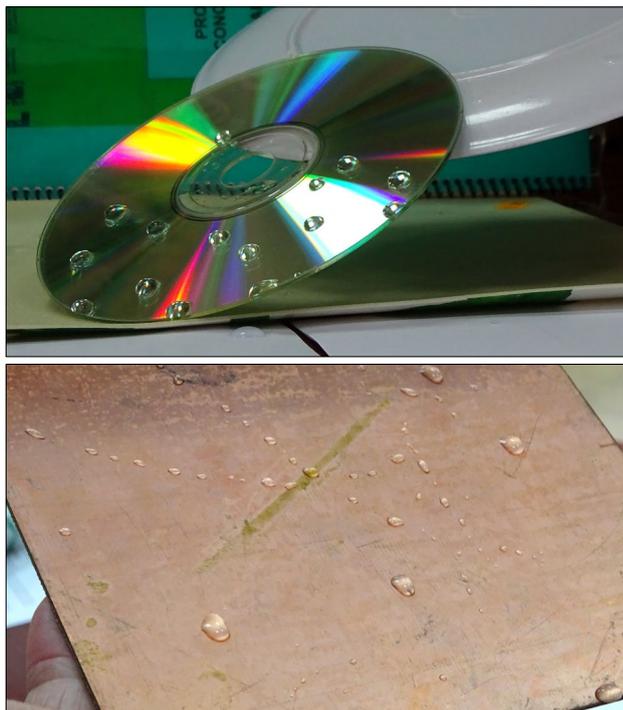


Figure 5 e 6. Gocce d'acqua su vari materiali con diverse inclinazioni.

Una domanda particolarmente importante da discutere in classe è se l'angolazione in cui la goccia comincia a scivolare cambia a seconda della sua dimensione o no. È un aspetto importante, e per avere una risposta dobbiamo fare una serie di esperimenti diversi mettendo in pratica ciò che abbiamo imparato sul processo di formazione delle gocce con le siringhe. Possiamo sempre mettere una goccia formata da due o tre gocce create da un contagocce su un piano piatto, dal momento che a causa della coesione tendono sempre a unirsi in una sola goccia. Questa osservazione dovrebbe essere rivolta agli studenti della scuola primaria che hanno studiato gli angoli.

### 1.3. È IL MOMENTO DI INTRODURRE IL CONCETTO DI FORZA

Per comprendere i fenomeni che accadono tra liquidi e solidi è necessario usare il concetto

di forza. Contrariamente a quanto si potrebbe pensare all'inizio, il concetto di forza corrisponde a un'attrazione di livello più alto rispetto agli altri concetti che stiamo usando.

Sappiamo già che definire un concetto è un'impresa praticamente impossibile. I concetti si formano nella mente attraverso un processo di cui si conosce poco chiamato concettualizzazione, grazie al quale gli uomini sono particolarmente strutturati. Quando impariamo a parlare, quello che facciamo è collegare un concetto (cane, gatto, persona, fratello, prendere, portare, brutto ecc.) a una parola, così che quando sentiamo o leggiamo quella parola essa richiama nella nostra mente il concetto associato. Il collegamento tra un suono o una parola scritta (o qualsiasi tipo di simbolo) e un concetto è ciò che chiamiamo significato (Figura 7).

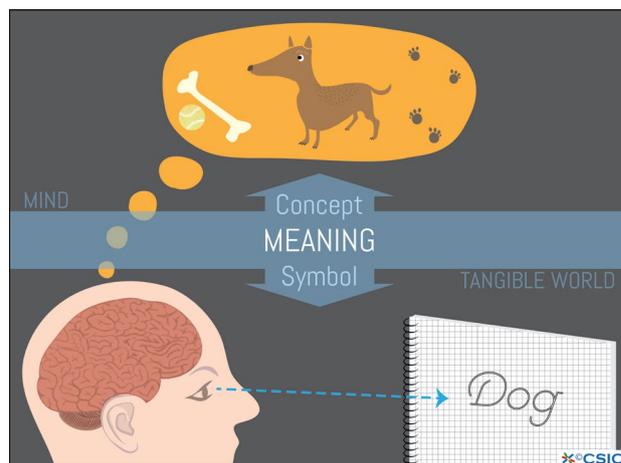


Figura 7. Significato.

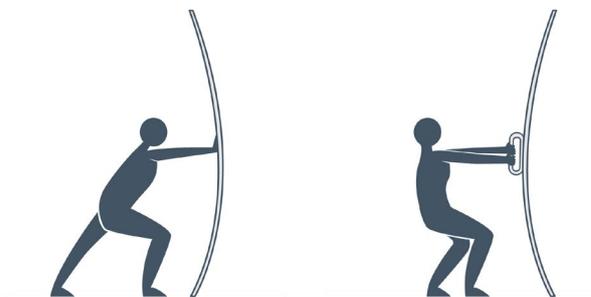


Figura 8. Spinta e trazione.

Per iniziare a concettualizzare il significato della forza in fisica, possiamo dire che si tratta di qualsiasi spinta o trazione di un oggetto causata dall'azione di un altro oggetto (Figura 8). In questo caso possiamo dire che due oggetti interagiscono (c'è un'azione tra di loro).

Ci sono vari tipi di forze, quelle per cui gli oggetti devono toccarsi, come quelle mostrate nella figura 8, e quelle che avvengono a distanza (senza che vi sia contatto fisico), come la forza magnetica, elettrica e le forze gravitazionali, che gli studenti dovrebbero già conoscere. Se non è così bisogna che i bambini giochino con i magneti, le cannuce e i palloncini strofinati su fazzolettini di carta, o che giochino ad alzare pesi da terra (Figura 9).

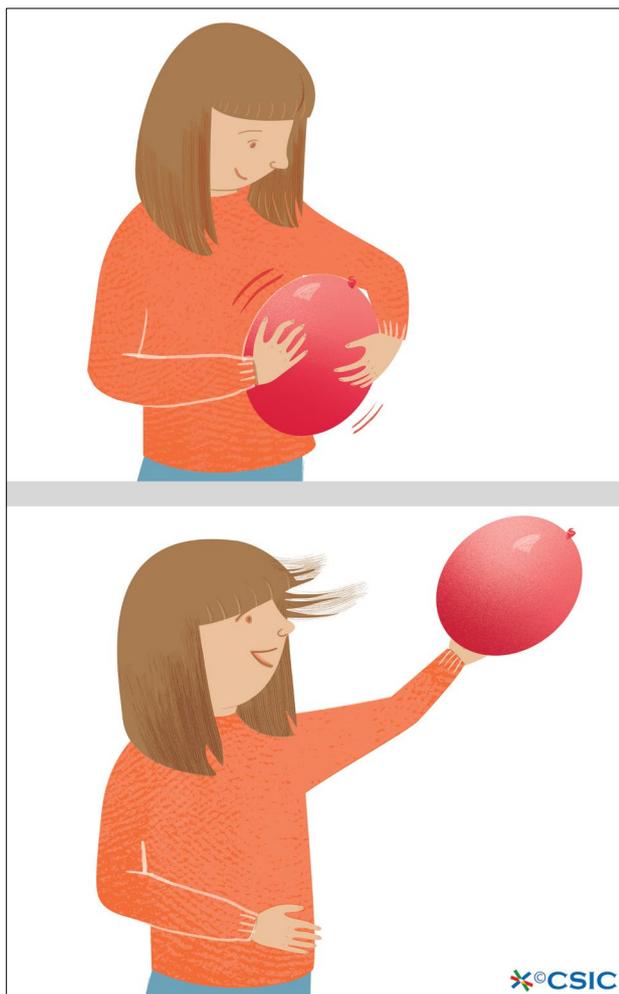


Figura 9. Forze elettrostatiche su un palloncino strofinato

Quando una forza agisce su un oggetto, essa genera un movimento o una deformazione. Se calciamo un pallone, esso si muove in seguito alla forza che la scarpa vi ha esercitato quando sono entrati in contatto. Quando invece tiriamo una molla o stringiamo un pallone, deformiamo l'oggetto. Quando un oggetto elastico, come un arco, si deforma, produce una forza elastica (Figura 10).

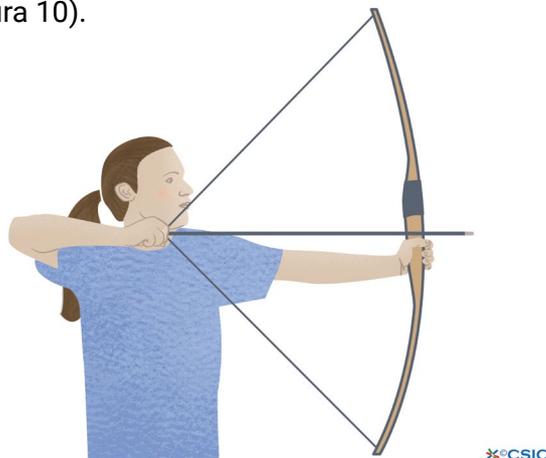


Figura 10. Forza elastica in un arco tirato.

Per assimilare questi nuovi concetti dobbiamo fare un semplice esperimento che gli studenti dovrebbero mettere in pratica. Si pensa che Leonardo da Vinci fu il primo a rappresentare il concetto di forza con una freccia la cui lunghezza era proporzionata alla sua grandezza, posta in direzione e nel senso della forza.

Per introdurre il concetto di forza dobbiamo mettere in pratica l'esperimento rappresentato nella Figura 11.

La forza magnetica che esercita il calamita sulla graffetta è di natura magnetica e agisce a distanza. La sua direzione è la linea dritta che unisce le estremità del magnete e della graffetta, il suo senso è quello che va dalla graffetta al magnete. Il peso della graffetta è un'altra forza che agisce verticalmente, il suo senso è rivolto verso la superficie della Terra. Ad agire è anche la forza elastica del filo, che

deformandosi (allungandosi) esercita una forza la cui direzione è quella del filo e il cui senso va verso il punto in cui il filo è attaccato al tavolo, che agisce in seguito a un contatto. Agiscono molte altre forze in questo esperimento, ma considereremo solo quelle menzionate. Quindi sulla graffetta stanno agendo tre forze, di origine e di tipo diverso. Ma il fatto che non si muove indica che quando metti insieme tre forze (della stessa natura) il risultato è nullo.



Figura 11. Quante forze stanno agendo in questo esperimento?

Da questo esperimento abbiamo imparato che le forze si verificano tra due corpi, sia attraverso il contatto o agendo a distanza. Quando un corpo è a riposo (cioè non in movimento), è perché non ci sono forze che agiscono su di esso, o perché la somma delle forze applicate è nulla. Con questo nuovo concetto possiamo descrivere più facilmente i concetti relativi agli esperimenti.

### Come si formano le gocce

Se facciamo molta attenzione alle fasi di formazione delle gocce (Figura 12), vedremo che stanno agendo due forze: innanzitutto il peso della goccia (una forza verticale rivolta verso il basso), che tende a farla staccare dal contagocce; poi. La forza che la tiene all'interno del contagocce (forza di adesione verticale e rivolta verso l'alto). Quando il peso supera

la forza di adesione, la goccia si stacca dal contagocce. Se facciamo esperimenti con contagocce che hanno estremità di dimensioni diverse e pesiamo un grande numero di gocce, vedremo che il peso di ciascuna di loro è, molto approssimativamente, proporzionale al dinamometro della punta del contagocce.



Figura 12. Osservando le forze di adesione e di coesione

Una volta individuata la forza di adesione, ci si può chiedere perché la goccia non si rompa in migliaia di gocce, invece di rimanere più o meno sferica, restando il più grande possibile, mantenendo l'acqua coesa.

### Costruendo un modello sulle gocce

Con l'obiettivo di capire il meccanismo dietro alla formazione delle gocce, possiamo immaginare che l'acqua abbia una specie di pelle leggermente appiccicosa (per spiegare l'adesione), che la ricopre e che è responsabile della formazione delle gocce sull'estremità del rubinetto, della cannucina o su una ragnatela (Figura 13).

Questa *pelle* circonda il resto del liquido e gli conferisce le proprietà osservate (figura 14). Inoltre, la pelle a cui ci riferiamo aderisce anche ad oggetti solidi che entrano in contatto con il liquido, come la bocca di un rubinetto, e la goccia si stacca solo quando il peso diventa maggiore della forza di adesione: ciò dipende da quanto è appiccicosa la *pelle*.



Figura 13. Gocce attaccate a una ragnatela.



CSIC

Figura 14. La pelle di un palloncino pieno d'acqua è una buona analogia per la tensione superficiale.

Se ripetiamo l'esperimento della goccia tra pollice e indice (vedi Figura 3), possiamo descrivere il processo di rottura della goccia come la rottura della pelle elastica. Poiché ciò comporta la formazione di due gocce più piccole, ciascuna attaccata ad un dito diverso, si deve concludere che la forza di adesione tra l'acqua e la pelle è maggiore della forza di coesione, rappresentata dalla resistenza della pelle della goccia alla rottura.

Il modello che abbiamo costruito è analogico, in quanto abbiamo supposto che ciò che accade è analogo a ciò che accadrebbe se tutta

l'acqua fosse ricoperta da una pelle elastica, come quella di un palloncino. Ciò corrisponde a quella che Piaget chiama rappresentazione mentale. Come vedremo, anche un modello così semplice, costruito ad hoc per spiegare cosa succede durante la formazione di una goccia, può essere esteso ad altre situazioni per aiutarci a capire molti altri processi. Ciò mostra quanto è utile costruire modelli o rappresentazioni per capire il mondo e, in altre parole, come forma di conoscenza.

### ***Estendere il modello della pelle elastica e appiccicosa per spiegare altri fenomeni: processo di assimilazione***

Più avanti applicheremo il nostro modello della pelle elastica e appiccicosa dell'acqua in varie situazioni, diverse dalla formazione delle gocce per cui è stato costruito. La prima opportunità arriva osservando alcuni insetti stare in piedi o muoversi sulla superficie dell'acqua, come se fosse una superficie solida (Figura 15).



Figura 15. Insetto appoggiato sulla superficie dell'acqua.

La prima domanda che dovremmo fare agli studenti riguarda il meccanismo secondo il quale l'insetto rimane in superficie. La maggior

parte di loro dirà che l'insetto sta galleggiando, dato che il modello che hanno relativo alle cose che non affondano quando sono sulla superficie dell'acqua è quello del galleggiamento (infatti, non hanno altri concetti per spiegarlo). Perciò, il nostro primo compito è distruggere il concetto errato che qualsiasi cosa non affondi stia galleggiando.

Per farlo dobbiamo nuovamente sperimentare mettendo oggetti con una densità maggiore dell'acqua su di essa, così come oggetti con una densità minore (Figura 16).



Figura 16. Graffetta d'acciaio sulla superficie dell'acqua.

Anche se quest'operazione può sembrarci complessa, possiamo aiutarci usando il trucco illustrato più avanti, cioè usare una graffetta per far scivolare delicatamente un'altra graffetta sulla superficie dell'acqua (Figure 17 e 18):



Figura 17. Graffetta d'acciaio usata come strumento.



Figura 18. Possiamo appoggiare la graffetta sull'acqua in questo modo

Gli oggetti che galleggiano sono facili da identificare, perché tornano a galla quando vengono spinti sott'acqua con un dito.

Inoltre, parte dell'oggetto si trova al di sotto della superficie dell'acqua (Figura 19), poiché il peso dell'acqua del volume sommerso è il motivo per cui galleggia.



Figura 19. Gli oggetti che galleggiano devono avere una parte sott'acqua

Gli oggetti che non galleggiano, invece, come l'insetto o la graffetta, non hanno parti sommerse e, se spinti sotto con un dito, non tornano a galla (Figura 20).

Se estendiamo il modello analogico che abbiamo usato per rappresentare una goccia d'acqua con un palloncino (vedi Figura 14), la superficie dell'acqua in un bicchiere si comporterà come la plastica del palloncino, resistendo alla rottura dovuta al peso dell'insetto allo stesso modo in cui un trampolino resiste al peso di una persona deformandosi in un modo simile a quello che si vede sulla superficie dell'acqua (Figura 21).

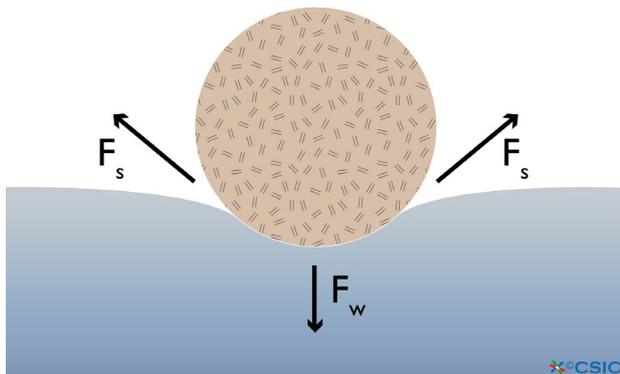


Figure 20. An object supported by surface tension.

Dunque, il modello della pelle elastica e appiccicosa, costruito specificatamente per spiegare la formazione delle gocce, ha passato il primo test.

Ma una rappresentazione, nel senso piagetiano del termine, o un modello scientifico, sono sempre soggetti ad un processo di assimilazione grazie ad un costante confronto con nuove osservazioni e risultati sperimentali dal mondo esterno (Piaget, J. (1955). La rappresentazione del mondo nel fanciullo. Torino: Edizioni scientifiche Einaudi).

#### 1.4. DESCRIZIONE DEL MODELLO DELL'ACQUA: CONOSCENZA E COMPETENZA

Gli studenti dovranno essere in grado di descrivere il modello costruito per rappresentare i processi

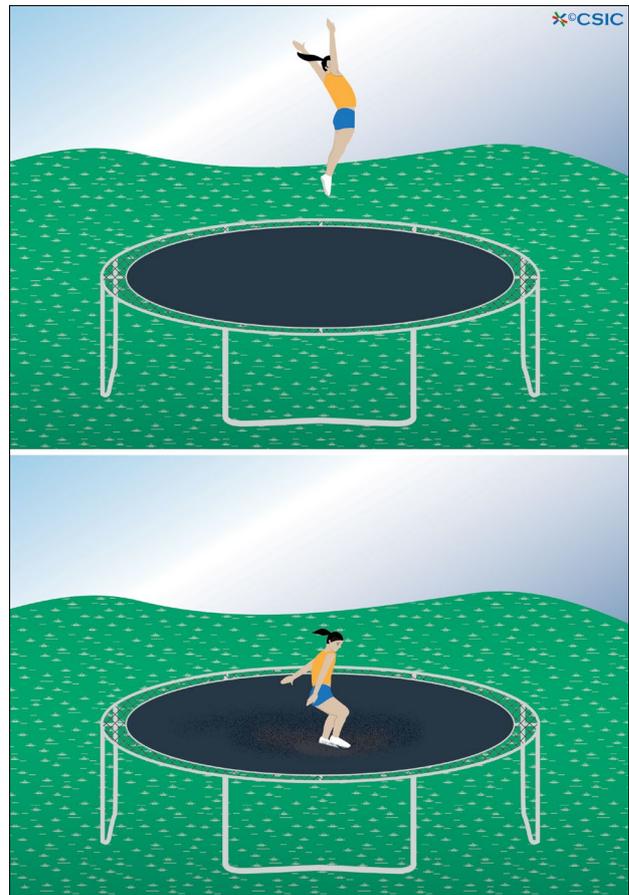


Figure 21. Modello analogico della pelle sulla tensione superficiale dell'acqua.

di coesione e adesione nel caso dell'acqua. Dovrebbe essere chiaro che la descrizione del modello riassume la conoscenza acquisita, che deve corrispondere alla loro competenza, in altre parole, la loro capacità di applicare questo modello per risolvere nuovi problemi.

La superficie dell'acqua si comporta come se fosse uno strato elastico, con proprietà adesive che dipendono dal materiale con cui viene a contatto.

La presenza di questa pelle permette ai piccoli insetti e a cose leggere di restare sulla superficie dell'acqua, anche se la loro densità è maggiore di quella del liquido.

L'elasticità dello strato superficiale è responsabile della coesione dell'acqua; e la sua capacità di attaccarsi ad altre sostanze produce essa stessa adesione.

La forza necessaria per rompere lo strato superficiale è il valore dell'elasticità dell'acqua, che chiamiamo tensione superficiale.

Ricordate che abbiamo preso l'acqua come caso di studio per descrivere tutte le altre sostanze. Per questo motivo, in linea di massima, estenderemo il modello a tutti i liquidi, sempre verificandoli con la sperimentazione.

### **Acquisire la competenza necessaria per usare il nostro modello**

Il prossimo esperimento che proporremo nelle nostre aule è quello del dito bagnato (Figura 22), dove chiediamo ai nostri studenti di spiegare come si forma la striscia di liquido, utilizzando i nuovi concetti che abbiamo introdotto. È subito evidente che la forza verticale rivolta verso il basso esercitata dalla graffetta è stata sostituita da una forza verticale verso l'alto causata dall'acqua che aderisce alla pelle del dito. In questo modo possiamo verificare se i nostri studenti hanno acquisito le competenze necessarie per utilizzare il modello per la risoluzione dei problemi.



Figura 22. Forza verticale verso l'alto.

Il seguente esperimento ci permette di stimare in modo semi-quantitativo l'importanza delle forze di adesione. Consiste nel prendere una moneta, pulirla accuratamente con il sapone e risciacquarla con l'acqua.

Il risultato, prima che l'acqua trabocchi, è davvero spettacolare (Figura 24).



Figura 23. Gocce su una moneta.



Figura 24. L'incredibile risultato dell'esperimento.

Gli studenti devono spiegare come è possibile che si formi un menisco così grande senza che l'acqua fuoriesca, identificando le forze che agiscono nell'acqua così come tra la moneta e l'acqua.

Come già detto, questo esperimento produce un risultato quantitativo: il numero delle gocce. Per questo motivo, adesso bisogna porsi questa domanda: Da cosa dipende l'entità della forza di

adesione tra l'acqua e il materiale della moneta? Gli studenti probabilmente risponderanno che dipende dalla natura della superficie della moneta. Per verificarlo, possiamo strofinare la cera sulla moneta finché non brilla. Dopo averlo fatto ripetiamo l'esperimento, annotiamo il risultato e lo confrontiamo con quello ottenuto con la superficie pulita della moneta, cercando di spiegarne le differenze. Evidentemente, la pelle dell'acqua aderisce meno alla superficie lucidata che a quella della moneta pulita.

E se cambiassimo liquido? Tutti i liquidi hanno una pelle con queste caratteristiche? L'unico modo per scoprirlo è progettare un esperimento che possa darci una risposta. Il più facile consiste nell'usare un liquido diverso, ad esempio l'olio, versandolo sulla moneta pulita e determinando il numero di gocce necessarie perché strabordi. Poi si possono discutere i risultati in classe.

Vi sono molti esperimenti facili da eseguire e da capire, dove si utilizzano i concetti che abbiamo introdotto e il modello analogico dei liquidi che abbiamo costruito. Un altro esperimento che si potrebbe condurre consiste nel mettere una carta di credito in equilibrio sul bordo di un bicchiere pieno d'acqua, possibilmente quadrato, in modo che la parte centrale della carta tocchi la superficie del liquido. (Figura 25).

Poi i bambini aggiungono piccoli rinforzi nella parte esterna della carta finché non vi è più contatto con l'acqua, e annotano il numero di piccolo rinforzi necessari come misura della forza di adesione tra il liquido e la carta di plastica. Anche se il metodo non è affatto preciso (perché i rinforzi non vengono sempre posizionati alla stessa distanza dal bordo del bicchiere, la carta potrebbe essere mal posizionata, ecc.), l'esperimento fornisce un ottimo primo impatto con la concettualizzazione



Figura 25. Forze di adesione in azione.

del processo di misurazione, in particolare per i più piccoli. Dobbiamo stare particolarmente attenti al processo di rottura della superficie dell'acqua, al nostro modello analogico della pelle e (se possibile) fare un video a rallentatore dove si può osservare l'elasticità della superficie del liquido.

La spettacolarità di questi esperimenti può portare alcuni dei nostri studenti a pensare che la pelle che abbiamo introdotto per descrivere la goccia o la superficie dell'acqua nel bicchiere sia reale. Possiamo dimostrare che questa idea è falsa dicendo loro di cercare di trovare la pelle muovendo un bastoncino attraverso la superficie. In questo modo capiscono che lo strato superficiale dell'acqua si comporta come una pelle elastica e appiccicosa, ma è in realtà solo acqua.

## 1.5. DAL CONCETTO ALLA GRANDEZZA: LE MISURE

Cominceremo questo paragrafo definendo cos'è una grandezza servendoci della definizione più facile che abbiamo: grandezza è il nome attribuito a tutto ciò che può essere misurato, pesato o contato. Sono grandezze il prezzo della frutta, l'altezza e il peso di una persona e così via. E se ci riflettiamo meglio, possiamo concludere che l'elasticità della

pelle di un pallone è anch'essa una grandezza, perché possiamo misurarla. Per il nostro scopo basta determinare il limite elastico o la forza necessaria a romperlo. Per farlo, useremo una bilancia di precisione, facile da costruire e da usare per determinare approssimativamente il valore della tensione superficiale dell'acqua (Figura 26).



Figura 26. La nostra bilancia di precisione.

Può essere fatta con un paio di contenitori da un litro, cannuce, fili per cucire e una puntina. Ci servono inoltre un tappo e un bicchiere contenente il liquido di cui vogliamo misurare la tensione superficiale, in questo caso l'acqua. La misurazione può essere fatta usando gocce d'acqua, chicchi di riso, lenticchie o cose simili.

Una volta che abbiamo la nostra bilancia, useremo una variante semplificata del metodo Du Noüy (1883-1947). Esso consiste nell'appendere un pezzo di cannuccia a una delle braccia della bilancia, o gocce d'acqua molto lentamente, finché la cannuccia in contatto con la superficie dell'acqua non si stacchi. Il numero di chicchi di riso o di gocce d'acqua (che supponiamo siano proporzionali al loro peso) ci dà un'idea dell'entità della tensione superficiale. Se facessimo questo esperimento con cannuce di lunghezza diversa ma dello stesso materiale, vedremmo che la forza

necessaria per rompere la tensione superficiale è proporzionale al perimetro, in altre parole, circa il doppio della lunghezza. È una cosa logica, poiché la pelle che si rompe corrisponde a quella che si forma lungo le estremità della cannuccia.

Possiamo anche usare un quadrato di vetro 5x5 cm o un CD al quale attacchiamo una maniglia usando la colla epossidica. Se rovesciamo dell'acqua sulla superficie di un tavolo e premiamo il nostro pezzo di vetro/CD sopra di esso, possiamo vedere che le forze di coesione li uniscono così saldamente che abbiamo bisogno di un dinamometro per determinare la forza necessaria per staccarli (Figure 27 e 28).

In questo caso la misura della tensione superficiale, in newton su metro, è il risultato della divisione della forza indicata dal dinamometro nel momento in cui il vetro si stacca per il perimetro del quadrato, in questo caso 20 centimetri. Tale processo è facile da immaginare (Figura 28).



Figura 27. Forze di adesione tra il CD e il tavolo.



Figura 28. Le forze di adesione vengono misurate.

## 1.6. LIMITI DEL MODELLO DELLA PELLE

Il modello analogico che abbiamo costruito è appropriato per descrivere le proprietà macroscopiche (comportamento meccanico) dell'acqua. Si basa sul particolare comportamento dello strato superficiale dell'acqua, che fa sorgere subito la seguente domanda, come suggeriscono le proprietà del modello:

Perché la superficie dell'acqua si comporta come se fosse uno strato elastico con proprietà adesive?

I nostri studenti devono rendersi conto che la spiegazione del comportamento dello strato esterno dei liquidi dovrebbe essere ricercata, o inventata, al di là del modello, in quanto questo da solo non può spiegare il proprio comportamento. È così che si costruiscono le conoscenze scientifiche, come gli strati di una

cipolla, dove quelli più interni sono la ragione per il comportamento di quelli esterni.

Per studiare la composizione dell'acqua, dobbiamo focalizzarci sui processi in cui è sottoposta ai cambiamenti più disparati, come i cambiamenti di stato. In questi processi, le proprietà e l'aspetto dell'acqua cambiano pur rimanendo sempre acqua, e gli studenti devono comprendere il processo di evaporazione e condensazione, di fusione e di solidificazione.

Per cominciare basti osservare il processo che avviene mettendo ad asciugare vestiti bagnati, che presto diventano completamente asciutti. Dove è finita l'acqua e in che forma? (Figura 29).



Figura 29. Processo di evaporazione sui vestiti stesi.

È una domanda perfetta da discutere in classe, assicurandosi sempre di annotare le risposte degli studenti. Allo stesso tempo ci permette di mostrare la nostra capacità di dirigere il discorso usando il metodo socratico, che ci porterà alla conclusione che l'acqua si è necessariamente spostata dal tessuto all'aria, in una forma che è invisibile ai nostri occhi.

La prima cosa che dobbiamo controllare

è se l'acqua si trovi davvero nell'aria. Per farlo, dobbiamo creare un esperimento per recuperarla e farla tornare allo stato liquido, in altre parole, condensarla. Dopo una piccola discussione in classe, ci servirà una lattina a una temperatura sufficientemente bassa (più bassa che nel punto di rugiada), che verrà asciugata con un fazzoletto e posizionata su un piatto di carta asciutto, per poi osservare cosa succede. Le gocce d'acqua inizieranno a formarsi davanti ai nostri occhi sulla superficie della lattina, in un processo inverso a quello dei vestiti lasciati ad asciugare (Figura 30).



Figura 30. Condensazione di piccole gocce d'acqua sulla superficie di una lattina fredda.

Possiamo fare entrambi gli esperimenti simultaneamente. È assolutamente certo che l'acqua si trova nell'aria in una forma che non possiamo vedere, ma possiamo sempre alterarla. Per alcuni dei nostri studenti sarà la prima volta in cui si trovano a confrontarsi con un mondo che esiste al di là della percezione

die loro sensi. Ora dovrete aprire gli occhi e spiegare loro che non possiamo vedere la maggioranza del mondo esistente, ma possiamo immaginarlo, e persino manipolarlo.

È immediato arrivare ad una ipotesi: poiché l'acqua è nell'atmosfera e non possiamo vederla, le particelle dovranno essere in una forma così piccola da essere invisibile ai nostri occhi. Eppure, dovranno sempre essere acqua, perché possiamo riportarle al loro stato liquido soltanto raffreddandole. In linea con le ricerche precedenti fatte da altre persone su questo argomento, chiameremo queste particelle "molecole". Questa rappresentazione mentale dell'acqua composta da molecole è nota come modello molecolare, e per diventare una teoria deve essere dotata di leggi che ne descrivano il comportamento (teoria = modello + leggi).

La differenza tra una teoria e un modello non è affatto così chiara come si possa capire dal lavoro di filosofi scientifici o di specialisti dell'insegnamento. In realtà, gli scienziati non sono abituati a distinguere tra i due termini, perché quando questi termini compaiono, lo fanno in un contesto specifico in cui il modello o la teoria è ben noto, senza apparente ambiguità. Al contrario, è solo quando si parla di un modello o di una teoria in modo astratto che si pone la questione dell'identità dell'uno o dell'altro concetto. In questo senso, possiamo citare un articolo di Wikipedia sul modello standard: Il Modello Standard della fisica delle particelle è una teoria che riguarda le interazioni elettromagnetiche deboli e forti, oltre a classificare tutte le particelle elementari conosciute.

Possiamo dire che ogni modello ha delle caratteristiche riconducibili alle teorie, e ogni teoria può essere completata da un modello. Perciò, particolarmente al livello di cui ci stiamo

occupando, continuiamo ad utilizzare il termine più frequentemente usato per ogni caso, a patto che sia chiaro di quale modello o teoria stiamo parlando.

A questo punto dobbiamo unire i due modelli. Da una parte il comportamento elastico della superficie dell'acqua, dall'altra il modello molecolare. Tra queste molecole devono agire una serie di forze che spieghino la comparsa di coesione, adesione, tensione superficiale e così via, di cui possiamo intuire le caratteristiche, ma di cui dobbiamo ancora scoprire la natura. Devono anche spiegare i cambiamenti di stato per i quali sono state create.

Sostanzialmente possiamo immaginare le molecole come piccole palline sferiche (Figura 31). In questo modo possiamo descrivere l'ipotesi molecolare usando un semplice modello che, ovviamente, dovremo testare (confrontandolo con fatti e risultati sperimentali). Perciò vediamo se l'ipotesi del modello molecolare ci permette di spiegare l'esistenza dei tre stati e delle forze di coesione e di adesione.



**Figura 31.** Modello giocattolo della coesione (sinistra) e dell'adesione (destra).

Nel modello molecolare, il gas è costituito da molecole che si muovono rapidamente e che devono rimbalzare elasticamente quando colpiscono le pareti del contenitore in cui si trovano. Come abbiamo detto prima, quando associamo un comportamento regolato dalle leggi alle molecole del modello, stiamo costruendo una teoria.

Quando due molecole si urtano, anche il colpo deve essere elastico, perché altrimenti, col tempo, i gas diventerebbero liquidi, in quanto le molecole rallenterebbero. Infatti, la teoria molecolare spiega che un gas occupa completamente il volume del suo contenitore.

Usando questo modello è facile immaginare anche lo stato liquido. L'acqua liquida è fatta di molecole in contatto tra loro, che possono "rotolare" le une sulle altre. Possiamo farne un modello analogico riempiendo un bicchiere con delle biglie. Il loro volume è costante e si adatta alla forma di ciascun contenitore, proprio come farebbe un liquido.

Possiamo anche capire lo stato solido usando questo modello. Le molecole di ghiaccio sono saldamente attaccate tra loro, in modo da conservare sia la forma che il volume.

Una volta selezionata la teoria molecolare delle sfere elastiche, possiamo effettuare nuovi esperimenti con l'acqua e cercare di spiegarne i risultati utilizzando questa teoria. Questi esercizi appartengono al ciclo piagetiano dell'assimilazione (Piaget, J. (1983). Piaget's theory. P. Mussen (ed). Handbook of Child Psychology. 4th edition. Vol. 1. New York: Wiley).

## 1.7. CONSIDERAZIONI SULLE IPOTESI, I MODELLI E LE TEORIE

Se riflettiamo sul percorso mentale che abbiamo attraversato, possiamo vedere che l'ipotesi da noi costruita è che l'acqua è composta da particelle sub-microscopiche.

Un'ipotesi è una supposizione creativa, sviluppata con l'intenzione di spiegare i comportamenti scoperti grazie a osservazioni

ed esperimenti. Quindi l'ipotesi molecolare, nel caso dell'acqua, è la risposta al fatto che il vapore acqueo e l'acqua liquida si trasformano l'uno nell'altro, portandoci a pensare che siano la stessa cosa. Spiega inoltre perché allo stato gassoso non possiamo vederla ma in quello liquido sì. Infine spiega che i liquidi hanno una densità maggiore rispetto ai gas.

L'ipotesi molecolare implica un modello: quello delle molecole sferiche. A questo livello usiamo il nome di modello per tutte le rappresentazioni mentali di un sistema fisico di cui dobbiamo descrivere la composizione usando disegni o simboli.

Quando gli elementi del modello seguono le regole di una disciplina, abbiamo creato una teoria. Difatti la teoria molecolare della materia è stata creata associando il modello molecolare delle molecole sferiche con il loro comportamento, che segue le leggi della meccanica classica.

## 1.8. LA NATURA DELLE FORZE INTERMOLECOLARI

Se estendiamo la teoria molecolare al nostro caso di studio, è evidente che il fenomeno della coesione deve avere origine nelle forze tra le molecole d'acqua, e il fenomeno dell'adesione implica necessariamente la presenza di forze di



Figura 32. Coesione tra molecole d'acqua; adesione tra le molecole d'acqua e la moneta.

attrazione tra le molecole d'acqua e le molecole nei solidi con cui viene a contatto (Figure 31 e 32).

Possiamo cambiare il nostro modello delle molecole sferiche con un modello analogico fatto dagli studenti stessi.

In questo caso le forze coesive sono quelle che tengono le molecole attaccate le une alle altre, mentre le forze adesive sono quelle che agiscono tra il tavolo su cui sono saliti (che rappresenta la moneta) e gli studenti, esercitata dalle soles delle loro scarpe (Figura 33).



Figura 33. Messa in scena delle forze di coesione e di adesione su una moneta.

È un modello che chiunque può facilmente capire, come possiamo vedere dalle descrizioni fatte dagli studenti usando i simboli corrispondenti.

Come abbiamo dimostrato, non ha molta importanza quale modello si usa. La cosa importante è capire cosa significa la rappresentazione.

Il fatto di inserire le forze intermolecolari nel modello molecolare richiede una riflessione. Per poter applicare le leggi corrispondenti agli elementi del modello o, in altre parole, alle molecole, queste forze dovrebbero essere piuttosto chiare. A questo punto conosciamo tre forze fondamentali: la gravità, il magnetismo e l'elettricità. Ora possiamo rivedere queste interazioni per scoprire quale è responsabile per la coesione e l'adesione.

La forza gravitazionale richiede grandi masse per essere efficace. È il caso dell'attrazione tra il sole e i pianeti o tra le galassie. È evidente che la gravità non può essere responsabile delle forze intermolecolari, poiché le loro masse sono minime. Le forze magnetiche o elettriche potrebbero causare la coesione e l'adesione, in quanto sufficientemente forti per spiegare questi fenomeni. Dobbiamo quindi progettare un esperimento che ci aiuti a discernere quale di esse sia la responsabile.

Se la forza tra le molecole è il magnetismo, le molecole di acqua devono avere un qualche tipo di dipolo magnetico ed essere sensibili al campo di un potente magnete. Per determinare se è realmente così, avviciniamo un magnete al neodimio a un flusso d'acqua molto sottile che sta scorrendo lentamente da un rubinetto (Figura 34).



Figura 34. L'acqua non è magnetica.

Il risultato sarà, come sappiamo tutti, negativo. Anche se il magnete è molto potente e il flusso d'acqua molto debole, esso non viene deviato. Infatti, avremmo potuto prevedere questo risultato. Perché, se fosse vero il contrario, noi stessi, essendo composti da un'alta percentuale di acqua, avremmo dovuto essere attratti dai magneti, cosa che non accade.

Ora proviamo a vedere cosa succede se un palloncino caricato elettricamente viene avvicinato al flusso d'acqua (Figura 35).



Figura 35. Un palloncino elettricamente carico attrae il flusso d'acqua debole.

Stavolta l'esito è positivo: la carica elettrica del palloncino esercita una forza di attrazione sull'acqua, deviandone il flusso. Ciò dimostra che le molecole d'acqua sono polarizzate dalla presenza del palloncino o, se sono polari, si spostano da sole.

Basandoci sui risultati di questi esperimenti possiamo ipotizzare che le molecole d'acqua hanno una carica elettrica e che le forze che hanno luogo tra di loro (adesione) o tra le molecole d'acqua e di altri materiali (coesione), sono di natura elettrica. Per il momento accettiamo questa ipotesi.

Una volta deciso che le responsabili delle forze intermolecolari sono le forze elettriche, dobbiamo sviluppare il modello molecolare dell'acqua. Ma per farlo dobbiamo approfondire lo studio dell'elettrostatica, così da poterne applicare le leggi al modello molecolare che proponiamo con lo scopo di spiegare l'esistenza dell'adesione e della coesione.

## **2. SECONDA PARTE: UNO SGUARDO ALLA STORIA DELL'ELETTROSTATICA**

La storia della scienza, come ogni storia che si riferisce a un soggetto specifico, comprende una serie di eventi che si sono verificati nel tempo, in modo cronologico, come una storia. Tuttavia, perché questa narrazione possa essere considerata una storia, deve avere una struttura o, come suggerito da Aristotele, una trama che coinvolge personaggi, un approccio, uno sviluppo in seguito a un conflitto, e una conclusione o una fine.

Chomsky sostiene che i bambini nascono con una capacità particolare che permette loro di essere competenti nella lingua, in altre parole, di essere in grado di capire ed emettere frasi che non hanno mai sentito prima. Allo stesso modo è evidente che hanno anche l'innata capacità di organizzare gli eventi temporalmente in quanto storie che seguono una trama, e riescono a riconoscere la trama nelle storie che ascoltano (Chomsky M. (1990). "On the nature, acquisition and use of language", in *Mind and Cognition: A Reader*, W.G. Lycan (ed.), Cambridge MA and London UK: Blackwells, pp.627-45) . Infatti, quando raccontiamo a un bambino la prima parte di una storia, capiscono subito che la trama non è ancora completa.

Quindi una storia della scienza rivolta a un pubblico giovane deve avere una struttura aristotelica, così che i bambini la memorizzino aiutati dalla sua struttura interna, che è uguale a quella delle storie a cui sono abituati.

Pertanto, uno storico ipotizza che gli eventi successivi debbano in qualche modo essere dovuti a ciò che è accaduto prima, supponendo l'esistenza di una struttura logica che ci dica perché la storia è avvenuta in un determinato modo e non in un altro. Tutto sta nell'ottenere modelli di comportamento (leggi) per i quali gli storici elaborano concetti che aiutano a modellare la storia, come le classi sociali, le ideologie, le grandi donne e i grandi uomini, la volontà degli dei o la lotta per la sopravvivenza. L'esistenza di questa struttura è ciò che rende la storia una scienza.

In questa breve panoramica della storia dell'elettrostatica, ci soffermeremo sui punti che consideriamo essenziali, caratterizzati dai loro personaggi principali (considerati grandi scienziati), e forniremo le coordinate di base di quando e dove gli eventi si sono svolti. Per strutturare questa narrazione dei fatti, ci avvarremo della teoria di Piaget, l'unica che conosciamo che spieghi sia la natura della conoscenza che il modo in cui essa viene elaborata. Questa teoria si è dimostrata utile non solo a livello personale, ma anche nello studio della conoscenza nelle società scientifiche (Kuhn), e nell'intelligenza artificiale. Ovviamente, ci sono altri tipi di strutture che possono essere applicate alla storia e ognuna di esse forma una teoria.

### **2.1. LA NASCITA DI UNA SCIENZA**

La nostra storia comincia nel VII secolo a.C., quando fu scoperta per la prima volta l'elettrostatica (in questo periodo il protagonista

è Talete di Mileto), e si conclude nel XVIII secolo, quasi due mila e cinquecento anni dopo.

A scuola abbiamo imparato a conoscere i grandi pensatori del mondo classico come puri filosofi, comprendendo questa parola con il suo significato moderno, nonostante il loro atteggiamento e il loro lavoro fossero molto più simili a quelli degli scienziati. Sebbene queste caratteristiche e questi atteggiamenti umani siano in realtà strettamente collegati, ci sembra opportuno sottolinearlo, soprattutto per contribuire a decostruire il ridicolo antagonismo tra le arti e le scienze che ancora si riscontra nel mondo occidentale. (Snow, Charles Percy (Jan 2013), "The Two cultures", The New Statesman).

Possiamo immaginarci che un giorno, pulendo un bellissimo pezzo di ambra con un panno, Talete osservò che lo strofinare gli donasse la strana capacità di attrarre altri oggetti, similmente al modo in cui un magnete attrae oggetti di ferro. I nostri studenti devono ripetere l'esperimento fatto da Talete usando una cannuccia strofinata su un tovagliolo di carta, così da vedere che attrae piccoli pezzi di carta e altri piccoli oggetti (Figura 36).



Figura 36. Osservando le forze elettrostatiche.

Possiamo dare un nome a questo fenomeno in quanto corrisponde ad un concetto: l'elettrizzazione per strofinio. Ciò ci permette di farvi facilmente riferimento. Oltre all'ambra, questa proprietà si presenta in un grande numero di materiali che Talete ha definito elettrizzabili. Ciò implica naturalmente l'esistenza di un'altra classe di materiali che non possono essere elettrizzati per strofinio, che chiameremo materiali non elettrizzabili. Fra questi, il Gruppo più importante è quello che comprende i metalli.

Per poter dare vita al nostro viaggio attraverso la storia, gli studenti devono fare degli esperimenti per distinguere gli oggetti che appartengono all'uno o all'altro gruppo. Per farlo dovranno strofinare con i fazzoletti qualsiasi materiale abbiano a portata di mano controllando quali acquisiscono la strana capacità di attrarre piccoli oggetti. Il risultato è molto interessante: I metalli, usati nei circuiti elettrici come conduttori, non possono essere elettrizzati; la plastica e altri materiali che usiamo per isolare i cavi elettrici, invece, sono facilmente elettrizzabili. E dobbiamo sottolineare che ogni volta che c'è una classificazione, sia essa dei materiali o del comportamento degli esseri viventi, dobbiamo cercare la ragione scientifica che c'è dietro, la quale ci indicherà la strada da percorrere nella nostra ricerca.

## 2.2. LEUCIPPO E IL MOTIVO DELL'ESISTENZA DELLA SCIENZA

Leucippo visse circa duecento anni dopo Talete (460-370 a.C.). Basandosi probabilmente sul modo in cui Talete ha presentato i suoi risultati, egli ha elaborato i postulati scientifici di base, che vengono utilizzati ancora oggi. Anche Leucippo probabilmente nacque a Mileto, come Talete, e fu il maestro di Democrito. Ciò è importante perché grazie a loro, molti anni dopo,

è nato il primo modello atomico (che abbiamo modificato per spiegare il comportamento dell'acqua). In realtà, come si può vedere da numerosi esempi, le cose più forti e persistenti nel tempo non sono gli edifici o i monumenti, ma le idee.

Leucippo era consapevole del fatto che la scienza fosse un costrutto umano, e fu il primo a chiedersi se le persone potessero conoscere il mondo osservando i fenomeni naturali, usando i loro sensi. E, come fanno i bambini dal momento in cui nascono, realizzò che le cose accadono sempre allo stesso modo, permettendoci di fare previsioni. Vivendo nella Grecia del V secolo a.C., espresse questa idea dicendo che gli dei organizzano il mondo così come i governatori organizzano le loro città e nazioni per mezzo delle leggi. Definì le cosiddette Leggi della Natura, che gli scienziati devono scoprire e mettere sotto forma di affermazioni che spiegano i comportamenti della natura. Queste informazioni si ottengono con l'osservazione e con i risultati degli esperimenti.

Non avendo fatto alcun esperimento durante la sua ricerca (era un filosofo della scienza), Leucippo formulò le sue conclusioni usando postulati, verità ritenute ovvie ma impossibili da dimostrare: si presume che siano vere perché non c'è motivo di negarle. Ovviamente se anche un singolo risultato lo contraddice, il postulato non è più valido.

Primo postulato di Leucippo: stabilisce che gli dei non giocano con noi per confonderci. Per questo motivo le cose non si comportano in modo strano, ma seguono leggi che vengono sempre rispettate. Se lasciati in aria, i corpi cadono; le bolle nell'acqua vanno sempre verso l'alto, e così via. Questa legge potrebbe essere spiegata dicendo che niente accade per caso e che le stesse cause hanno gli stessi effetti.

In sintesi: così come fanno tutti i bambini, Leucippo è giunto alla conclusione che esistono delle Leggi della Natura, che sono fisse e necessariamente soddisfatte in tutti i casi. I bambini, da quando hanno pochi mesi, scoprono che le cose non scompaiono, e diventa un gioco trovare gli oggetti che la loro mamma ha nascosto sotto un panno. Allo stesso modo, indagano costantemente e cercano con entusiasmo di scoprire come avvengono i fenomeni, sicuri del fatto che si verificano sempre nello stesso modo. Leucippo parla anche di questa sicurezza nella loro capacità di scoperta.

Il suo secondo postulato afferma che le persone sono in grado di scoprire ed esporre queste Leggi della Natura, anche se non descrive la procedura o il metodo che ci porta alla loro scoperta. Sarà solo dopo il Rinascimento che Galileo, Keplero e Bacon ci spiegheranno come arrivare a conoscerle (il primo metodo scientifico).

È interessante approfondire un po' la natura di queste leggi così come le ha concepite Leucippo, perché il significato che vi ha attribuito è durato fino ai giorni nostri. Una legge della natura è, come abbiamo detto, una descrizione di un comportamento naturale che non abbiamo dimostrato, ma che abbiamo dedotto dalla nostra esperienza (supponendo sia un comportamento generale grazie ad alcune osservazioni specifiche). Questo modo di ragionare, attraverso l'induzione, è fondamentale per la natura umana e viene adottato fin dai primi mesi della nostra esistenza. Non appena i bambini osservano che gli oggetti cadono se lasciati sospesi nell'aria, diventa un gioco far cadere i loro giocattoli, avendo la certezza che si comporteranno tutti allo stesso modo. Capiscono molto rapidamente che i trucchi magici sono un comportamento straordinario, e

si sforzano molto per scoprire il trucco.

Quindi, partendo dall'osservazione che lo sfregamento dell'ambra la elettrizza indipendentemente da dove avviene l'esperimento (a terra o in mezzo al mare, in montagna o in spiaggia) o da chi lo compie (un uomo, una donna o un bambino), Leucippo deduceva o supponeva che si trattasse di un comportamento generale della natura, in altre parole di una legge. Ma avendola verificata in un numero di casi troppo ridotto, non poteva essere sicuro che, a un certo punto, in un certo luogo questa legge potesse non essere più valida. Pertanto, una legge è sempre una descrizione temporanea (come vedremo presto) di ciò che crediamo essere un comportamento naturale. Perciò dobbiamo essere disposti a sostituirla con un altro principio più generale. Nel corso di questa storia vedremo esempi che chiariscono questa procedura, che non è altro che lo schema piagetiano della costruzione della conoscenza.

Un'altra conseguenza delle affermazioni di Leucippo è che le Leggi della Natura contrastano con la magia, perché non hanno bisogno di stregoneria o di incantesimi.

Come si può vedere, Leucippo si è meritato un posto importante nella storia della scienza —o dovremmo dire filosofia?

## **2.3. RINASCIMENTO IN OCCIDENTE**

Per 2200 lunghi anni, la storia della scienza è stata un posto tranquillo dove le leggi di Talete di Mileto erano rimaste invariate.

Ma nel XV secolo, per varie ragioni probabilmente collegate al Rinascimento (delle virtù, degli

interessi e del patrimonio del mondo classico), la società sviluppò un nuovo atteggiamento verso la conoscenza. Tale atteggiamento darà presto il via alla rivoluzione scientifica.

Secondo i ricercatori una delle cause fu la riscoperta delle opere dei filosofi greci da parte degli arabi. Questi manoscritti furono tradotti in arabo e, sotto richiesta di Alfonso X di Castiglia, in Spagna (detto il Saggio), ritradotti dall'arabo in latino presso la Scuola dei traduttori di Toledo. Queste traduzioni furono ricopiate in tantissimi conventi e le copie furono distribuite in tutta Europa attraverso il Cammino di Santiago la strada verso Roma. Ciò significava riscoprire il mondo classico, cosa che diede inizio al risveglio intellettuale che fu una delle cause del Rinascimento. Ma questa è solo una teoria.

Con la scoperta dell'America, la scienza acquisì un parametro di produzione, ovvero un'importanza economica. Ci troviamo nel XVI secolo. Per navigare dall'Europa all'America, i capitani dovevano comprendere l'astronomia e il magnetismo terrestre per potersi orientare in un viaggio di 20 giorni. L'istruzione dei capitani era fondamentale perché il viaggio fosse abbastanza breve e i marinai non si ammalassero di scorbuto e per fare in modo che né la barca né il carico andassero perduti. Per questo motivo il perfezionamento del modello di Copernico e i progressi nel magnetismo furono di enorme importanza economica. Ed è così che William Gilbert (1544-1603) entra a far parte della nostra storia. Era il medico reale della Regina Elisabetta I d'Inghilterra, la regina vergine, che diede il nome al vasto territorio della Virginia nel Nord America che fu annesso all'Inghilterra.

Gilbert amava la fisica e mostrava alla regina, con la quale probabilmente assisteva alle prime di Shakespeare, esperimenti di magnetismo

ed elettricità, usando il termine *electricus* per descrivere lo strano fluido responsabile dei fenomeni elettrici. Poiché l'elettricità e il magnetismo erano fenomeni molto simili, Gilbert studiò entrambi contemporaneamente.

Come abbiamo detto, la conoscenza che aveva Talete di Mileto sull'elettricità arrivò fino a William Gilbert quasi invariata.

- Prima legge di Talete: quando un corpo viene strofinato (ovvero elettrizzato), attrae a sé piccoli oggetti nelle vicinanze. Questa proprietà si perde col tempo.
- Seconda Legge di Talete: Vi sono corpi che possono essere elettrizzati strofinandoli e altri che non possono (elettrizzabili e non elettrizzabili).

Intorno al 1600, Gilbert scrisse un trattato in cui spiegava la differenza tra magnetismo ed elettricità, una differenza che può essere provata con un semplice strumento da lui inventato, il *versorium*. Possiamo facilmente costruirne uno in classe semplicemente tenendo un foglio di alluminio tirato (preferibilmente di quelli usati per il forno, che sono un po' più spessi) sospeso sul suo baricentro (Figura 37).

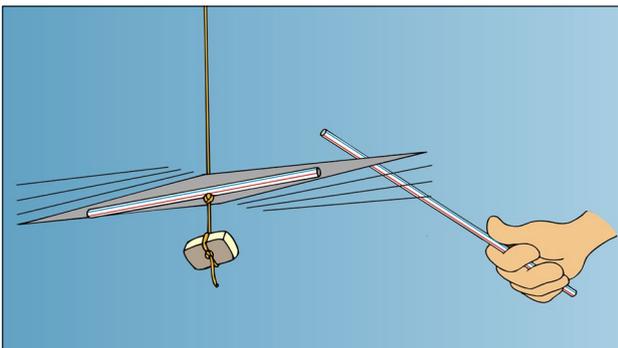


Figura 37. Possiamo costruire un *versorium* usando materiali semplici.

La descrizione del suo funzionamento, nel momento storico in cui ci troviamo, sarebbe: un corpo strofinato (carico, come diremmo oggi) attrae qualsiasi corpo neutro (elettrizzabile o meno) vicino ad esso, in linea con la Legge di Talete. Tuttavia, un magnete attrae solo oggetti composti da materiali magnetici (a quel tempo si conoscevano solo il ferro e alcuni dei suoi minerali). E Gilbert, nel mezzo di un periodo storico che voleva dimostrare quanto fosse importante l'eredità del mondo classico, battezzò questa nuova disciplina elettricità, dal nome greco per l'ambra, *elektron*. Le parole elettricità ed elettronica derivano da questo termine.

Nonostante la semplicità delle leggi di Talete, esse hanno avuto una applicazione pratica. Durante tutto il Medioevo era normale vedere i filatori usare un fuso la cui parte inferiore era un pezzo di ambra che strofinavano sulla loro gonna mentre tessevano. Ciò permetteva di elettrizzarlo e di usarlo per prendere il filo da terra senza piegarsi qualora si fosse rotto accidentalmente.

## 2.4. FRANCIS BACON INVENTA UN METODO PER FARE LA SCIENZA: SE LO SEGUIAMO, OTTERREMO DI SICURO LA VERITÀ

Un altro personaggio influente del tempo fu Francis Bacon, barone di Verulamio (1561-1626), il quale aggiunse un postulato a quelli proposti da Leucippo duemila anni prima.

Nel 1620, pubblicò la sua opera *Novum Organum*, ossia nuovi indizi sull'interpretazione della natura, nella quale descrisse il metodo sperimentare da applicare alle scienze, in contrasto con l'*Organon* di Aristotele (buono solo per discutere tra colleghi). Facendo ciò, Bacon aggiunse un nuovo postulato a

quelli di Leucippo, nel quale veniva spiegato il procedimento per scoprire le leggi che governano il mondo.

Nuovo postulato di Bacon: Se vuoi sapere come si comporta la natura, l'unico modo è chiederlo direttamente a lei, per mezzo di esperimenti ben progettati.

In altre parole, solo natura può dirci come si comporta.

Ciò completa i postulati di Leucippo, dove ci viene detto che vi sono delle leggi da scoprire, ma non viene indicato il metodo da usare per farlo.

E proprio questo principio, insieme ai due di Leucippo, formò le basi del sapere scientifico del XVII secolo.

Adesso prenderemo una piccola scorciatoia nella nostra storia, che ci porterà direttamente alla nuova rappresentazione che stiamo cercando. È questo il vantaggio di raccontare una storia, in quanto è uno spazio virtuale che esiste solo nella nostra mente e ci permette di andare avanti o indietro e di fermarci in ogni luogo e in ogni periodo. È uno dei nostri strumenti di apprendimento più utili.

In questo sentiero vi sono quattro incroci importanti:

- Il primo, nel 1629, è l'esperimento di Cabeo.
- Il secondo, nel 1725, rappresenta le scoperte fatte Gray e Desaguliers, circa un secolo dopo.
- Il terzo è l'opera di du Fay, del 1733.
- E il quarto incrocio corrisponde a Benjamin Franklin, che nel 1747 formula le Leggi di Conservazione della Carica.

## **Primo incrocio. Scoperta delle forze di repulsione**

Alcuni anni dopo la morte di Gilbert, nel 1620, il gesuita italiano Niccolò Cabeo (1586-1650) condusse degli esperimenti di elettrostatica usando ogni tipo di materiale. Notò che gli oggetti neutri di materiale elettrizzabile erano attratti dall'ambra e vi rimanevano attaccati (secondo il comportamento descritto dalle Leggi di Talete) ma che i piccoli oggetti metallici si comportavano in modo totalmente diverso. Dopo essere stati attratti dall'ambra e essere entrati in contatto con essa, venivano violentemente respinti. Così Cabeo scoprì l'esistenza delle forze elettriche repulsive, non contemplate nelle Leggi di Talete di Mileto, che erano state usate per duemiladuecento anni.

Possiamo rifarlo in classe usando pezzettini di fogli di alluminio; quando li avviciniamo a una barra in PVC vediamo che prima vengono attratti e poi, appena vengono in contatto con essa, respinti. Possiamo fare anche un esperimento più spettacolare usando una pallina di alluminio o una graffetta tenendole sospese con un filo. Quando si avvicinano alla barra si vede l'attrazione iniziale e la repulsione successiva (Figura 38).



**Figura 38.** Barra in PVC elettrizzata che attrae pezzettini di alluminio.

L'esperimento di Cabeo dovrebbe essere riprodotto da ogni studente e descritto e rappresentato nei loro quaderni. Queste annotazioni saranno utili quando, a breve, la storia della scienza ci porterà in un luogo dove possiamo spiegare cosa succede con un modello appropriato che Cabeo non conosceva. Così si renderanno conto di cosa rappresentano effettivamente i progressi e le scoperte scientifiche rappresentano. Storicamente, il processo ha richiesto circa quarant'anni, ma per i nostri studenti ci vorranno solo pochi giorni.

## **Secondo incrocio. Le scoperte di Gray e Desaguliers**

### **Tutti i materiali possono essere elettrizzati**

La seguente scoperta, che contraddice le Leggi di Talete, fu fatta da Stephen Gray (1666-1736). Gray nacque nell'anno del grande incendio di Londra (in concomitanza con la fine della grande peste) ed ebbe la sfortuna di collocarsi scientificamente da tutt'altra parte rispetto a Newton. Nel 1727, Gray si chiese perché i materiali metallici venissero respinti da una barra elettrizzata, dopo averla toccata, al contrario dei non metalli. Incuriosito dallo strano comportamento di questi materiali a contatto con l'elettricità, come scoperto da Cabeo, Gray ideò e condusse molti esperimenti. Scopri che anche i metalli possono essere elettrizzati, se isolati dalla mano del ricercatore con un materiale elettrizzabile.

Possiamo riprodurre l'esperimento di Gray in classe utilizzando un tubo di rame con un manico in PVC o in qualsiasi altro materiale plastico. Vedremo che quando si strofina il tubo di rame con un tessuto, preferibilmente impermeabilizzato con del teflon (usato nel trattamento di alcune tovaglie, per esempio) il tubo di rame si elettrizza, proprio come la barra in PVC.

Ed è così che sparisce la distinzione tra materiali elettrizzabili e non elettrizzabili, e adesso una nuova legge può sostituire quella vecchia:

**Seconda Legge di Talete:** Vi sono corpi che possono essere elettrizzati strofinandoli e altri che non possono (elettrizzabili e non elettrizzabili).

**Nuova seconda legge (di Gray):** Tutti i materiali possono essere elettrizzati per strofinio.

Ma Gray continuò a cercare le differenze tra le due vecchie classi di materiali, convinto che lo strano comportamento dei metalli (che se impugnati non si elettrizzano) deve essere dovuto a una proprietà ancora sconosciuta.

### **I metalli conducono l'elettricità ma gli isolanti no**

Due anni dopo, lavorando con il suo amico e protettore Jean Theophile Desaguliers (1683-1744), Gray scoprì la proprietà nascosta che distingue i metalli dai non metalli: i primi conducono l'elettricità, permettendole di muoversi da una parte all'altra dell'oggetto metallico.

L'esperimento di Gray e Desaguliers è facile da rifare in classe. Per farlo, dobbiamo mettere un tubo di rame su un bicchiere di plastica, con una piccola pallina di alluminio o una graffetta sospese su un filo posto in prossimità di un'estremità del tubo. Non appena la barra in PVC elettrizzata tocca l'estremità del tubo di rame opposta alla graffetta, il tubo attira la graffetta.

Ciò dimostra che la carica della barra in PVC viene trasmessa all'estremità del tubo di metallo e ciò attrae la graffetta per induzione: il metallo è un conduttore.

Così facendo, i due ricercatori hanno stabilito una nuova classificazione dei materiali: i conduttori elettrici (ovvero quelli che Talete considerava non elettrizzabili); e i non conduttori, conosciuti come isolanti (che corrispondono ai materiali elettrizzabili di Talete).

### Il corpo umano è un conduttore

Gray e Desaguliers continuarono a sperimentare con i materiali che trovavano intorno a loro per verificare la legge appena scoperta. Tra i vari test, cercarono di elettrizzare le loro dita strofinandole con del tessuto in lana, in pelle, e così via, per vedere se esse attirassero frammenti di carta. Giunsero alla conclusione che le dita non potevano essere elettrizzate per strofinio. Supposero, correttamente, che al corpo umano accadesse la stessa cosa del tubo di rame, ovvero che fosse un conduttore, e che quindi la carica generata dallo sfregamento veniva distribuita in tutto il corpo arrivando fino al suolo attraverso i piedi o le scarpe. Per verificarlo, isolarono una persona tendendola sospesa con delle corde di seta molto asciutte. Poi collegarono la persona ad una macchina elettrostatica e verificarono che il corpo umano fosse rimasto carico mantenendo la stessa carica allo stesso modo di qualsiasi altro oggetto (Figura 39).

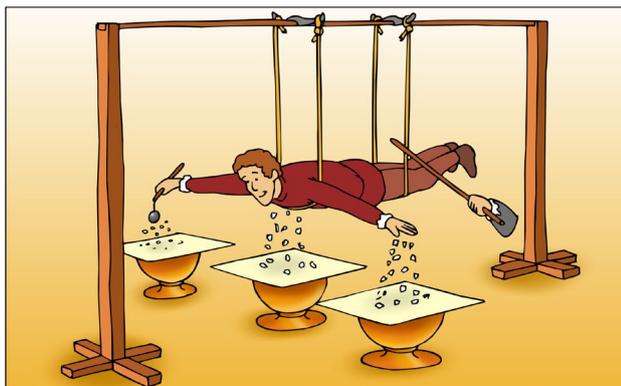


Figura 39. Un ragazzo carico elettricamente.

Così scoprirono che il corpo umano è un conduttore pur non essendo metallico. Ciò rivelò un altro mistero su cui indagare: la natura dei corpi conduttori non metalli.

Queste nuove scoperte permisero di capire perché Talete non poteva elettrificare un metallo tenendolo in mano. Anche se viene generata molta elettricità dallo sfregamento, questa viene condotta al corpo umano, che la porta a terra attraverso le scarpe. Una volta capito questo, l'idea ebbe successo alle feste grazie al bacio elettrico: una ragazza veniva isolata usando corde di seta e caricata elettricamente nel modo descritto. Baciando una persona non isolata, parte della carica elettrica portata a terra attraverso il corpo, le trasmetteva la particolare sensazione di shock elettrico (Figura 40).

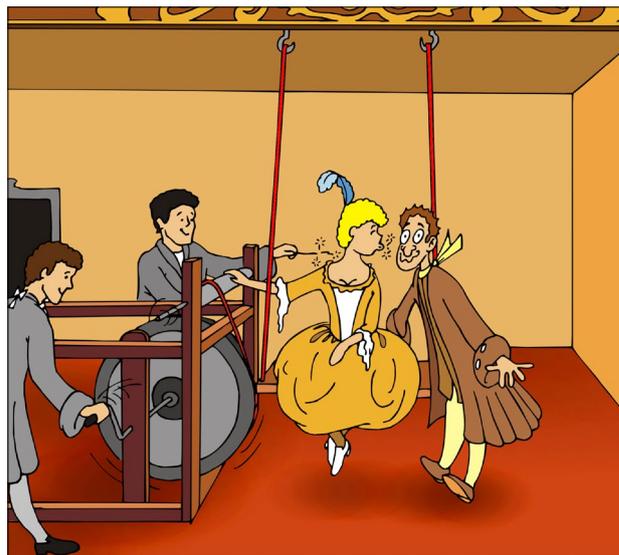


Figura 40. Il bacio elettrico.

### Terzo incrocio, grazie a du Fay

#### Vi sono due classi di elettricità

Nel 1733, solo quattro anni dopo le scoperte di Gray, Charles François du Fay (1698-1739) fece una scoperta fondamentale per l'evoluzione dell'elettrostatica: l'esistenza di due tipi di

elettricità, che chiamò vitrea e resinosa, essendo generate o strofinando un pezzo di vetro con della seta (che secondo la consuetudine moderna assume carica positiva) o un pezzo di ambra o qualsiasi altra sostanza resinosa (che acquisisce una carica negativa).

Alcuni esperimenti di du Fay's sono molto facili da replicare in classe usando materiali molto semplici. Iniziamo unendo due cannucce di diverso colore (nell'immagine sottostante - arancione e giallo) e tenendole sospese dal centro così che rimangano bilanciate (Figura 41).



Figura 41. L'esperimento di du Fay in classe.

Nella prima parte dell'esperimento strofiniamo la parte gialla (secondo il nostro esempio) con un tovagliolo di carta, avendo cura di non toccare con le mani la parte di fazzoletto che è stata a contatto con la cannucchia (Figura 42). Se avviciniamo questa parte di fazzoletto alla cannucchia gialle vedremo che i due elementi si attraggono (Figura 43).

La seconda parte dell'esperimento consiste nello strofinare un'altra cannucchia gialla (non una di quelle unite e sospese) con un altro fazzoletto. Il risultato è semplice da vedere in quanto quando le due cannucce gialle vengono avvicinate si respingono (Figura 44).



Figure 42 e 43.

Du Fay, la cui ricerca fu motivata dal lavoro di Gray and Desaguliers, interpretò i risultati di questo esperimento (e altri esperimenti simili) supponendo che quando la cannucchia di plastica viene strofinata con un fazzoletto, la plastica ottiene una carica negativa e la carta positiva. Lo studioso ha subito dedotto cosa stesse accadendo e lo sintetizzò in quella che chiamiamo la **Legge di du Fay: le cariche con lo stesso nome o segno si respingono, mentre quelle di segni diversi si attraggono.**



Figura 44.

## La serie triboelettrica

Dopo aver fatto un gran numero di test, arrivò alla conclusione che vi è una tendenza naturale a caricare elettricamente quando due corpi elettricamente neutri vengono strofinati (uguali quantità di cariche negative e positive). Entrambe diventano cariche, una positivamente e l'altra negativamente. Studiando il tipo e la quantità della carica che acquisiscono dopo essere stati strofinati creò una lista sperimentale di materiali chiamata serie (o tavola) triboelettrica, in altre parole una tabella basata esclusivamente su risultati sperimentali (Figura 45).

+ MASSIMA CARICA POSITIVA
Pelle umana
Vetro
Nylon
Lana
Seta
Carta
Cotone
Gomma
Polietilene
PVC (cloruro di polivinile)
Teflon
Silicone
- MASSIMA CARICA NEGATIVA

Figure 45. Serie triboelettrica.

L'ordine della tabella è strutturato in modo tale che quando due materiali della serie vengono strofinati insieme, quello più vicino all'inizio dell'elenco acquisisce una carica positiva e l'altro una carica negativa. Inoltre, la quantità di carica che essi acquisiscono attraverso il processo di sfregamento è proporzionale alla distanza (in posizione) che separa i due materiali nella tabella. Pertanto, se una bottiglia di vetro viene

strofinata con un panno di cotone, una carica negativa passa dal vetro al cotone, lasciando la bottiglia carica positivamente e facendo diventare il panno carico negativamente. Bisogna tener conto del fatto che la posizione che un materiale occupa nella serie non dipende solo dalla sua composizione ma anche dalle sue caratteristiche superficiali (lucido, graffiato, ecc.).

L'esperimento che abbiamo proposto per la classe implica l'uso di fazzoletti di carta e cannuce (PVC). Come si può dedurre dalla tavola, la plastica acquisisce una carica negativa e la carta una carica positiva (Figura 46).

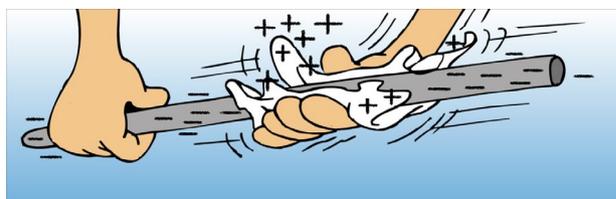


Figura 46. Un oggetto non conduttore viene elettrizzato.

## Quarto incrocio: la conservazione della carica di Benjamin Franklin

Mancava ancora un tassello importante del puzzle nel campo dell'elettricità per poter essere un insieme di conoscenze completo, e questo tassello fu fornito da Benjamin Franklin (1706-1790). Nel giugno 1747, in una lettera all'amico Cadwallader Colden, scienziato e politico come lui, spiega che l'elettricità non si crea per attrito, ma è un elemento, come l'idrogeno o l'ossigeno, che esiste in natura e che non viene creato né distrutto, al massimo viene trasferito da un corpo all'altro.

Oggi il modello di Franklin di un unico fluido elettrico viene ritenuto incorretto ed è stato abbandonato in favore del modello delle due

cariche elettriche, che è quello che usiamo nelle nostre descrizioni. Oggi si dice che ci sono due cariche elettriche, quelle originariamente scoperte da du Fay (positiva e negativa), e che esse esistono in quantità esattamente uguali nei corpi neutri. Inoltre, se si strofinano insieme due materiali non elettrizzati, entrambe le cariche vengono ridistribuite, passando da un corpo all'altro e lasciandone uno con una carica positiva e l'altro con una carica negativa.

La Legge della Conservazione della Carica è impossibile da testare in classe in quanto non possiamo fare calcoli quantitativi. Come ogni legge di conservazione, deriva da una simmetria. In questo caso quella di gauge, secondo il teorema di Amalie Emmy Noether (1882 - 1935) questa invarianza implica la conservazione della carica. Ma per i nostri fini possiamo prenderlo come postulato, dedotto dall'aver osservato che quando strofiniamo due corpi neutri tra loro, le cariche che acquisiscono sono di segni opposti, ed è logico supporre che se sommati insieme diano sempre zero come risultato.

Franklin enunciò la sua Legge della Conservazione della Carica centotrenta quattro anni dopo l'esperimento di Cabelo e duemilatrecento anni dopo l'opera di Talete.

## 2.5. L'ELETTRICITÀ NELLA METÀ DEL XVIII SECOLO

Entro il 1750 erano state promulgate nuove leggi sull'elettricità che, secondo il linguaggio moderno, sono:

- **1° Legge:** Vi sono due tipi di cariche elettriche, una positiva e una negativa. Nel mondo è presente la stessa quantità di ciascuna carica.
- **2° Legge:** Le cariche elettriche non vengono create né distrutte. Passano semplicemente da un corpo a un altro per contatto o per strofinio.
- **3° Legge:** Tutti i materiali possono essere elettrizzati per strofinio. Il segno delle cariche acquisite dai due materiali che vengono in contatto è indicato nella tabella triboelettrica, determinata empiricamente tramite degli esperimenti, senza che vi siano leggi che le cariche devono seguire o teorie a loro supporto.
- **4° Legge:** Vi sono materiali che conducono l'elettricità (conduttori) e altri che non lo fanno (isolanti).

Con la scoperta dei conduttori e degli isolanti apparvero le prime teorie dei circuiti, ma per questo dovremo aspettare la nascita di Georg Simon Ohm (1789-1854), lo stesso anno in cui iniziò la Rivoluzione Francese. Questa teoria, formulata nel 1827, illustra la famosa legge di Ohm relativa al voltaggio, la resistenza e l'intensità. Da questa viene il trasporto dell'elettricità, il telefono, l'elettronica, il computer, il telefono e una lista infinita di innovazioni che continua ad aggiornarsi. Ma questa è un'altra storia.

Con queste quattro leggi, che sono la risposta della scienza alle nuove scoperte (dopo che era stato dimostrato che non potevano essere spiegate dalle leggi precedenti), è possibile spiegare, come vedremo, tutti i fenomeni elettrici conosciuti nella metà del XVIII secolo, chiamato il secolo dei lumi. Tra questi abbiamo scelto un esempio particolarmente rilevante per la sua applicazione alle forze intermolecolari, inizio della nostra storia.

## A. Polarizzazione per induzione

Il fatto che ogni corpo isolante (come una barra in PVC) caricata per strofinio attragga oggetti isolanti neutri o metallici è dovuto a un fenomeno chiamato polarizzazione per induzione.

Il meccanismo di polarizzazione per induzione inizialmente non era molto chiaro e non venne compreso finché non fu inventato un modello relativo alle molecole polari e polarizzabili. Per questo motivo, nel 1750, si presumeva che all'interno di questi piccoli oggetti le cariche di entrambi i segni fossero in una certa misura separate. Se portiamo una barra in PVC caricata negativamente vicino ad alcuni coriandoli, le cariche positive (attratte dalla barra) vanno verso la superficie più vicina al PVC e le cariche negative (respinte dalla carica negativa del PVC) si posizionano sulla superficie più lontana dalla barra, producendo una separazione delle cariche che polarizza i coriandoli.

Non essendo i coriandoli dei conduttori, non possono passare la carica alla barra e caricarla negativamente, ragione per cui rimangono attaccati alla barra che resta elettrizzata. Ma è anche certo che, non essendo i coriandoli conduttori, è difficile spiegare come si muovono le cariche al suo interno. Questa è una delle domande senza risposta che hanno segnato la direzione della nuova ricerca. Per favorire l'assimilazione di queste leggi, proponiamo una serie di semplici esperimenti, così che gli studenti realizzino, in maniera molto più profonda di quanto la loro età non consenta, come le leggi vengono applicate per spiegare il comportamento della natura.

## B. Perché una barra elettrizzata attrae un corpo neutro conduttore?

La barra in PVC si carica negativamente quando viene strofinata con la carta (vedi la serie triboelettrica di prima).



Figura 47. La lattina è attratta dalla barra.

- Essendo il metallo di una lattina un conduttore, le cariche negative del PVC respingono le cariche negative del contenitore, che si muove verso l'estremità della barra.
- Quando un oggetto ha sia cariche positive che negative, positive ad un'estremità o polo, e negative all'altra estremità o polo, possiamo dire che l'oggetto è elettricamente polarizzato (in questo caso, per induzione).
- Dato che la parte del contenitore più vicina alla barra in PVC è positiva, questa viene attratta dalla barra e si muove verso di essa.
- Le cariche negative del contenitore sono più lontane di quelle positive, quindi la repulsione che sentono con la barra è inferiore all'attrazione sentita nella parte positiva.
- Quando il contenitore gira, le cariche positive e negative si muovono dentro di esso, quindi rimane polarizzato orizzontalmente.

In questo modo abbiamo *spiegato* il risultato del nostro esperimento applicando le leggi dell'elettrostatica.

### C. Analisi dell'esperimento di Cabeo con l'aiuto delle Leggi dell'Elettrostatica

La forza elettrica repulsiva scoperta da Cabeo – che segnò la fine del modello della carica elettrica singola – può essere spiegata usando la scoperta di du Fay relativa alle cariche (+ e -), il movimento delle cariche all'interno di un conduttore e il principio di conservazione della carica di Franklin. Vediamo come.

Se strofiniamo una barra in PVC con un fazzoletto di carta, la barra diventerà carica negativamente e il fazzoletto – per la legge di conservazione di Franklin – avrà un uguale quantità di carica positiva.

Quando un piccolo oggetto di materiale conduttivo, come una graffetta, si avvicina alla barra in PVC, esso si polarizza per conduzione come la lattina: le cariche negative (che sappiamo essere mobili nei metalli) scappano verso l'estremità opposta, lasciando l'altra estremità carica positivamente: il metallo così polarizzato viene poi attratto dalla barra negativa (Figura 48).

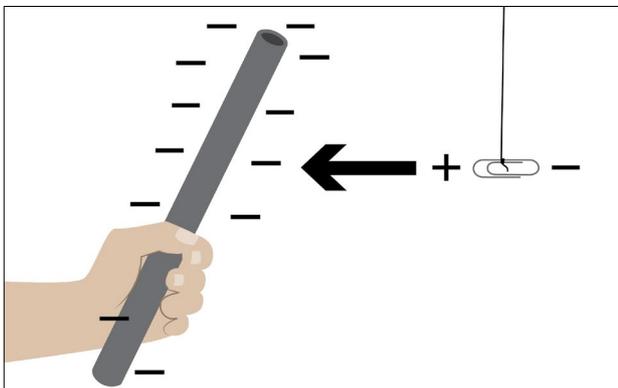


Figura 48.

Di conseguenza l'oggetto si avvicina fino a fare contatto con la barra che acquisisce una parte della sua carica negativa, essendo un conduttore (Figura 49).

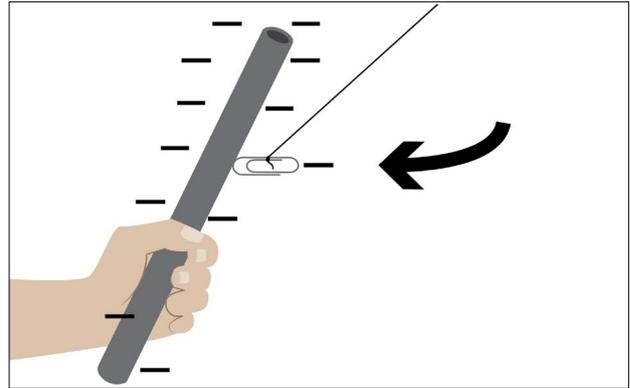


Figura 49.

- Quando il pendolo, polarizzato ma neutro, viene in contatto con il PVC negativo, parte della carica del PVC passa al pendolo, caricandolo negativamente.
- Di conseguenza vi è una forza repulsiva che spinge il pendolo lontano dal PVC negativo (Figura 50).

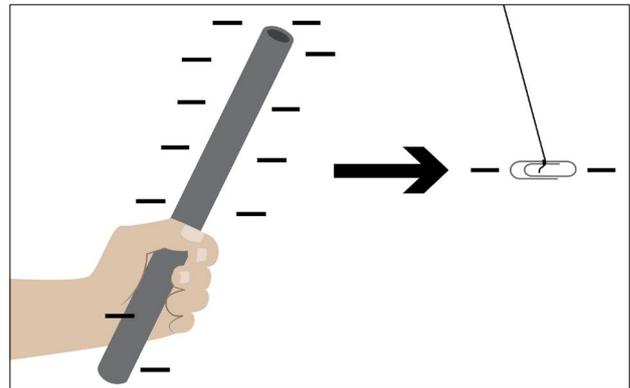


Figura 50.

Alla fine dell'esperimento entrambi i corpi sono caricati negativamente, e producono la forza di repulsione che tanto sorprese Cabeo. Dall'essere impossibile da spiegare con il modello della carica singola, questo esperimento ha rivoluzionato l'elettrostatica, forzandola a trovare nuovi modelli per spiegare questo risultato.

### **3. TERZA PARTE: CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELLE FORZE INTERMOLECOLARI**

Siamo arrivati alla terza parte della nostra storia. Qui cercheremo di spiegare le forze scoperte nella prima sezione usando la conoscenza elettrostatica che abbiamo presentato nella seconda sezione.

In pratica, abbiamo prima descritto il comportamento dell'acqua a contatto con i solidi usando concetti basati sulle forze di coesione e adesione. Poi, basandoci sui processi di evaporazione e condensazione, siamo stati in grado di affermare l'esistenza delle molecole d'acqua, e il fatto che esse si presentano sia nello stato liquido che gassoso. Inoltre, poiché l'acqua è attratta da un corpo elettrificato e non da un magnete, abbiamo dedotto che i fenomeni che influenzano il comportamento dell'acqua debbano essere di natura elettrica. Questa conclusione sembrava una buona ipotesi di lavoro, e la ragione per cui abbiamo poi guardato all'elettrostatica, un ramo della scienza sviluppatosi indipendentemente dalle interazioni tra i liquidi e i solidi.

Da un punto di vista didattico, abbiamo ora il problema di introdurre la molecola (polare) dell'acqua in un modo che sia appropriato

per gli studenti, senza dover ricorrere alla sua composizione atomica. Questo ci evita il lungo percorso verso il modello atomico (con le complessità della tavola periodica), e la formazione di molecole con la loro stechiometria e le proprietà atomiche che spiegano le caratteristiche elettriche della molecola di acqua.

La nostra proposta è quella di cercare su internet informazioni su possibili modelli relativi alla molecola dell'acqua (proposti da altri ricercatori), e usarli per spiegare le forze di coesione e di adesione. Dobbiamo soltanto digitare le parole molecola dell'acqua in un motore di ricerca, cliccare su immagini e vedere i risultati.

Come si può vedere, tutte le immagini che appaiono sono rappresentazioni della stessa idea: la famosa e onnipresente molecola  $H_2O$ , formata da due atomi di idrogeno con cariche elettriche positive legate ad un unico atomo di ossigeno a carica negativa.

È un buon momento per riflettere sulla natura dei modelli scientifici, le ragioni per cui essi si sono sviluppati e la loro funzione nella ricerca scientifica. Un modello è una rappresentazione iconica o simbolica di una parte di realtà, creato per indicare esplicitamente una data caratteristica di quella parte di realtà che è fondamentale nello studio a cui ci stiamo avvicinando. La mappa di una città è un buon esempio di modello, così come le riproduzioni in scala ridotta di auto, treni ecc.

Nel nostro caso, dato che stiamo supponendo che le forze di coesione e di adesione sono elettriche di natura, dovremmo scegliere un modello di molecola d'acqua dove le cariche e la loro distribuzione sono esplicitamente rappresentate. Da questo modello proveremo a capire le forze che abbiamo scoperto e che

stiamo studiando.

Qualsiasi modello funzionerà se avrà queste caratteristiche; possiamo anche attribuire le lettere agli studenti (cappelli con scritto O- per rappresentare l'ossigeno, braccia aperte che tengono un poster con una H+ in ogni mano), basta che la rappresentazione delle molecole mostri lo stato della polarizzazione elettrica (Figura 51).



Figura 51. Polarizzazione dell'acqua: un adattamento teatrale

Con uno qualsiasi di questi modelli di molecole d'acqua, la comparsa di forze attrattive tra l'atomo di ossigeno negativo di una molecola e un atomo di idrogeno positivo di qualsiasi altra molecola vicina alla prima può essere facilmente compresa. Infatti, se per caso gli ossigeni di due molecole vicine si avvicinano, ci sarà una forza repulsiva che impedirà questa situazione. Le forze di attrazione tra queste molecole sono conosciute come legami a idrogeno, un tipo di forza introdotto da Johannes D. Van der Waals (1837-1923) nel 1873. Per questo motivo vengono chiamate forze di Van der Waals.

Dobbiamo adesso capire che, avendo introdotto la molecola d'acqua polare, abbiamo cambiato il modello e siamo passati da un semplice modello descrittivo ad un altro tipo di modello

che ci fornisce una spiegazione delle forze basate sulle leggi dell'elettricità.

Quando le leggi di una disciplina consolidate (come l'elettricità) possono venire applicate a un modello per osservare i fatti, possiamo dire di aver sviluppato una teoria.

Grazie a questa rappresentazione è facile identificare i legami a idrogeno come la causa delle forze di coesione, un effetto macroscopico della (submicroscopica) polarità delle molecole.

Perciò proveremo ora ad usare lo stesso modello molecolare per comprendere le forze di adesione, supponendo che anche la loro natura è elettrica.

Cominceremo con il caso più semplice, ovvero il caso in cui la molecola sia in contatto con una superficie non conduttrice composta da molecole non polari, ad esempio carta oleata o cerata. Come abbiamo visto nella prima sezione, e possiamo ricordarcene rivedendo i nostri appunti, una goccia d'acqua non aderisce alla carta oleata. Questo perché tra l'acqua e l'olio non agiscono forze di adesione; ciò spiega anche perché i due liquidi non si mischiano (anzi si separano a causa delle loro densità diverse). Grazie al nostro modello possiamo arrivare alla conclusione che le parti cariche delle molecole d'acqua non trovano cariche opposte da cui essere attratte sulla superficie della carta oleata. Di conseguenza le forze di adesione risultano nulle. Teflon è una superficie di questo tipo ed è molto usata per i tessuti impermeabili.

Il secondo caso riguarda le superfici di materiali le cui molecole sono polari, come il vetro (composto da diossido di silicio). Gli atomi di ossigeno hanno una grande affinità con gli

elettroni— circa tre volte maggiore a quella che ha il silicio—quindi possiamo immaginare che la superficie del vetro sia molto polare, ovvero essendo composta da atomi di silicio positivi e atomi di ossigeno negativi. Perciò le molecole d'acqua, anch'esse polari, formeranno forti legami con le cariche positive e negative sulla superficie, creando forti forze di adesione. Queste forze sono responsabili dell'alto livello di capillarità nei tubi.

Infine studieremo le forze di adesione che agiscono su una superficie metallica, come un foglio di alluminio (come quello utilizzato nei primi esperimenti che ci hanno aiutato a concettualizzare queste forze). Per studiare cosa succede quando una molecola d'acqua entra in contatto con la superficie dell'alluminio, rappresenteremo entrambi gli elementi in un semplice diagramma.

Quando un atomo di ossigeno caricato negativamente si avvicina all'alluminio, le cariche negative mobili del metallo avvertiranno la repulsione dall'ossigeno e si allontaneranno dalla superficie; questa mancanza di carica negativa genererà una zona di carica positiva netta più vicina all'atomo di ossigeno che lo attirerà, trascinando l'intera molecola verso la superficie. Il risultato è la comparsa di una forza attrattiva tra la molecola dell'acqua e il metallo che possiamo identificare come forza di adesione.

Allo stesso modo possiamo capire cosa accadrebbe se la parte più vicina della molecola fosse un atomo di idrogeno. La carica positiva di questo atomo attirerebbe le cariche negative libere nel metallo, creando una zona negativa accanto all'atomo di idrogeno positivo che eserciterebbe una forza attrattiva corrispondente su di esso. Come nel caso precedente, possiamo identificare la forza come forza di adesione. È molto facile collegare questi

fenomeni con quelli dei movimenti di carica nella lattina quando si avvicina ad una barra elettrificata che la polarizza per induzione.

Consideriamo ora la tensione superficiale come la resistenza della superficie di un liquido ad essere attraversata da un oggetto.

Ecco perché la superficie dell'acqua può supportare oggetti leggeri. Inoltre, le forze elettriche di attrazione tra le molecole della superficie provano a contrarla, così come accade alla gomma di un palloncino, cosa che spiega il nostro modello della pelle elastica (Figura 52).

Perché la superficie dell'acqua è così elastica?



Figura 52. Osservando la tensione superficiale.

La tensione superficiale è responsabile anche della forma sferica delle gocce.

Dovremmo usare lo stesso modello per spiegare le forze di adesione, cercando di capire perché l'acqua aderisce di più ad alcune superfici che ad altre.

Possiamo divider le superfici in due categorie: quelle che sono metalliche per natura (e quindi conduttrici) e le superfici non metalliche, formate da molecole che possono essere polarizzate o totalmente prive di poli.

Nel caso delle superfici conduttrici, le cariche della molecola d'acqua polarizzeranno (per induzione) la superficie con cui vengono in contatto, generando forze di attrazione simili a quelle che abbiamo visto tra la barra elettrizzata e la lattina.

Nel caso delle superfici polari, come il vetro, gli atomi di idrogeno saranno attratti dalle molecole negative che compongono la superficie e gli atomi di ossigeno da quelle positive. La maggiore o minore polarizzazione elettrica delle molecole in superficie è responsabile del corrispondente valore delle forze di adesione.

E infine possiamo esaminare il caso delle superfici solide non polari, come la cera, la paraffina o la carta oleata. In questo caso non compaiono forze di adesione, dato che non vi sono forze intermolecolari. È anche il motivo per cui l'olio e l'acqua non si mischiano. Possiamo dire in questo caso che l'acqua non bagna la superficie.

### **3.1. CONSIDERAZIONI: LA STRUTTURA PIAGETIANA DELLA STORIA E DELL'ORGANIZZAZIONE DIDATTICA DELLA CONOSCENZA**

Come abbiamo visto, non è sempre consigliabile attenersi rigidamente alla storia per applicarla in aula.

Il processo di sostituzione di una legge o di un insieme di leggi con delle nuove dovrebbe essere studiato molto dettagliatamente, in quanto è l'unico modo di generare conoscenza.

Le leggi di Talete spiegavano i risultati degli esperimenti fatti fino al 1624. Non erano però in grado di spiegare i nuovi risultati (da Cabeo, Gray, Desaguliers, e du Fay) e fu necessario trovarne altre, e persino introdurre un nuovo principio (come fece Franklin) per permettere di

spiegarli. Piaget introduce questo processo di sostituzione delle leggi come un processo per generare conoscenza e lo divide nelle seguenti fasi:

1. Situazione in cui le leggi conosciute spiegano la totalità dei risultati degli esperimenti disponibili. Il sistema di rappresentazione mentale del mondo reale è in equilibrio.
2. Vengono fatte nuove scoperte sotto forma di nuovi risultati sperimentali. Il tentativo di spiegare i nuovi risultati con le vecchie leggi porta al loro fallimento, producendo uno squilibrio tra il comportamento del mondo reale e la rappresentazione che abbiamo sviluppato nella nostra mente.
3. Questo squilibrio rende necessario un nuovo insieme di leggi che permetta alla nostra rappresentazione mentale di adattarsi al mondo reale.
4. Questo nuovo Sistema di leggi deve spiegare sia i vecchi che i nuovi risultati.
5. Al termine del processo abbiamo un nuovo schema che spiega un maggior numero di risultati sperimentali, in altre parole, spiega di più sul mondo reale. Ancora una volta ci troviamo in una situazione di equilibrio

Tuttavia, le leggi non sono altro che leggi, cioè non forniscono alcuna spiegazione del perché sono come sono, e non generano mai più conoscenza di quella a loro inerente. Infatti, possiamo dire che la conoscenza si genera quando si trova un risultato sperimentale che contraddice le leggi esistenti e ci obbliga a modificarle attraverso un processo di adeguamento. Il campo della ricerca scientifica è probabilmente l'unico in cui le leggi sono fatte per essere infrante, e la ricerca consiste proprio nel cercarne i difetti.

Ad un livello più alto delle leggi vi sono le teorie. Una teoria è fatta da un modello (nel nostro caso quello molecolare) i cui elementi seguono le leggi delle altre discipline già consolidate.

Un modello mentale è, come abbiamo detto, una rappresentazione del mondo fatta di simboli e immagini. Abbiamo usato le biglie e gli studenti stessi per rappresentare le molecole e i legami tra di loro e il tavolo per rappresentare le forze intermolecolari.

Basandoci sui modelli possiamo dedurre leggi già conosciute, ovvero relazioni quantitative ottenute tra le grandezze che formano il modello.

Pertanto, le molecole hanno cariche elettriche, obbediscono alle leggi dell'elettricità e si muovono e si scontrano secondo le leggi della meccanica. Affinché una teoria possa essere considerata appropriata, è necessario dedurre le leggi di livello inferiore (oltre a tutti i nuovi processi e leggi che potrebbero non essere ancora stati scoperti). Nel caso che stiamo studiando, al di sopra della teoria molecolare c'è la teoria atomica e, ad un livello ancora più alto, il modello standard (la teoria vera e propria). In questo modo, le teorie (talvolta chiamate modelli teorici) sono disposte come gli strati di una cipolla. All'esterno la scienza è all'avanguardia, e spostandosi verso l'interno si trova il livello dei libri di testo, che diventano più elementari quanto più profondo è il livello a cui si trovano<sup>1</sup>.

### 3.2. COSA SPIEGANO LE LEGGI?

Ma, come si può vedere, non lo fanno direttamente, perché la catena di processi intermedi che si verifica in un fenomeno apparentemente semplice come l'attrazione dei coriandoli da parte di una barra elettrificata può richiedere l'applicazione di diverse leggi e proprietà.

## 4. CONCLUSIONI

In questo progetto abbiamo indagato sulla capacità dei bambini di visualizzare il mondo che non possono vedere con i loro occhi, ragion per cui tutte le attività descritte affrontano la differenza tra il mondo macroscopico e quello microscopico. Scopriamo come funziona e di che cosa è fatto il mondo, in altre parole, partiamo per un viaggio attraverso la materia che ci appare allo stato solido, liquido, gassoso e di plasma.

Nella ricerca condotta dagli studenti, essi scoprono di cosa è fatta l'acqua, quali forze agiscono quando una goccia si attacca ad un'altra sostanza, cosa succede durante l'evaporazione e come una graffetta può essere sostenuta dall'acqua. In questo modo scoprono, in modo semplice, che il mondo è fatto di atomi, molecole e cristalli che i nostri occhi non sono in grado di vedere ma che sono reali, e dobbiamo capire come funzionano.

---

[1] A volte si distingue tra gas e vapore, a seconda della loro temperatura. Il vapore può essere liquefatto con un semplice aumento di pressione, mentre la temperatura di un gas deve essere abbassata per poterlo liquefare. Tuttavia, in questo caso la distinzione non è importante.

SECONDA PARTE

**DALLA FORMAZIONE  
AL LAVORO IN CLASSE:  
APPLICAZIONE PRATICA**





## INTRODUZIONE

Nella seconda parte della guida «Come introdurre la scienza come materia nella scuola dell'infanzia: 'Di cosa è fatto il mondo?'», illustreremo quello che è successo nella pratica ai nostri partner dei centri di istruzione, e elaboreremo un metodo comune basato sulla ricerca che è stata fatta nelle classi.

Partendo da alcuni semplici esperimenti, abbiamo intrapreso un percorso di domande relative ai fatti osservati che ha permesso ai bambini di costruire teorie e modelli per spiegare il mondo che li circonda. Negli esempi che descriveremo di seguito, gli alunni hanno svolto un ruolo attivo nella ricerca sul comportamento dell'acqua in varie situazioni del mondo fisico.

A partire dalla formazione diretta che i nostri partner hanno ricevuto all'inizio del progetto, presentata nella prima parte di questa guida, queste esperienze proposte sono basate su criteri pedagogici e sulle capacità cognitive degli studenti. Esse sono state suddivise come segue:

- **P34 (Polonia).** Cosa fa attaccare l'acqua ad altri oggetti? Esperimenti sulla coesione e l'adesione. In questo caso l'obiettivo primario dell'esperienza di ricerca è stato scoprire le forze che non possiamo vedere coi nostri occhi.
- **Colegio público San Francisco (Spagna):** L'acqua in presenza di altri oggetti. Qui l'obiettivo era anche di scoprire le forze di adesione e di coesione. Gli esperimenti erano orientati alla scoperta di queste forze.

- **Tallina Asunduse (Estonia):** L'obiettivo degli esperimenti condotti nella scuola estone era quello di scoprire l'esistenza di cose che non vediamo con i nostri occhi. Per farlo, hanno fatto esperimenti mirati a scoprire l'esistenza di molecole e cariche elettriche.
- **Zilvitis (Lituania).** La scuola in Lituania ha fatto esperimenti con l'acqua per scoprire la condensazione e l'evaporazione, ha scoperto il modello molecolare e si è spinta fino al ciclo dell'acqua.
- **Scuole del CPR a Gijón (Spagna).** Qui l'obiettivo era scoprire che le forze di adesione e di coesione sono di natura elettrica.
- **KPCEN a Bydgoszcz (Polonia).** Realizzazione del materiale di support per i docenti per il progetto "Di cosa è fatto il mondo?"

In primo luogo, nella prima parte, descriviamo lo schema generale che ogni insegnante dovrebbe usare per raccogliere il materiale prodotto durante la ricerca scientifica che intraprende in classe. Questo schema è stato inviato a tutti i nostri partner per essere utilizzato come modello.

Nella seconda parte illustriamo dettagliatamente le conclusioni dei risultati osservati relativamente alla ricerca.

Nella terza parte ogni partner presenta i risultati dei propri progetti di ricerca come esempi pratici di come la prima parte di questa guida è stata applicata in classe, secondo lo schema generale proposto.



## PARTE I

# MODELLO DA USARE PER TUTTI I DOCUMENTI CHE DESCRIVONO LE ATTIVITÀ SVOLTE IN CLASSE

Ogni documento deve contenere le seguenti sezioni:

### 1. Titolo del progetto di ricerca

*Esempio:*

*Alla scoperta della tensione superficiale.*

### 2. Descrizione dell'attività

Ciò dovrebbe includere il numero totale di ore dedicate al progetto, la scuola in cui è stato realizzato, il numero e le caratteristiche degli insegnanti coinvolti, le risorse utilizzate, la metodologia utilizzata, la letteratura utilizzata, una descrizione dei gruppi di studenti, e così via. Ecco un esempio delle informazioni necessarie per descrivere il gruppo di studenti:

*Numero degli studenti (maschi e femmine) fascia d'età, condizioni specifiche, e qualsiasi altra informazione che descriva le caratteristiche del gruppo.*

### 3. Obiettivo del progetto di ricerca

L'obiettivo della ricerca dovrebbe sempre comprendere il contenuto scientifico, i metodi sperimentali seguiti e la struttura delle conoscenze scientifiche. L'obiettivo può essere specifico (come misurare la tensione superficiale) o più generico (come scoprire le leggi dell'elettricità, la struttura delle conoscenze scientifiche composta da grandezze, leggi, modelli e teorie, o descrivere il modo in cui gli

scienziati organizzano e svolgono il loro lavoro di ricerca).

### 4. Elaborazione e preparazione delle attività di ricerca

Descrizione di come gli studenti hanno portato a termine la o le attività.

**4.1 Valutazione del livello di conoscenza** degli studenti prima di iniziare l'attività, considerando il contenuto e la struttura della conoscenza scientifica (NOS).

**4.2 Descrizione della metodologia usata.** Per essere più chiari abbiamo inserito un esempio su come descrivere la metodologia usata:

- a) La prima cosa da fare è un'analisi delle strutture fondamentali (insieme di concetti) necessaria nell'applicazione, organizzata come una mappa di Novak:
- b) Poi deve essere disegnata la rispettiva mappa concettuale.

Nella mappa concettuale, il livello superiore (o finale) deve essere costituito dai concetti necessari per descrivere il processo, ovvero l'obiettivo dell'applicazione, utilizzando le grandezze scientifiche. Il livello più basso (o di partenza) deve riflettere i concetti che sono significativi per gli studenti ab initio (livello di Ausubel). Al fine di soddisfare i requisiti di un apprendimento significativo, l'insegnante dovrebbe progettare un percorso

di apprendimento costruttivo tra il livello di Ausubel e il livello finale.

Se l'età degli studenti lo permette, il docente può indicare esplicitamente la forma in cui un concetto diventa grandezza: il processo di misurazione, le unità di misura e così via.

### **c) L'importanza dell'indagine nel lavoro di ricerca: la Natura dell'Indagine Scientifica (dall'inglese NOSI)**

Per cominciare, l'insegnante dovrebbe scegliere un esperimento impegnativo. Questo serve sia a risvegliare l'interesse degli studenti che a valutare le loro conoscenze pregresse in materia. Per esempio, quando si studia l'elettricità, un punto di partenza stimolante potrebbe essere l'esperimento di Talete.

Dopo aver eseguito l'esperimento provocatorio, agli studenti dovrebbe essere chiesto di descrivere il processo con parole proprie, rispondendo alle domande standard:

*Cosa è successo?*

*Come succede?*

*Perché succede?*

### **d) Individuare preconcetti sbagliati**

Dalle risposte fornite dagli studenti, l'insegnante dovrebbe valutare la conoscenza pregressa dei loro studenti, il loro livello di Ausubel e la loro capacità di usare la lingua per descrivere con precisione ciò che hanno visto e, allo stesso tempo, valutare l'esistenza di preconcetti erranei. Queste idee sbagliate devono essere decostruite attraverso discussioni in classe, supportate da esperimenti progettati ad hoc.

### **e) Il percorso sperimentale**

L'insegnante, utilizzando il Metodo Socratico, deve indirizzare gli studenti verso la progettazione degli esperimenti necessari per rispondere alle domande standard, che saranno utili anche per costruire i nuovi concetti necessari e scoprire leggi e modelli, il tutto in base all'età degli studenti. Questo percorso sperimentale, accompagnato dalle domande illustrate sopra, definisce il lavoro di ricerca, e deve essere adattato, per quanto possibile, al percorso storico seguito nel processo scientifico.

Durante tutto il percorso didattico saranno introdotti esperimenti da utilizzare come esercizi di valutazione per verificare l'assimilazione delle conoscenze acquisite dagli studenti. Questi esercizi dovrebbero essere eseguiti dopo aver presentato i concetti più importanti o particolarmente difficili.

## **5. Valutazione finale dell'attività**

Per assicurarsi che il processo di apprendimento abbia dato i risultati attesi, l'insegnante deve proporre un nuovo esperimento, finora sconosciuto agli studenti, la cui spiegazione richiede i concetti di livello più alto sulla mappa di Novak. Gli studenti devono non solo identificare i concetti, ma anche applicare le leggi, i modelli e le teorie (come previsto nei test di competenza PISA) necessarie per spiegare teoricamente perché e come il processo ha avuto luogo.

Nel caso dell'elettricità, una valutazione appropriata potrebbe essere quella delle campane di Franklin, un esperimento in cui

ogni concetto è necessario per spiegare ciò che sta accadendo. La valutazione consiste nel confrontare il livello di conoscenza acquisito dagli studenti con il loro stato iniziale di conoscenza. Non devono persistere malintesi importanti.

## **6. Considerazioni finali**

Eventuali disegni, immagini, grafici o registrazioni realizzati dagli studenti durante lo sviluppo dell'attività devono essere inclusi nel rapporto. Tutto questo materiale grafico deve essere accompagnato dal testo descrittivo corrispondente.

È obbligatorio per ogni partner chiedere il permesso dei genitori prima di pubblicare le foto dei loro figli.



## PARTE 2

# RISULTATI E CONCLUSIONI IN SEGUITO ALL'ESPERIENZA IN CLASSE IN CONFORMITÀ CON LO SCHEMA GENERALE PRESENTATO

Come abbiamo menzionato nell'introduzione, i nostri partner hanno messo in pratica le esperienze proposte dai coordinatori sulla base della formazione ricevuta, per dimostrare che da qualunque paese dell'Unione europea provengano, e indipendentemente da condizioni sociali ed economiche, così come dalla lingua, dalla cultura, dalla religione, dal sesso, e così via, con una buona formazione scientifica e un metodo adeguato, gli insegnanti possono introdurre la scienza in classe fin dalle prime fasi dell'istruzione. È compito degli insegnanti capire che grado di conoscenza possono far raggiungere ai propri studenti in base al loro attuale stadio cognitivo, secondo quanto descritto da Piaget.

Tutte queste considerazioni si possono trovare nella guida Alfabetizzazione scientifica a scuola: proposta per un nuovo metodo, così come consigli per stabilire dei criteri comuni per l'insegnamento delle scienze applicabili nell'Unione Europea.

Tornando alla realtà delle classi dei nostri partner, i risultati ottenuti in tutte le esperienze dimostrano come, attraverso esperimenti e seguendo percorsi diversi, tutti giungano a conclusioni comuni, dove i bambini sono stati i veri ricercatori e hanno scoperto da soli leggi, modelli e teorie in linea con i loro stadi cognitivi.

Le conclusioni che possono essere ricavate dall'applicazione in aula in linea con i risultati

attesi dal progetto sono le seguenti:

1. Gli insegnanti hanno ammesso di aver cambiato atteggiamento nei confronti della scienza, il che riflette il loro bisogno di formazione iniziale.
2. Gli insegnanti hanno approvato e valutato la formazione scientifica ricevuta all'inizio del progetto relative ai due temi scientifici proposti: Di cosa è fatto il mondo? e Archeologia in aula.
3. Valutazione positiva del nuovo modo di vedere il mondo dal punto di vista microscopico: si può insegnare la natura e scoprirne i segreti attraverso semplici esperimenti legati alla vita di tutti i giorni.
4. Per quanto riguarda gli studenti, gli insegnanti hanno verificato che queste cose possono essere affrontate in classe e che i bambini sono molto capaci di costruire modelli scientifici adatti al loro livello di istruzione.
5. I bambini costruiscono un altro modo di vedere il mondo attraverso i loro disegni, in particolare il mondo che non vedono con i loro occhi.
6. È sempre più necessario introdurre l'insegnamento delle scienze a partire dall'istruzione della prima infanzia, dato che i bambini tendono a porre domande,

risolvere problemi e mettere in discussione tutto ciò che osservano.

7. Gli insegnanti riferiscono di cambiamenti nei processi di pensiero dei bambini riguardo la scienza. Non si tratta più di “magia”, ma di “scienza”.
8. Un mito è sfatato: la scienza non è divertente; ci si può divertire imparando. L'insegnamento della scienza è usato per mostrare come pensare e risolvere i problemi, in altre parole richiede un cambiamento di pensiero nel modo di pensare per costruire conoscenza.

Abbiamo visto che maschi e femmine rispondono allo stesso modo e con lo stesso interesse all'apprendimento scientifico, in linea con i risultati dell'ultima ricerca<sup>1</sup>.

9. Dalle risposte dei docenti ai questionari di Lederman, vediamo che hanno un chiaro bisogno di acquisire una visione più approfondita della scienza basata su una struttura (Natura della Scienza). È necessario determinare il contenuto scientifico nei curricula di formazione dei docenti non universitari nell'Unione Europea.

Vogliamo concludere questa parte con una riflessione. Gli insegnanti sono in una posizione di rilievo per influenzare la società, in quanto il loro ruolo è quello di trasmettere ai futuri cittadini le conoscenze e gli atteggiamenti necessari per essere in grado di vivere la propria vita in una società tecnologica e altamente sofisticata, in altre parole, per garantire che i

loro studenti acquisiscano ciò che Lederman e Charpak chiamano cultura scientifica. Inoltre, poiché l'istruzione nella prima infanzia richiede la partecipazione attiva delle famiglie, gli stessi metodi per affrontare i problemi e la stessa filosofia pedagogica sono accessibili a quasi tutti i cittadini dell'Unione europea. La conoscenza specifica è strutturata intorno a un modo di pensare e a uno schema di valori che vengono acquisiti naturalmente solo in giovane età.

Quest'età coincide con quella in cui ha luogo la socializzazione degli studenti.

I segnali radio vengono inviati ai nostri televisori, telefoni cellulari e radio, collegano i nostri dispositivi via bluetooth; gli ultrasuoni aprono e chiudono le porte del garage e ci aiutano a formare immagini sonore, e i raggi X ci permettono di vedere all'interno del nostro corpo. Tutti questi aspetti fanno parte della vita quotidiana degli studenti nelle prime fasi dell'istruzione. Lo scopo di questa guida è quello di aiutare i bambini a crescere in un mondo che, prevalentemente, va oltre i nostri sensi.

---

[1] Gli stereotipi di genere sull'abilità intellettuale nascono presto e influenzano gli interessi dei bambini. Lin Bian, Sarah-Jane Leslie e Andrei Cimpian. *Science* 355 (6323), 389-391

PARTE III

**RICERCA PORTATA AVANTI DAI PARTNER**



## CPR GIJÓN-ORIENTE. SPAGNA

# ALLA SCOPERTA DELLE LEGGI DELL' ELETTROSTATICA

## 1. INTRODUZIONE DEL COORDINATORE

L'esempio, selezionato da un centro di CPR a Gijón CPR è una ricerca portata avanti dal Centro Rural Agrupado(CRA) Eugenia Astur-La Espina, nelle Asturie. La ricerca è stata condotta da un insegnante e dalla sua classe, che include studenti di varie età in quanto questo Centro Rurale raggruppa diversi anni di lezione insieme.

Con il titolo "Forze Invisibili" l'obiettivo dell'insegnante era quello di introdurre i concetti dei modelli elettrostatici, delle leggi e delle teorie ai bambini. Partendo da un esperimento che stimola il pensiero, strofinando una penna di plastica e avvicinandola ad alcuni piccoli pezzi di carta, hanno iniziato il percorso investigativo. Svolgendo altri esperimenti legati a questo tema, l'insegnante ha portato i bambini alla scoperta di alcune leggi dell'elettricità, ma sono sempre stati i bambini stessi a scoprirle, in modo costruttivista e sperimentale.

## 2. METODO USATO NELLA RICERCA

Prima di iniziare la ricerca i docenti hanno disegnato una mappa di Novak, cioè una mappa concettuale dei fenomeni da scoprire nel corso del progetto. La struttura della mappa era costruttivista e definiva il percorso sperimentale. È stata sviluppata una guida

inclusiva degli step investigativi per portare gli studenti alla scoperta delle leggi dell'elettricità. La guida comprendeva:

- Osservazione casuale: suscitare interesse
- Esperimenti 1, 2, e 3.
- Abbiamo inventato un nome per il fenomeno scoperto.
- Abbiamo introdotto concetti nuovi.
- Esperimento 4 per assimilare le conoscenze.
- Nuovi concetti.
- Conclusioni.

## 3. SVILUPPO DEL PROGETTO DI RICERCA: SCOPERTA DELLE LEGGI DELL'ELETTROSTATICA

La ricerca è stata portata avanti durante l'anno scolastico dal docente Miguel Ángel Moreno nella sua classe, con un gruppo di 13 bambini.

### 3.1. LE RISORSE

Sono state usate le seguenti risorse: penne,

pezzettini di carta, fazzoletti, graffette, fili di nylon, palloncini, lattine, barre in PVC, fogli di alluminio, stecchini di legno.

### 3.2. FONTI PRIMARIE

Tra le fonti primarie vi sono la classe virtuale CSIC ([www.aulavirtual.csic.es](http://www.aulavirtual.csic.es)), il sito di CSIC a Scuola ([www.csicenlaescuela.csic.es](http://www.csicenlaescuela.csic.es)) e il sito KIDS.CSIC.es ([www.kids.csic.es](http://www.kids.csic.es)).

### 3.3. OBIETTIVO DELLA RICERCA

L'obiettivo della ricerca era quello di utilizzare modelli, teorie e leggi per introdurre i bambini alle leggi dell'elettrostatica.

### 3.4. START OF THE RESEARCH: DESCRIPTION OF THE THOUGHT-PROVOKING EXPERIMENTS AND RESULTS

Abbiamo iniziato la ricerca con un esperimento che motivasse e catturasse l'attenzione dei bambini. Abbiamo strofinato una penna sui nostri maglioni e l'abbiamo messa vicino a dei pezzettini di carta. È una cosa che tutti abbiamo giocato a fare in classe, ma non ci siamo mai chiesti cosa stava accadendo. I bambini hanno dato diverse risposte:

- *Penso che strofinare la penna generi elettricità statica. Non è magia, è scienza.*
- *Strofinare la penna genera elettricità statica.*
- *Strofinare la penna sui nostri vestiti crea una forza, ecco perché i pezzettini di carta si attaccano – è interessante il fatto che questo studente ha individuato che si tratta*

*di una "forza".*

Tutti gli studenti avevano un'idea su cosa fosse l'elettricità statica, ma era necessario fare qualche ricerca per scoprire la natura di questa forza.

Abbiamo colto l'opportunità per spiegare in cosa consiste un esperimento: è un insieme di processi preparati o progettati (in laboratorio) per aumentare la nostra conoscenza e spiegare fenomeni naturali.

Quello che abbiamo fatto in precedenza, seppur in modo casuale, era un esperimento. Adesso lo faremo in modo più consapevole.

### 3.5. DESCRIZIONE DELL'ESPERIMENTO 1: UNO SGUARDO DETTAGLIATO ALL'ESPERIMENTO STIMOLANTE

Prima abbiamo direttamente strofinato la penna sui nostri vestiti. L'idea ora è quella di ripetere l'esperimento avvicinando la penna ai pezzettini di carta senza prima strofinarla. Abbiamo annotato sul quaderno i risultati.

Poi abbiamo strofinato la penna sui vestiti e l'abbiamo avvicinata ai pezzettini, a un fazzoletto di carta, ai capelli di un compagno e così via. Abbiamo osservato cosa succedesse e l'abbiamo annotato.

In conclusione, abbiamo capito che è necessario strofinare la penna per far agire questa "forza". Ma perché?

---

### 3.6. DESCRIZIONE DELL'ESPERIMENTO 2: LA PENNA ATTRA E ALTRE COSE?

Per questo esperimento abbiamo legato una corda di nylon a una graffetta e, strofinando la penna, abbiamo visto che quest'ultima e la graffetta si avvicinavano. Abbiamo visto che accade la stessa cosa della penna e dei pezzettini di carta.

Per indagare più a fondo abbiamo fatto un terzo esperimento.

### 3.7. DESCRIZIONE DELL'ESPERIMENTO 3: PALLONCINO E LA LATTINA

Prima abbiamo preso un palloncino gonfio che non abbiamo strofinato e l'abbiamo messo vicino a una lattina vuota. Non è successo niente.

Poi abbiamo ripetuto quello che avevamo fatto con la penna. Abbiamo strofinato il palloncino e avvicinato alla lattina. La lattina ha iniziato a rotolare verso il palloncino. Abbiamo visto che la lattina si "muoveva" verso il palloncino.

Abbiamo usato lo stesso palloncino che abbiamo strofinato e l'abbiamo avvicinato alla graffetta. Abbiamo visto che anch'essa si muoveva verso il palloncino.

Dopo aver fatto questi tre esperimenti è arrivata l'ora di analizzare ciò che è accaduto. Abbiamo fatto ai bambini le seguenti domande:

- *Che differenze noti quando strofini il palloncino e quando non lo fai?*

- *Come chiameresti il fenomeno che abbiamo osservato?*
- *Quale relazione pensi che esista tra questi fenomeni e l'elettricità che arriva in casa nostra?*

Gli studenti hanno dato varie risposte. Rispetto all'esperimento del palloncino e della graffetta, i bambini hanno detto le seguenti cose:

- *Ho notato che il palloncino e la graffetta non si attaccano se non si strofina il palloncino, ma se lo fai invece si attaccano. Io la chiamerei "forza dell'energia", e penso che la relazione che c'è tra l'elettricità di casa è che "c'è qualcosa che attrae l'elettricità in casa nostra proprio come il palloncino e la graffetta".*

Un altro studente ha detto:

- *Io lo chiamerei "il fenomeno della graffetta" e penso che la sua relazione con l'elettricità a casa mia sia che c'è in entrambi i casi una corrente elettrica"*

### 3.8. DEMOLIRE I PRECONCETTI

Abbiamo spiegato ai bambini che quando un oggetto, dopo esser stato strofinato con un panno o della carta, attrae piccoli oggetti (usiamo il linguaggio corretto, anziché "si attacca"), diciamo che è elettrizzato. Al contrario, se l'oggetto non possiede questa proprietà (non attrae) diciamo che è neutro. A questo punto dobbiamo fare altre ricerche su queste proprietà.

Per farlo abbiamo continuato a fare esperimenti, strofinando altri oggetti e vedendo cosa succedesse: una matita di legno, una barra di rame ecc.

Sono sorte subito altre domande:

- Ci sono materiali che si elettrizzano quando vengono strofinati e altri che non lo fanno?
- Cosa significa “attrarre”?
- Cos’è l’attrazione tra corpi? Una forza? È visibile all’occhio umano?
- Se strofiniamo una penna o un pallone ancora più forte, attrarranno più pezzettini di carta? La lattina “camminerà” più velocemente?
- Significa che l’oggetto elettrizzato aumenta la sua forza di attrazione?

Le risposte dei bambini erano simili (in tutti i casi). Tutti vedevano chiaramente che alcuni oggetti si elettrizzavano per strofinio e altri no. Tutti hanno concordato che l’attrazione tra due corpi è una forza. Hanno definito l’attrazione in modi diversi, ma con l’idea comune che un corpo attrae un altro senza dovervi essere in contatto. Le ultime due domande sono state le più controverse in quanto c’era una differenza di opinioni in classe.

### 3.9. INTRODUZIONE DI NUOVI CONCETTI

Gli studenti hanno ammesso che deve esserci “qualcosa” dentro i materiali che provoca che alcuni oggetti diventino carichi e altri no.

Dopo gli esperimenti, abbiamo introdotto il concetto di carica elettrica, definendola come la quantità di elettricità contenuta in un oggetto. Abbiamo introdotto una nuova grandezza: la

forza esercitata da un corpo elettrizzato su un altro corpo neutro, chiamata forza elettrica. La forza è una grandezza perché possiamo misurarla.

Abbiamo fermato il nostro viaggio per approfondire il concetto di leggi, focalizzandoci sulla legge di gravitazione scoperta da Isaac Newton che è, descritta semplicemente, la forza con cui la Terra attrae le masse. È una legge perché viene sempre soddisfatta.

### 3.10. CONTINUAZIONE DELLA RICERCA PER ARRIVARE ALLE LEGGI

Alcuni studenti hanno notato che col passare del tempo l’oggetto elettrizzato smetteva di attrarre gli oggetti neutri:

- *Cosa è successo?*
- *Perché è successo?*

*Alcune delle risposte sono state:*

- *Perché passa l’energia all’altro corpo*
- *Perché perde la sua carica elettrica*
- *Perché la carica elettrica passa nei*



Figure 1.

pezzettini di carta.

Per scoprire cosa stesse succedendo abbiamo fatto altri esperimenti, stavolta avvicinando un palloncino e una penna vicino a due pezzi di foglio di alluminio ripiegati e infilzati in uno stecchino, come si vede nelle foto.



Figure 2.



Figure 3.

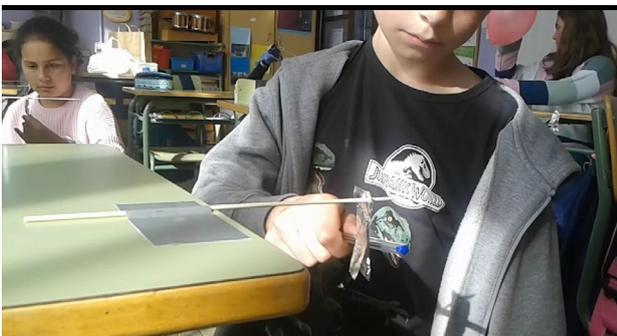


Figure 4.

### 3.11 CONCLUSIONI IN SEGUITO ALLA RICERCA

Grazie al percorso che abbiamo intrapreso siamo giunti a delle conclusioni:

1. Quando strofiniamo un corpo, esso si elettrizza (in altre parole, acquisisce una carica elettrica)
2. Se avviciniamo un corpo elettrizzato a un corpo neutro (non elettrizzato) appare quella che chiamiamo forza elettrica. Essa potrebbe essere:

- **Attrazione.**
- **Repulsione.**

Inoltre abbiamo osservato diversi modi per elettrizzare un corpo:

- Per strofinio.
- Per induzione.
- Per contatto.

Ora la domanda è: tutti i corpi possiedono una carica elettrica? In generale gli studenti hanno dato una risposta affermativa, commentando l'esperienza che abbiamo avuto tutti quando toccando un oggetto sentiamo una "scossa".

Abbiamo spiegato ai bambini che vi sono due tipi di cariche: positive e negative. Di solito i corpi sono elettricamente neutri, in altre parole, hanno lo stesso numero di cariche positive e negative. Perché un corpo si carichi elettricamente ci deve essere un eccesso di cariche negative rispetto a quelle positive o viceversa. Quando strofiniamo un corpo, esso perde un po' della sua carica negativa e allora

diciamo che è caricato positivamente.

Al contrario, quando un corpo ottiene una carica negativa, diciamo che è caricato negativamente.

Il prossimo passo della nostra ricerca è stato analizzare gli esperimenti e pensare a cosa fosse successo, immaginando la struttura della materia da una prospettiva submicroscopica.

I bambini hanno notato che quando strofinavano la penna essa diventava carica, o positivamente o negativamente.

Ma per poter attrarre la carta o respingere il foglio di alluminio qualcosa nelle cariche doveva accadere. In questo modo, da soli, hanno scoperto le leggi dell'elettricità:

- Le cariche dello stesso segno si respingono.
- Le cariche del segno opposto si attraggono.

Così si creano le forze di attrazione e di repulsione tra i corpi. Quindi abbiamo di nuovo enunciato le leggi:

- Due corpi elettrizzati dello stesso segno si respingono (il foglio di alluminio).
- Due corpi elettrizzati con segni diversi si attraggono (i pezzettini di carta e la penna).

KEDAINIU LOPSELIS-DARZELIS ZILVITIS. LITUANIA

## EVAPORAZIONE E CONDENSAZIONE: IL CICLO DELL'ACQUA

### 1. INTRODUZIONE DEL COORDINATORE

Il progetto di ricerca portato avanti dalla scuola dell'infanzia lituana era mirato a spiegare il ciclo dell'acqua scoperto dagli studenti, fino ad arrivare al modello molecolare dell'acqua. Il percorso della ricerca era costruttivista e i bambini hanno avuto il ruolo principale.

Grazie a un training mirato, gli insegnanti che hanno fatto gli esperimenti con gli studenti sono riusciti a portarli alla scoperta dell'evaporazione e della condensazione, partendo da un semplice e stimolante esperimento, come l'osservare le pozzanghere formatesi in un giorno di pioggia. Così facendo hanno facilitato l'introduzione del concetto della molecola d'acqua e allo stesso tempo hanno introdotto un fenomeno naturale rispondendo alla domanda: perché piove? In realtà, la scienza non si occupa del perché, ma del come, perciò, scoprendo il ciclo dell'acqua, gli studenti hanno anche scoperto come viene prodotta la pioggia.

### 2. METODO COMUNE USATO NEL PROGETTO

Prima di intraprendere il percorso di ricerca, gli insegnanti hanno sviluppato una mappa concettuale del fenomeno da studiare. La mappa ha una struttura costruttiva e illustra il percorso sperimentale necessario per introdurre i vari concetti a seconda del livello cognitivo

degli studenti, secondo Piaget.

La mappa concettuale è stata strutturata così:

1. Proprietà specifiche che differenziano i solidi dai liquidi.
2. Proprietà specifiche dell'acqua.
3. Stato della materia: solido, liquido e gassoso.
4. I cambiamenti di stato dell'acqua: evaporazione e condensazione
5. L'acqua è composta da molecole (passaggio dal mondo macroscopico a quello microscopico).
6. Il ciclo dell'acqua

### 3. SVILUPPO DEL PROGETTO DI RICERCA: "EVAPORAZIONE E CONDENSAZIONE: IL CICLO DELL'ACQUA"

#### 3.1. DESCRIZIONE DELLA PRIMA ATTIVITÀ

##### *Cosa succede in una pozzanghera?*

Per il progetto di ricerca ci sono voluti 2 giorni. 1 insegnante di asilo ha organizzato 16 attività creative

Il progetto di ricerca è durato 2 giorni. 1 insegnante di asilo ha organizzato le attività. Hanno partecipato 16 bambini creativi ed entusiasti tra i 5 e i 6 anni. Hanno proposto idee sempre più fantasiose su come svolgere i compiti, fare le cose o risolvere sfide più a lungo termine o più astratte. I bambini si sono divertiti a partecipare a una varietà di esperienze sempre nuove.

Le risorse utilizzate per il progetto sono state le seguenti:

- Gesso
- Metro
- <http://www.kidzone.ws/water/bactivity1.htm>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FAAnDIYRycqs>
- [https://www.youtube.com/watch?v=\\_TwKDuoZJC4](https://www.youtube.com/watch?v=_TwKDuoZJC4)
- <https://www.youtube.com/watch?v=Vm6HthxtzPw>

## Scopo dell'attività

Seguendo il percorso sperimentale, il progetto di ricerca è iniziato con un esperimento stimolante osservando la natura. L'idea era scoprire se e come l'acqua evapora da una pozzanghera, per guidare i bambini verso l'idea dell'evaporazione.

## Preparazione ed elaborazione della ricerca

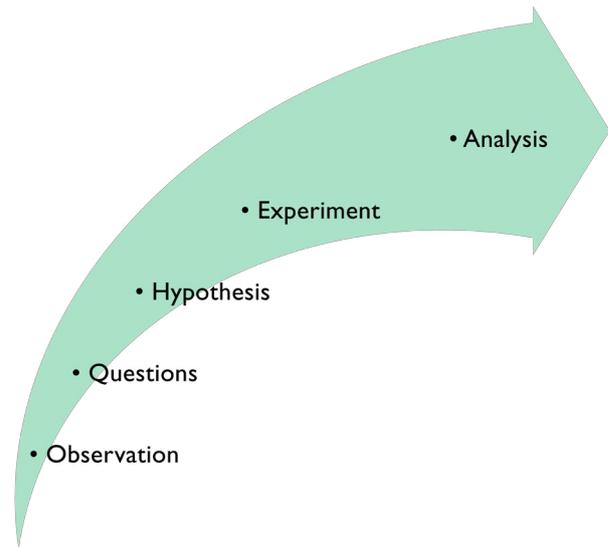


Figura 1. Le fasi delle attività.

Per condurre il progetto di ricerca abbiamo usato il metodo scientifico dell'osservazione, dell'investigazione, dell'ipotesi, della sperimentazione e dell'analisi. Al completamento della ricerca sono state ricavate delle conclusioni.

In mattinata i bambini sono andati fuori dove c'erano molte pozzanghere. Un po' di bambini indossavano degli stivali, quindi sono divertiti a sguazzare nelle pozzanghere. Hanno osservato quanto fossero grandi.

Si sono ricordati che c'erano delle pozzanghere anche il giorno prima, ma erano più grandi. Poi sono sorte altre domande (Figura 2).

L'insegnante ha usato il metodo socratico e usando il dialogo ha fatto ai bambini alcune domande:



Figure 2. More questions came up.

- *Cosa succede alla biancheria bagnata?*
- *Cosa fate quando le scarpe sono bagnate?*
- *Dove mettete il vostro ombrello quando è bagnato?*

Erano ansiosi di sapere dove finisce l'acqua della pozzanghera e quanto tempo ci vuole. Per scoprirlo, abbiamo dato il via all'esperimento. Per prima cosa, abbiamo usato il gesso per disegnare una linea intorno alla pozzanghera. I bambini hanno preso il metro, misurato la lunghezza della pozzanghera e scritto i numeri.

Nel pomeriggio i bambini hanno misurato di nuovo la pozzanghera. Abbiamo confrontato i numeri e scoperto che la pozzanghera era diventata più piccola.

I bambini hanno fatto un gioco con i numeri e sono saltati oltre la pozzanghera. Tutti hanno concordato che era più semplice saltare oltre la pozzanghera nel pomeriggio perché era diventata più piccola. Una volta tornati in classe abbiamo avuto una discussione sull'evaporazione dell'acqua. Abbiamo guardato un video sulla storia di una piccola goccia d'acqua, abbiamo tenuto a mente il materiale delle lezioni precedenti sul ciclo dell'acqua e infine i bambini hanno fatto dei disegni.

Grazie alla discussione e agli esempi i bambini



Figure 3. Drawings.

hanno dato da soli la risposta giusta: quando qualcosa è bagnata dobbiamo asciugarla e l'acqua sparisce nell'aria e questo significa che evapora.

Hanno realizzato che l'acqua evapora. Due giorni dopo i bambini sono usciti e hanno visto che l'acqua era sparita dalla pozzanghera e si poteva vedere solo il suolo bagnato.

### **Valutazione finale dell'attività**

I bambini hanno spiegato con parole proprie cosa succede quando l'acqua "scappa" dalla pozzanghera. Hanno realizzato che l'evaporazione è importante nel ciclo dell'acqua sulla Terra. L'acqua cade dal cielo sotto forma di pioggia (o, se fa freddo, sotto forma di nevischio, grandine o neve). L'acqua evapora nuovamente nell'aria non appena si riscalda - anche se sappiamo che l'acqua evapora costantemente (Figura 3).

## **3.2. DESCRIZIONE DELLA SECONDA ATTIVITÀ: DOVE È FINITA L'ACQUA CHE È SPARITA DALLA BIANCHERIA?**

Questa è la continuazione dell'attività precedente. Il progetto di ricerca è durato 2 giorni. 2 insegnanti dell'asilo hanno organizzato le attività. Hanno partecipato al progetto venti bambini energici, loquaci e curiosi tra i 4 e i 5 anni. Tra loro vi erano 11 bambine e 9 bambini. Analizzano continuamente il loro ambiente e giocando imparano cose nuove.

Per l'attività sono state usate le seguenti risorse:

- Ciotole
- Acqua
- Bambole

- Vestiti
- Una corda
- <https://www.youtube.com/watch?v=Y9uOLkivcfw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TWb4KIM2vts>
- <https://www.delfi.lt/video/laidos/animacija/animacinis-filmas-vandens-lasas.d?id=62473607>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>

### **Scopo del progetto di ricerca**

Fissare i concetti acquisiti dai bambini nella precedente attività con un'altra attività focalizzata sul processo di evaporazione. Di nuovo ci si è serviti di un evento di tutti i giorni, ovvero come si asciuga la biancheria, per vedere come evapora l'acqua.

### **Preparazione e elaborazione della ricerca**

Dopo aver esaminato la pozzanghera, l'interesse dei bambini era già stato risvegliato. L'insegnante ha quindi preso un foglio di plastica e ha chiesto ai bambini di metterci sopra delle gocce d'acqua usando una pipetta. Dopo il foglio è stato messo sul davanzale della finestra. L'insegnante ha quindi fatto le seguenti domande:

- *Cosa accadrà alle gocce?*
- *Perché abbiamo scelto il davanzale?*

I bambini curiosi hanno dato le loro risposte.

### **Individuare preconcetti sbagliati**

Diversi bambini hanno risposto che le gocce sarebbero rimaste e avrebbero formato una pozzanghera, altri hanno pensato che non sarebbe accaduto nulla, alcuni hanno detto che le gocce sarebbero scappate. L'insegnante gli



Figure 4. Washing clothes.

ha detto che avrebbero osservato il risultato entro un'ora. Poi i bambini si sono seduti in cerchio e hanno ascoltato la storia del viaggio di una goccia di pioggia in Lituania. Dopo hanno fatto un gioco chiamato "Siamo le piccole gocce" e hanno preparato e scelto dei vestiti per le bambole.

### **Fasi delle attività**

Gli insegnanti, aiutati dai bambini, hanno versato nelle ciotole dell'acqua calda. Poi i bambini hanno tolto i vestiti alle bambole e li hanno lavati.

Hanno sciacquato i vestiti con acqua pulita e hanno provato a strizzarli con l'aiuto di un adulto. Alcuni vestiti sono stati appesi in una stanza e altri vestiti e uno scialle sono stati messi appesi fuori su un filo ad asciugare. Nel

pomeriggio i bambini hanno controllato i vestiti messi ad asciugare dentro.

I vestiti erano ancora bagnati. I bambini hanno dato diverse spiegazioni:

- *Non c'è il sole.*
- *Erano freddi.*
- *Qui dentro non fa caldo.*
- *Non c'era vento.*
- *Non c'erano nuvole.*

Quindi abbiamo deciso di portare fuori i vestiti. Era una giornata di sole.

Le risposte dei bambini sono state molto importanti. Abbiamo osservato la biancheria appesa fuori ed era asciutta. I bambini hanno detto:

- Il sole ha riscaldato la biancheria e l'acqua è evaporata.*
- *Il vento ha soffiato via l'acqua.*
- *Ora l'acqua vive nelle nuvole.*
- *Non sono riuscito a vedere come ha evaporato l'acqua.*
- *Il vapore è invisibile.*

### **Valutazione finale dell'attività**

I bambini hanno dato le seguenti spiegazioni:

- *L'acqua può essere allo stato gassoso, che è invisibile. L'acqua evapora.*

I bambini sono arrivati a queste conclusioni:

- Il vapore è nell'aria.
- Il vapore si forma quando la temperatura si alza.
- Il vapore non si può vedere.

Il prossimo passo è stato quello di aiutare i bambini a capire che anche la biancheria stesa all'interno si sarebbe asciugata, ma che questo processo avrebbe richiesto più tempo perché nella classe non c'è il sole. L'evaporazione viene accelerata dal calore, ma l'acqua evapora costantemente.

### 3.3. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ 3: ALLA SCOPERTA DELLE MOLECOLE

Il progetto di ricerca è durato 2 giorni. 2 insegnanti della scuola dell'infanzia hanno organizzato le attività. Hanno partecipato al progetto 34 bambini creativi ed entusiasti. Questi bambini sono pieni di immaginazione, curiosi e ansiosi di trovare risposte alle loro domande. Si sono divertiti a partecipare a diverse nuove attività.

Durante il progetto sono state usate le seguenti risorse e i seguenti materiali:

- Matite
- Occhiali usa e getta
- Carta
- Acqua
- <https://www.youtube.com/watch?v=FFbJ8REc9jo>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>

#### Scopo del progetto di ricerca

Dopo aver scoperto che l'acqua evapora e che

il calore accelera il processo, il prossimo passo nell'indagine era scoprire la natura dell'acqua e arrivare al concetto di molecola.

#### Preparazione e elaborazione delle attività di ricerca

Abbiamo iniziato la nostra ricerca al mattino presto. Siamo usciti ad osservare le gocce di pioggia che cadevano dal tetto. I bambini hanno preso gli occhiali e hanno iniziato a raccogliere le gocce di pioggia dal tetto. Gli occhiali erano trasparenti perciò non era difficile contare le gocce di pioggia e osservarle.

Poi abbiamo misurato chi avesse più acqua sugli occhiali e abbiamo visto che Arnas aveva vinto. Gli insegnanti hanno detto agli studenti che l'acqua è fatta da particelle molto piccole. Sono troppo piccolo per poterle vedere coi nostri occhi, e sono fatte di molecole. In questo modo abbiamo fatto il passaggio dal mondo macroscopico a quello microscopico.

Gli insegnanti hanno detto ai bambini che queste gocce d'acqua volevano dire c'erano molte molecole sui loro occhiali.

Una volta tornati in classe, i bambini hanno disegnato le gocce di pioggia. Hanno disegnato gocce vivaci e colorate, con tanto di braccia e gambe. Abbiamo quindi organizzato un'esposizione.



Figure 5. Children played a game called *Friendship*.

In classe abbiamo rappresentato come si muovono le molecole all'interno delle gocce. L'insegnante ha spiegato che le molecole sono unite nell'acqua liquida ma si separano durante il processo di evaporazione.

I bambini hanno quindi costruito dei mantelli di carta immaginando di essere delle molecole, e hanno fatto un gioco chiamato Amicizia.

### Valutazione finale dell'attività

Il tema della ricerca era piuttosto difficile per i bambini perché il termine molecole era per loro nuovo. Abbiamo cercato di trovarne il significato e chiarirlo in un modo che i bambini potessero comprendere. I bambini hanno capito che era impossibile vedere le molecole ma hanno tutti creduto che esistessero davvero nei loro occhiali pieni di gocce. Un bambino di nome Pijus, ha spiegato che le gocce d'acqua si uniscono incrementando così il numero di molecole di acqua. Così i bambini hanno accettato che esiste un mondo che non possono vedere.

## 3.4. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ 4: CONDENSAZIONE DELL'ACQUA

Il progetto di ricerca è durato 2 ore. 2 insegnanti della scuola dell'infanzia hanno organizzato le attività. Hanno partecipato al progetto 35 bambini energici e allegri tra i 4 e i 6 anni. Sono interessati a tutto ciò che è nuovo e sono creativi ed entusiasti. Danno ottime idee su come completare i compiti e creare cose. Questi bambini si divertono a partecipare a una serie di nuove esperienze.

Durante il progetto sono state usate le seguenti risorse:

- Una lattina fredda

- Un bicchiere
- Acqua
- <https://www.youtube.com/watch?v=UbgGbfYVx-E>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>

### Scopo del progetto di ricerca

Una volta scoperta l'evaporazione e il concetto che l'acqua è costituita da molecole, i bambini possono essere portati a scoprire un altro fenomeno fondamentale del ciclo dell'acqua: la condensazione.

### Preparazione e elaborazione delle attività di ricerca

Gli insegnanti hanno aperto un dibattito con i bambini. Hanno posto le seguenti domande:

- Cos'è un esperimento?
- Perché si fanno gli esperimenti?
- Dove possiamo fare un esperimento?
- Perché ci servono gli esperimenti?

I bambini erano molto curiosi e hanno dato diverse risposte.

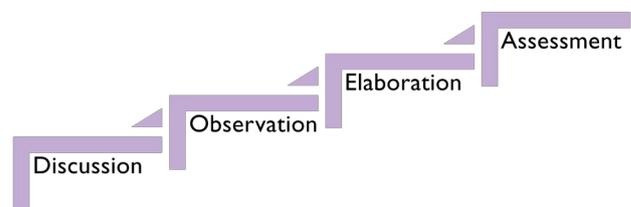


Figura 6. Fasi della ricerca

### Il percorso sperimentale; individuare preconcetti sbagliati

Abbiamo fatto un esperimento con una lattina che avevamo tenuto in frigo. Abbiamo preso la



Figure 7. Observation of water condensation.

lattina dal frigo e l'abbiamo messa sul tavolo. I bambini hanno osservato la lattina. Presto hanno notato gocce di pioggia sulla lattina.

Gli insegnanti hanno chiesto:

- *Da dove è arrivata quest'acqua?*

Avendo lavorato sul processo di evaporazione e sul fatto che l'acqua è composta da molecole, i bambini hanno risposto che le molecole nell'aria si erano attaccate alla lattina per formare le gocce.

L'insegnante ha dato un nome al processo: condensazione.



Figura 8. Disegno della condensazione dell'acqua.

1. Abbiamo quindi disegnato il processo di condensazione.
2. Abbiamo preso un bicchiere, ci abbiamo messo dentro piccoli pezzi di ghiaccio e ci abbiamo versato dentro dell'acqua fredda. Sono apparse delle gocce d'acqua sull'esterno del bicchiere. Il vetro freddo ha raffreddato l'aria attorno ad esso e il vapore acqueo si è condensato formando goccioline d'acqua. Abbiamo fatto un gioco chiamato Caldo Freddo.

### Valutazione finale dell'attività

I bambini hanno imparato che il vapore si trasforma in gocce di acqua liquida. In un primo momento, i bambini hanno avuto un po' di difficoltà a capire il significato dell'evaporazione e della condensazione a causa delle loro concezioni sbagliate, ma gli esperimenti hanno facilitato la loro comprensione. Abbiamo fatto un gioco chiamato Vapore e Gocce.

### 3.5. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ 5: DA DOVE VIENE L'ACQUA?

Il progetto di ricerca è durato 3 giorni. 2 insegnanti della scuola dell'infanzia hanno organizzato le attività. 38 bambini creativi ed entusiasti tra i 4 e i 6 anni hanno partecipato al progetto. Questi bambini sono consapevoli delle regole e le spiegano agli altri. Amano le attività che richiedono abilità manuali. Sono in grado di lavorare in gruppi da due fino a cinque bambini.

Durante il progetto sono state usate le seguenti risorse:

- <http://www.imandra.it/project/zydrojo-laselio-kelione-i-zeme/>
- Il libro *Žydrojo lašelio kelionė*

- <http://eilerastukaivaikams.blogspot.it/2014/11/pasaka-apie-debeseli.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=fKCXU8P6aaQ>
- <http://www.kidzone.ws/water/bactivity1.htm>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TWb4KIM2vts>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>
- Un barattolo
- Acqua bollente
- Un piatto
- Una busta di plastica trasparente
- Penne con punta in feltro
- Cubetti di ghiaccio

### Scopo del progetto di ricerca

Avendo intrapreso un percorso costruttivista negli esperimenti precedenti, abbiamo spostato



Figures 9 e 10. Esperimento Come fare la pioggia.

il modello verso la natura per capire come si crea il ciclo dell'acqua e in che modo l'evaporazione, la condensazione e la precipitazione sono una parte importante di esso.

### Preparazione e elaborazione delle attività di ricerca

Fasi principali e scoperta delle concezioni sbagliate:

- Dibattito: gli insegnanti hanno iniziato una conversazione con i bambini per scoprire cosa sapessero sul ciclo dell'acqua.
- L'insegnante ha letto la storia Il viaggio della goccia e una piccola poesia dal titolo Nuvola. I bambini erano presi dall'attività e l'insegnante li ha invitati a fare un gioco.
- Avendo già lavorato sull'evaporazione e sulla condensazione, avevano già un'idea chiara di cosa accade in natura.

### Il percorso sperimentale

Abbiamo fatto un esperimento chiamato Come fare la pioggia. I bambini hanno preso un barattolo pieno d'acqua calda, messo un piatto sopra ad esso e messo dei cubetti di ghiaccio sul piatto. Abbiamo osservato la formazione di goccioline d'acqua. I bambini hanno preso dei pennarelli e hanno disegnato il sole, le nuvole e l'acqua su delle buste trasparenti. Abbiamo poi versato dell'acqua colorata nella busta. Il giorno dopo abbiamo potuto osservare il processo.

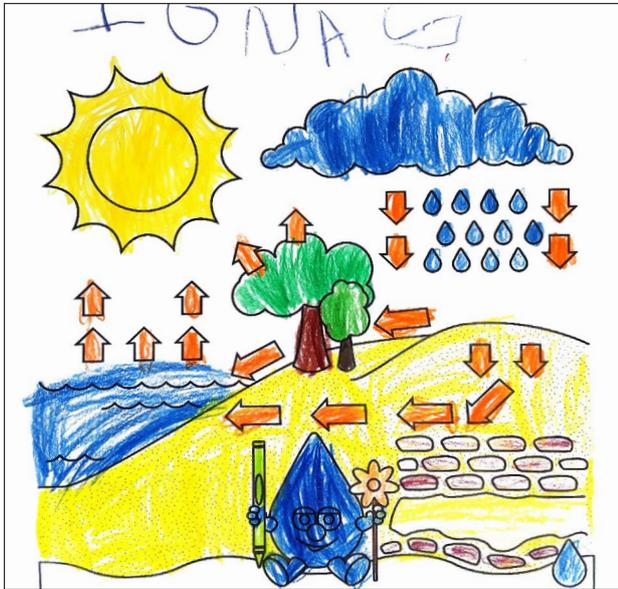


Figura 11. Disegno sul ciclo dell'acqua.

### Valutazione finale dell'attività

- I bambini hanno fatto gli esperimenti partecipando attivamente alle attività. Hanno compreso il processo di evaporazione e di condensazione. Quando l'insegnante ha fatto le stesse domande alla fine delle attività ha ricevuto più risposte e i bambini hanno spiegato i processi di evaporazione e condensazione più facilmente.

- L'acqua evapora costantemente ma il processo accelera se c'è il sole.
- Le molecole d'acqua evaporano e vanno nell'aria. Le molecole si uniscono e formano delle gocce che si trasformano in nuvole;
- Nelle nuvole fa freddo e quando le gocce sono troppo grandi il vapore scende sotto forma di gocce o neve;
- Le precipitazioni bagnano il terreno e finiscono nei fiumi e nei mari.
- Il ciclo dell'acqua si ripete continuamente.

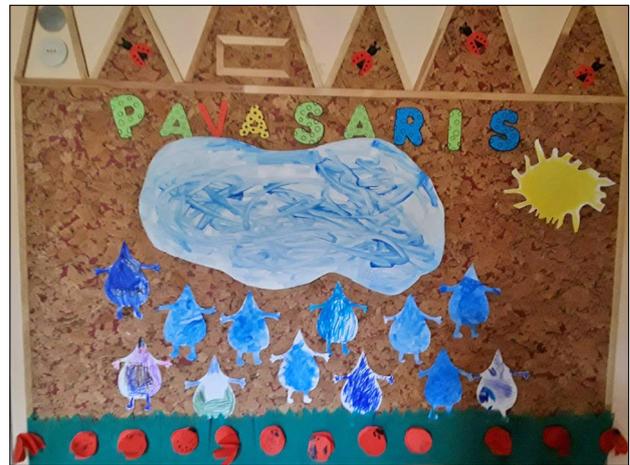


Figura 12. Disegno sul ciclo dell'acqua.

# KPCEN, BYDGOSZCZ, POLAND. CSIC A SCUOLA, SPAGNA DI COSA É FATTO IL MONDO?

## 1. INTRODUZIONE

Questo materiale è una proposta rivolta agli insegnanti delle prime fasi dell'insegnamento, al fine di al fine di favorire l'apprendimento delle scienze in classe.

Il progetto Di cosa è fatto il mondo? È rivolto ai bambini per fornire loro rappresentazioni mentali della parte di mondo che non possiamo vedere con i nostri occhi, come il concetto di forza.

L'acqua, ad esempio, è un elemento molto vicino ai bambini. I bambini scopriranno le proprietà e il comportamento dell'acqua con altri materiali sperimentando e seguendo un approccio costruttivista

Nota per i docenti: Queste attività devono essere svolte da bambini. Alla fine del processo, i bambini devono rappresentare le conoscenze che hanno acquisito con i loro disegni, anche se non sanno ancora disegnare; sicuramente sono in grado di rappresentare ciò che pensano. È molto importante sapere se hanno costruito delle conoscenze sul comportamento dell'acqua; è nella loro mente che avvengono cambiamenti e progressi nel modo di pensare relativo al mondo naturale.

## 2. ESPERIMENTI

### 2.1. ESPERIMENTO 1. ACQUA

#### OBIETTIVO

Scoprire e concettualizzare le forze di coesione e di adesione.



#### PREPARAZIONE

Materiali necessari: Un bicchiere d'acqua.

COMPITO	
<b><i>Tenere dell'acqua tra le dita</i></b>	
DOMANDE DI RICERCA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa noti?</li> <li>– Possiamo tenere l'acqua con le dita?</li> <li>– Perché l'acqua rimane tra le dita; perché non gocciola?</li> <li>– Ci sono delle forze nell'acqua?</li> </ul>	
OSSERVAZIONE	
L'acqua si attacca alle dita.	
SPIEGAZIONE	
<p>L'acqua forma una goccia che non si divide in gocce più piccole. Ci devono essere delle forze tra l'acqua e le dita. Inoltre, ci devono essere delle forze all'interno della goccia.</p>	
	

## 2.2. ESPERIMENTO 2. L'ACQUA E UNA CARTA DI PLASTICA

### OBIETTIVO

Ricavare il valore delle forze di adesione comparando il peso delle monete (numero delle monete).

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

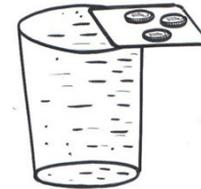
- Un bicchiere pieno d'acqua.
- Una carta di plastica usata, ad esempio una carta di credito.
- Un po' di monete dello stesso tipo, ad esempio da 1 euro.



Figura 1.

### COMPITO

- 1. Mettere la carta sopra al bicchiere pieno d'acqua, come mostrato nel disegno.**
- 2. Mettere una moneta sulla carta. Poi continuare ad aggiungere monete sulla carta una alla volta.**



### DOMANDE DI RICERCA

- Cosa noti?
- Perché la carta si attacca all'acqua?
- Cosa fa attaccare la carta all'acqua?
- Con quale forza la carta si attacca all'acqua?

### OSSERVAZIONE

### SPIEGAZIONE

Vi sono forze di adesione e di coesione:

- ADESIONE – le forze tra l'acqua e la carta. (un tipo di materiale e un altro tipo di materiale)
- COESIONE – forze all'interno della goccia (o dell'acqua) che trattengono l'acqua dal formare la goccia (o l'acqua).

## 2.3. ESPERIMENTO 3. L'ACQUA E LA MONETA

### OBIETTIVO

Stimare le forze di coesione e di adesione.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Un contagocce.
- Una moneta, ad es. 1 euro.
- Acqua.



Figura 2.

COMPITO	
<p><b><i>Mettere delle gocce d'acqua sulla moneta con il contagocce</i></b></p>	
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa noti?</li> <li>– Quante gocce d'acqua possono stare su una moneta?</li> <li>– Ci sono forze tra l'acqua e la moneta?</li> </ul>	
<b>OSSERVAZIONE</b>	
<b>SPIEGAZIONE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C'è una forza tra l'acqua e la moneta chiamata adesione. (La stessa dell'esperimento 1 tra la goccia e il dito; la stessa dell'esperimento 2 tra l'acqua e la carta).</li> <li>• L'acqua si "appiccica" a altri oggetti.</li> </ul>	

## 2.4.A. ESPERIMENTO 4.A. DA UNA GOCCIA D'ACQUA ALL'ELETTRICITÀ

### OBIETTIVO

Scoprire la natura di queste forze.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Un bicchiere d'acqua.
- Un bastoncino di plastica.
- Un pezzo di stoffa

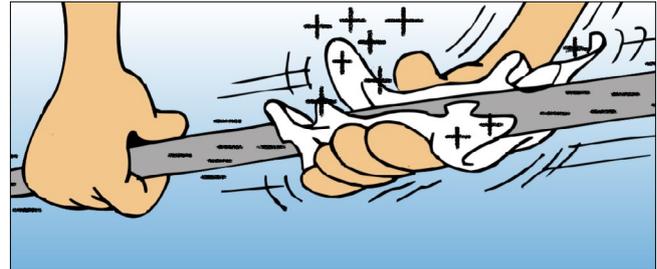
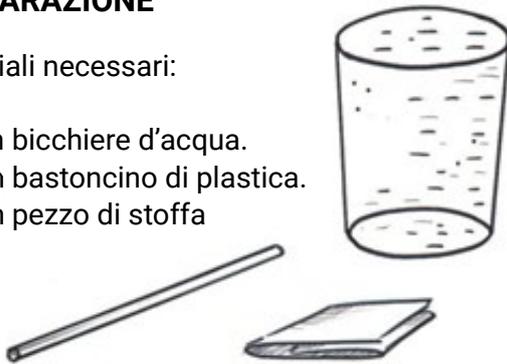


Figura 3.

COMPITO		
<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Strofinare il bastoncino di plastica con un pezzo di stoffa.</b></li> <li><b>2. Versare lentamente l'acqua accanto al bastoncino elettrizzato.</b></li> </ol>		
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa vedi?</li> <li>– Perché il flusso d'acqua si avvicina al bastoncino?</li> </ul>		
<b>OSSERVAZIONE</b>		
<b>SPIEGAZIONE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il bastoncino è elettrizzato.</li> <li>• Vi è una forza che agisce tra l'acqua e il bastoncino elettrizzato.</li> <li>• La forza è attrattiva.</li> </ul>		

## 2.4.A. ESPERIMENTO 4.B. DA UNA GOCCIA ALL'ELETTRICITÀ

### OBIETTIVO

Scoprire la natura di queste forze.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari

- Un bicchiere d'acqua.
- Un magnete.

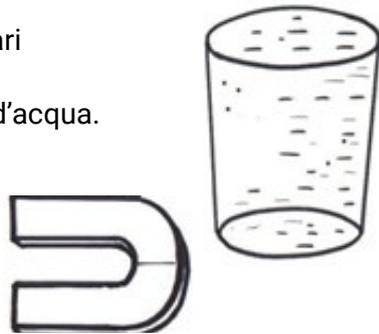


Figura 4.

COMPITO	
<b><i>Versare delicatamente l'acqua vicino al magnete.</i></b>	
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa vedi?</li> <li>– Perché il flusso d'acqua non si avvicina al magnete?</li> </ul>	
<b>OSSERVAZIONE</b>	
<b>SPIEGAZIONE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il magnete non ha influenza sull'acqua.</li> </ul>	<p>A line drawing of a glass tilted to the right, pouring water into a horseshoe magnet. A single drop of water is shown falling from the magnet's opening.</p>

## 2.5.A. ESPERIMENTO 5.A. UN BASTONCINO DI PLASTICA E LA CARTA

### OBIETTIVO

Introdurre le forze elettriche.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Pezzi di carta.
- Un bastoncino di plastica.
- Un pezzo di stoffa.



Figura 5.

COMPITO	
<ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Strofini il bastoncino di plastica con un pezzo di stoffa.</b></li><li><b>2. Avvicina il bastoncino ai pezzettini di carta.</b></li></ol>	
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>– Cosa noti?</li><li>– Vi sono forze tra il bastoncino elettrizzato e i pezzettini di carta?</li></ul>	
<b>OSSERVAZIONE</b>	
<b>SPIEGAZIONE</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vi è una forza tra il bastoncino caricato/ elettrizzato e i pezzettini di carta.</li><li>• Elettricità.</li></ul>	

## 2.5.B. ESPERIMENTO 5.B. UN MAGNETE E LA CARTA

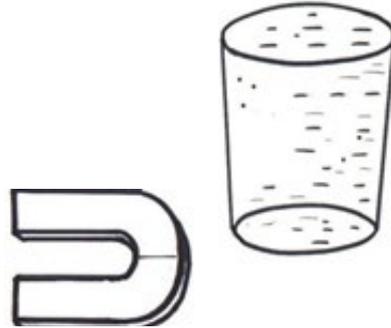
### OBIETTIVO

Introdurre le forze elettriche.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Pezzi di carta.
- Un magnete



COMPITO	
<b><i>Avvicina il magnete a dei pezzettini di carta.</i></b>	
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa noti?</li> <li>– Vi sono forze tra il magnete e i pezzettini di carta?</li> </ul>	
<b>OSSERVAZIONE</b>	
<b>SPIEGAZIONE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non succede niente, perché le forze magnetiche non si applicano in questo caso.</li> </ul>	

## 2.6.A. ESPERIMENTO 6.A. CANNUCCE DI PLASTICA ELETTRIZZATE

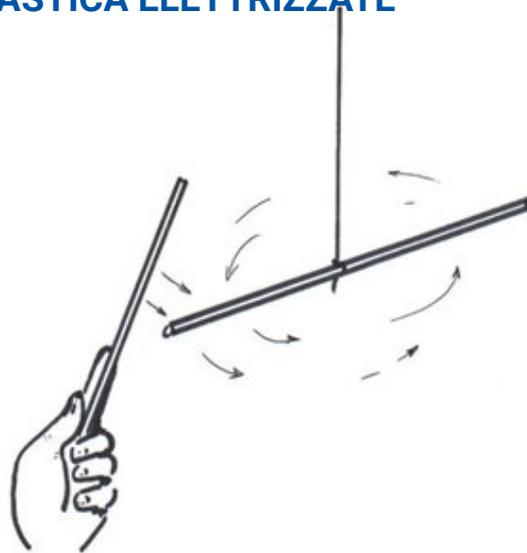
### OBIETTIVO

Scoprire le leggi dell'elettricità.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Cannucce di plastica.
- Un superfluo di fazzoletto di carta pulito.
- Un filo sottile.
- Un evidenziatore.



### COMPITO

1. **Lega un pezzo di filo a metà della cannuccia, come mostrato nel disegno. Segna la fine della cannuccia con un evidenziatore.**
2. **Strofina l'altra cannuccia con un pezzo di fazzoletto di carta pulita.**
3. **Avvicina questa cannuccia a quella appesa al filo.**
4. **Strofina la metà colorata della cannuccia con un altro pezzo di carta.**
5. **Strofina un'altra cannuccia con un altro pezzo di carta.**

### DOMANDE DI RICERCA

- Cosa vedi?
- Perché le due cannucce dello stesso tipo hanno effetto l'una sull'altra?

### OSSERVAZIONE

Due cannucce di plastica dello stesso tipo si attaccano o si respingono.

### SPIEGAZIONE

- C'è una forza tra le due cannucce di plastica strofinate.
- La forza è negativa.

## 2.6.B. ESPERIMENTO 6.B. CANNUCCE DI PLASTICA ELETTRIZZATE

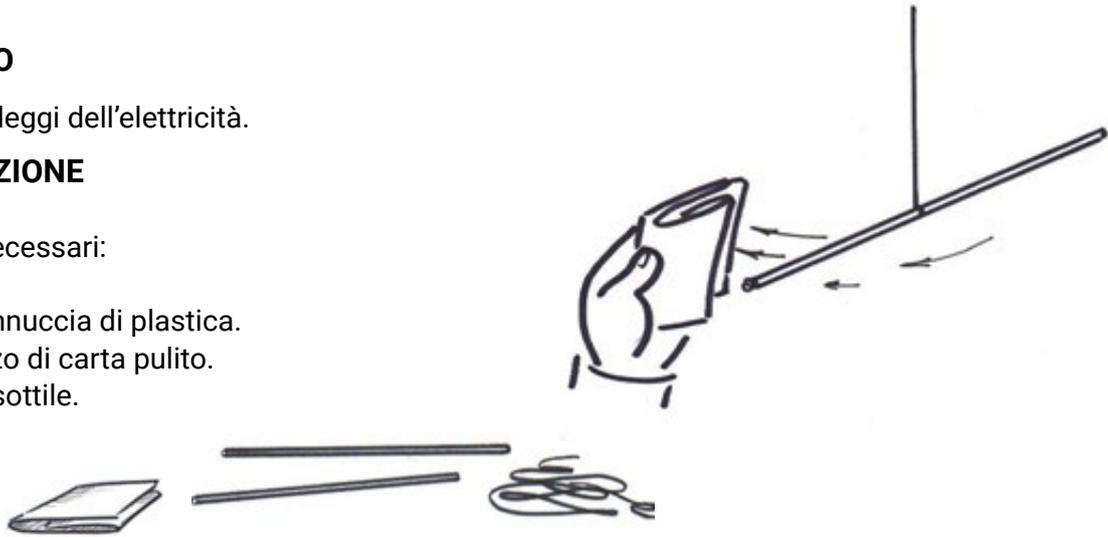
### OBIETTIVO

Scoprire le leggi dell'elettricità.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Una cannuccia di plastica.
- Un pezzo di carta pulito.
- Un filo sottile.



### COMPITO

- 1. Lega un pezzo di filo sottile nel mezzo di una cannuccia, come mostrato nella figura. Segna la fine della cannuccia con un evidenziatore.**
- 2. Avvicina un pezzo di carta pulita alla cannuccia appesa al filo.**

### DOMANDE DI RICERCA

- Cosa vedi?
- Vi sono forze tra il fazzoletto di carta e la cannuccia?

### OSSERVAZIONE

### SPIEGAZIONE

Il fazzoletto di carta vicino alla cannuccia appesa produce una forza attrattiva (contrariamente a quando due cannucce strofinate sono vicine)

## 2.7.A. ESPERIMENTO 7.A. UN BASTONCINO DI PLASTICA E LE BOLLE DI SAPONE

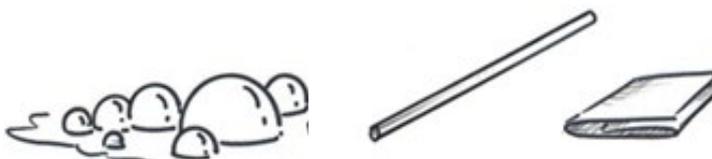
### OBIETTIVO

Controllare che l'acqua è sensibile/risponde alla forza elettrica.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Acqua con detersivo.
- Un bastoncino di plastica.
- Un pezzo di stoffa.
- Bolle di sapone



COMPITO	
<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Bagna il tavolo con acqua e detergente per piatti.</b></li> <li><b>2. Fai un po' di bolle di sapone sul tavolo.</b></li> <li><b>3. Strofini il bastoncino di plastica con un pezzo di stoffa.</b></li> <li><b>4. Avvicina il bastoncino alle bolle di sapone.</b></li> </ol>	
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa noti?</li> <li>– Vi sono forze tra il bastoncino elettrizzato/strofinato e le bolle di sapone?</li> </ul>	
<b>OSSERVAZIONE</b>	
<b>SPIEGAZIONE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vi è una forza tra il bastoncino elettrizzato e le bolle di sapone.</li> <li>• La forza è attrattiva.</li> </ul>	

## 2.7.B. ESPERIMENTO 7.B. UN MAGNETE E LE BOLLE DI SAPONE

### OBIETTIVO

Vedere se l'acqua è sensibile/risponde alla forza elettrica.

### PREPARAZIONE

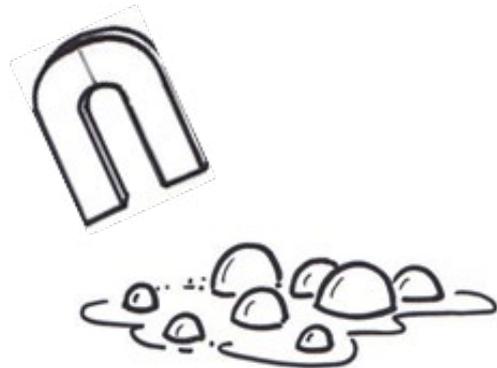
Materiali necessari:

- Acqua con detersivo per piatti
- Un magnete
- Bolle di sapone.



### COMPITO

1. **Bagna il tavolo con il detersivo per piatti.**
2. **Fai un po' di bolle di sapone sul tavolo.**
3. **Avvicina il magnete alle bolle di sapone.**



### DOMANDE DI RICERCA

- Cosa vedi?
- Vi sono forze tra il magnete e le bolle di sapone?

### OSSERVAZIONE

### SPIEGAZIONE

Non succede niente, perché le forze magnetiche non si applicano a questo caso.

## 2.8. ESPERIMENTO 8. UN BASTONCINO DI PLASTICA E UNA LATTINA DI METALLO

### OBIETTIVO

Studiare la reazione/il comportamento di altri tipi di materiale (diversi dall'acqua) quando gli si avvicina un corpo elettrizzato.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Una lattina di metallo vuota.
- Un bastoncino di plastica.
- Un pezzo di stoffa.



Figure 6.

### COMPITO

1. **Strofina il bastoncino di plastica con un pezzo di stoffa.**
2. **Avvicina il bastoncino alla lattina di metallo.**

#### DOMANDE DI RICERCA

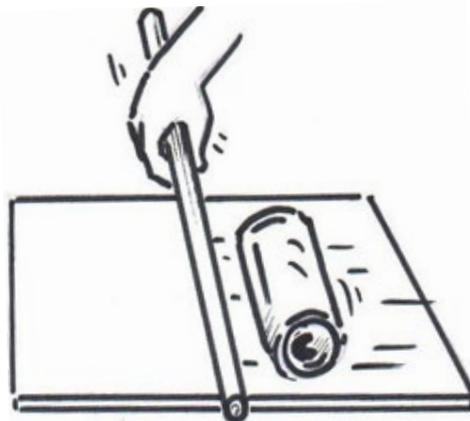
- Cosa noti?
- Vi sono forze tra il bastoncino elettrizzato e la lattina?

#### OSSERVAZIONE

La lattina si muove e rotola.

#### SPIEGAZIONE

- Vi è una forza tra il bastoncino elettrizzato e la lattina di metallo.
- La forza è attrattiva.



## 2.9. ESPERIMENTO 9. UN MAGNETE E LA CARTA

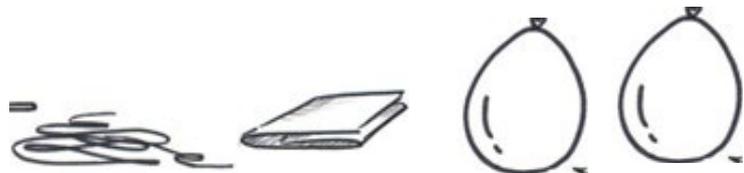
### OBIETTIVO

Studiare le forze tra corpi elettrizzati.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Filo sottile.
- Un pezzo di fazzoletto di carta.
- Due palloncini.



COMPITO	
<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Gonfia due palloncini.</b></li> <li><b>2. Tieni i palloncini con un filo sottile, come mostrato nel disegno.</b></li> <li><b>3. Strofina un palloncino con un pezzo di fazzoletto di carta o con la mano.</b></li> <li><b>4. Avvicina i palloncini.</b></li> </ol>	
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa noti?</li> <li>– Perché due palloncini dello stesso tipo hanno un effetto l'uno sull'altro</li> </ul>	
<b>OSSERVAZIONE</b>	
I palloncini si attraggono o si respingono.	
<b>SPIEGAZIONE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C'è una forza tra i palloncini.</li> <li>• La forza è di repulsione.</li> <li>• Tra ciascuno dei palloncini e la mano (o il pezzo di carta) agisce una forza attrattiva.</li> </ul>	

## 2.10. ESPERIMENTO 10. ELEMENTI IN MOVIMENTO

### OBIETTIVO

Studiare le forze tra un corpo elettrizzato e un corpo non elettrizzato (un corpo non carico/neutro).

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Un fazzoletto di carta.
- Un bastoncino di plastica.
- Una graffetta su un filo.



COMPITO	
<ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Strofina il bastoncino di plastica con un fazzoletto di carta.</b></li><li><b>2. Avvicina il bastoncino alla graffetta di metallo appesa al filo.</b></li></ol>	A diagram showing a paperclip hanging from a string on the left. To its right is a tilted plastic rod. The rod has a '-' sign at its top end and a '+' sign at its bottom end. The paperclip has a '+' sign on its top part and a '-' sign on its bottom part. Dashed lines connect the '+' on the rod to the '-' on the paperclip, and the '-' on the rod to the '+' on the paperclip, indicating an attractive force.
DOMANDE DI RICERCA	
<ul style="list-style-type: none"><li>– Cosa noti?</li><li>– Perché la graffetta si muove?</li></ul>	
OSSERVAZIONE	
SPIEGAZIONE	
<p>La graffetta è di metallo ed è neutra. Quando il bastoncino di plastica strofinato (negativo) si avvicina alla graffetta neutra, gli elettroni del metallo "scappano" verso l'altra parte della graffetta (e appare una forza attrattiva). Il motivo è che gli elettroni (cariche negative), nei corpi di metallo, si muovono liberamente.</p>	

## 2.11. ESPERIMENTO 11. UNA LATTINA, UNA GRAFFETTA E UN BASTONCINO DI PLASTICA

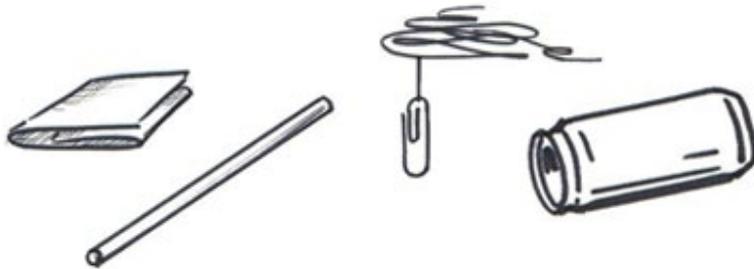
### OBIETTIVO

Spiegare l'attrazione tra un oggetto elettrizzato e un oggetto neutro/non carico.

### PREPARAZIONE

Materiali necessari:

- Un pezzo di stoffa.
- Un bastoncino di plastica.
- Una graffetta su un filo.
- Una lattina di metallo vuota.



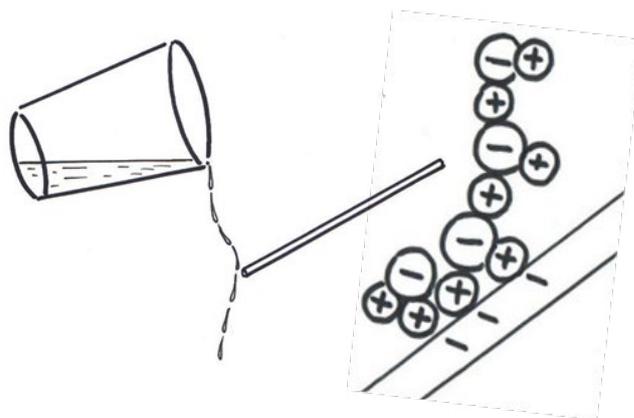
COMPITO	
<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Strofini il bastoncino con un pezzo di stoffa.</b></li> <li><b>2. Avvicini il bastoncino alla graffetta di metallo appesa al filo.</b></li> <li><b>3. Avvicini il bastoncino di plastica alla lattina di metallo.</b></li> </ol>	
<b>DOMANDE DI RICERCA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cosa noti?</li> <li>– Perché la graffetta si muove?</li> <li>– Perché la lattina si muove?</li> </ul>	
<b>OSSERVAZIONE</b>	
I palloncini si attraggono o si respingono.	
<b>SPIEGAZIONE</b>	
<p>Lo stesso motivo. Quando il bastoncino strofinato è vicino a un corpo di metallo, gli elettroni "scappano" verso la parte opposta della lattina di metallo o della graffetta di metallo.</p>	

## 2.12. ESPERIMENTO 12. RIPETIZIONE DELL'ESPERIMENTO 4.A

Perché il bastoncino strofinato attrae il flusso d'acqua? Accade la stessa cosa nel caso del pezzo di carta, della graffetta e della lattina? La risposta è NO. Il motivo è la natura delle molecole d'acqua. Le molecole d'acqua sono polarizzate, perciò le due molecole positive di idrogeno sono attratte dal bastoncino strofinato carico negativamente.

### Per imparare di più sulle molecole:

Immaginate una goccia d'acqua. Ora immaginate che la goccia si divida in tante altre piccole gocce, e che queste piccole gocce si dividano in altre gocce ancora più piccole, fino ad avere una goccia così piccola da non potersi più dividere. Avete ottenuto così una molecola d'acqua.



# PRZEDSZKOLE NR 34 «MALI ODKRYWCY». BYDGOSZCZ, POLONIA.

## ALLA SCOPERTA DELLE FORZE DI COESIONE E DI ADESIONE

### 1. INTRODUZIONE DEL COORDINATORE

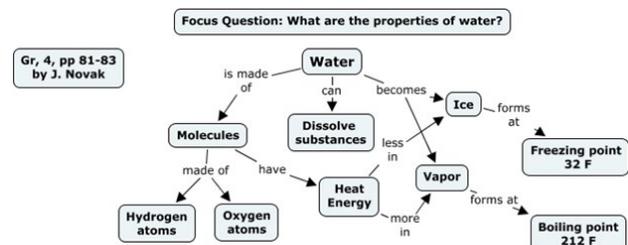
Lo scopo della ricerca condotta dalla scuola dell'infanzia Mali Odkrywcy era che gli studenti scoprissero l'esistenza di forze che non possono vedere coi loro occhi ma che sono presenti in natura: le forze di adesione e coesione. Per farlo hanno svolto una serie di esperimenti in cui, seguendo il metodo costruttivista e facendo domande, hanno iniziato con le caratteristiche dell'acqua, per poi sperimentare e scoprire come l'acqua aderisce ad altre sostanze (tenere l'acqua tra le dita e l'esperimento della carta) e come fa a restare intatta allo stato liquido grazie alle forze di coesione (esperimento delle gocce sulla moneta). Questi elementi hanno favorito l'introduzione del concetto di molecola dell'acqua, che ha permesso ai bambini di scoprire l'esistenza di un fenomeno naturale: la tensione superficiale (l'esperimento della graffetta sull'acqua).

Questo percorso scelto dai docenti segna l'inizio della scoperta del modello scientifico dell'acqua: le molecole d'acqua sono unite dalle forze di coesione e si uniscono ad altre sostanze attraverso le forze di adesione.

### 2. METODOLOGIA COMUNE A TUTTI GLI ESPERIMENTI: LA MAPPA DI NOVAK

A partire dagli anni '70, Novak e il suo team di ricerca alla Cornell hanno sviluppato la tecnica del concept mapping come mezzo per rappresentare lo sviluppo delle conoscenze scientifiche degli studenti. Successivamente, è stato utilizzato come strumento per aumentare l'apprendimento significativo nelle scienze e in altre materie, oltre a rappresentare la conoscenza esperta di individui e gruppi nei settori dell'istruzione, della pubblica amministrazione e dell'economia.

Ausubel credeva che l'apprendimento di nuove conoscenze si basa su ciò che è già noto. Cioè, la costruzione della conoscenza inizia con la nostra osservazione e il riconoscimento di fatti e oggetti attraverso concetti che già abbiamo. Impariamo costruendo una rete di concetti e completandoli. Ausubel sottolinea anche l'importanza della ricezione piuttosto che dell'apprendimento tramite la scoperta e dell'apprendimento significativo piuttosto che dell'apprendimento continuo.



### **3. PROGETTO DI RICERCA: ALLA SCOPERTA DELLA COESIONE, ADESIONE E TENSIONE SUPERFICIALE**

#### **3.1. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ 1: ALLA RICERCA DELLE CARATTERISTICHE DELL'ACQUA**

Il titolo di questa attività è "Giocando con l'acqua: alla scoperta delle principali caratteristiche dell'acqua".

Le attività (1, 2 e 3) sono state svolte presso l'asilo Kindergarten 34 "Little Explorers" a Bydgoszcz. I docenti a capo del progetto erano Beata Zawada e Barbara Krakowska, qualle hanno lavorato con 25 bambini tra i cinque e i sei anni: 11 bambine e 14 bambini.

Tutte le discussioni durante il progetto si sono basate sul metodo socratico. Ciò significa che gli insegnanti pongono ai bambini una serie di domande apparentemente innocenti che in ultima analisi portano chi risponde ad una conclusione logica incompatibile con ciò che dicevano di pensare all'inizio.

#### **Materiali usati nell'esperimento di ricerca**

Brocche d'acqua, succo d'arancia in una tazza trasparente, 2 contenitori di forme diverse, 2 tazze (una con l'aceto e l'altra con l'acqua), una lavagna per riassumere l'argomento, una pipetta, una carta magnetica, un righello e un piattino.

#### **Risorse utilizzate**

1. S.Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. W- wa 1994.
2. G.Walter. Woda – żywioty w przedszkolu. Kielce 2004.
3. S.Hewitt. Przygoda z przyrodą – zabawy i eksperymenty. Wyd.Podsiedlik – Kaniowski i Spółka 2000.
4. <https://www.aulavirtual.csic.es>.
5. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>.

In totale l'esperimento è durato 24 ore tra preparazione, acquisizione del materiale, ricerca, esecuzione dell'esperimento, disegni dei bambini relativi all'esperimento, conclusione.

#### **Scopo del progetto di ricerca**

L'obiettivo principale del progetto era quello di imparare e consolidare le conoscenze di base dei bambini sull'acqua. I bambini hanno condotto esperimenti con l'acqua e hanno imparato a conoscere il ruolo dell'acqua nella natura.

#### **Preparazione e elaborazione delle attività di ricerca**

Innanzitutto, gli insegnanti hanno studiato l'argomento. Gli insegnanti hanno preso appunti, si sono consultati, hanno pianificato le attività, cercato i materiali necessari e hanno preparato un piano per l'ordine delle attività.

Un giorno prima dell'esperimento, gli insegnanti hanno chiesto ai bambini cos'è realmente l'acqua, qual è il suo odore, il suo colore e il suo gusto. L'acqua ha una forma?

I bambini hanno dato diversi tipi di risposte. Alcuni hanno detto che l'acqua è bianca o blu, che ha il sapore di una zuppa, che è salata, ha un sapore terribile, che ha la forma di una brocca o di una bottiglia.

### **L'importanza dell'indagine nel lavoro di ricerca: La Natura dell'Indagine Scientifica (NOSI)**

Successivamente, i bambini hanno iniziato a sperimentare. Ogni bambino ha versato dell'acqua in bottiglia in tazze trasparenti. Hanno messo le immagini dietro la tazza per controllare se erano visibili. Lo erano. Poi, i bambini hanno assaggiato l'acqua e sono giunti alla conclusione che l'acqua è insapore. Nella fase successiva i bambini hanno versato l'acqua in contenitori di forma diversa.



Figure 1 e 2.

L'insegnante ha chiesto: *Che forma ha l'acqua?*

Alcuni bambini hanno risposto che l'acqua non ha una forma; alcuni hanno detto che ha la forma di una brocca.

### **Individuare preconcetti sbagliati**

L'insegnante ha versato dell'acqua dalla brocca sul pavimento e ha chiesto di nuovo. I bambini hanno urlato che l'acqua non ha forma. Gli studenti hanno testato la "forma dell'acqua" versando l'acqua in contenitori di forma diversa.



Figura 3.

### **Valutazione finale dell'attività**

Infine, i bambini hanno trovato le risposte alle domande sulla forma, il gusto, l'olfatto e il colore, e hanno scritto le risposte giuste sulla lavagna.

## DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ 2: COESIONE E ADESIONE

### Materiali utilizzati

I materiali utilizzati nell'esperimento di ricerca sono stati una carta magnetica, una pipetta, monete, un righello, bicchieri e, ovviamente, l'acqua.

### Risorse utilizzate

1. S.Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. W- wa 1994.
2. G.Walter. Woda – żywioły w przedszkolu. Kielce 2004
3. S.Hewitt. Przygoda z przyrodą – zabawy i eksperymenty. Wyd.Podsiadlik – Kaniowski i Spółka 2000.
4. <https://www.aulavirtual.csic.es>.
5. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>.

### Scopo del progetto di ricerca

Attraverso la sperimentazione, i bambini scoprono la viscosità dell'acqua e le forze di adesione e coesione. Successivamente, capiscono la teoria molecolare. Per fare questo bisognasse seguire alcuni passi:

Scoprire che le forze di adesione e di coesione esistono.

Illustrare le domande che saranno poste.

### Elaborazione e preparazione delle attività di ricerca

Il gruppo di docenti ha fatto una serie di sessioni

di formazione diretto dai coordinatori a Madrid e in Polonia.

Gli insegnanti hanno condiviso idee, pianificato attività, cercato i materiali necessari e condotto esperimenti con i bambini.

Un giorno prima dell'esperimento, gli insegnanti hanno mostrato agli studenti gli esperimenti e chiesto ai bambini come viene tenuta l'acqua tra le dita, e perché la goccia d'acqua non cade dalla scheda magnetica.



Figura 4.

I bambini hanno dato diverse risposte:

- *Le dita tengono la goccia d'acqua.*
- *La goccia è attaccata alle dita.*
- *La carta è attaccata al bicchiere.*
- *L'acqua tiene la carta.*

Insieme abbiamo cercato delle risposte facendo gli esperimenti.

### L'importanza dell'indagine nel lavoro di ricerca: La Natura dell'Indagine Scientifica (NOSI)

Gli insegnanti hanno scelto un esperimento per risvegliare la curiosità dei bambini

sull'argomento: tenere una goccia d'acqua tra le dita.

Osservazione. Discussione sul tema Perché l'acqua si attacca alle dita?

I bambini hanno risposto:

- *L'acqua si appiccica alle dita.*
- *L'acqua rimane incollata tra le dita.*

Succede perché:

- *L'acqua è appiccicosa.*
- *Le dita sono appiccicose.*
- *La goccia è molto piccola e leggera.*

### **Individuare preconetti sbagliati**

Per scoprire le concezioni sbagliate, gli insegnanti hanno introdotto un altro esperimento. Gli studenti hanno versato una goccia d'acqua sulla scheda magnetica e poi l'hanno capovolta. La goccia è rimasta sulla carta. Perché ciò accade? Perché la scheda non cade? Gli insegnanti hanno presentato forze di adesione (la tendenza di particelle o superfici diverse ad aggrapparsi l'una all'altra) e di coesione (la tendenza di particelle o superfici simili o identiche ad aggrapparsi l'una all'altra) ai bambini.

### **Valutazione finale dell'attività**

Per l'esperimento i bambini hanno usato due monete, una grande e una piccola. Con l'aiuto di una pipetta.

Si sono chiesti: perché le gocce non cadono? Perché si attaccano l'una all'altra? La caduta non avviene a causa delle forze di coesione e di adesione. L'adesione è la tendenza di particelle o superfici diverse ad aggrapparsi l'una all'altra

e la coesione indica la tendenza di particelle di superfici simili o identiche ad aggrapparsi l'una all'altra. Grazie a queste forze le gocce si attaccano alle superfici di un piattino, di un cartoncino e di un righello.

Gli studenti che hanno condotto ulteriori esperimenti sono stati in grado di identificare, nominare e indicare le forze di coesione e di adesione.

## **DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ**

### **3.1: ALLA SCOPERTA DELLA TENSIONE SUPERFICIALE**

#### **Materiali utilizzati**

Materiali utilizzati nell'esperimento di ricerca:, brocche d'acqua, becher, pepe, pipetta, graffette, aghi, detersivo, palloncini, un insetto pattinatore.

#### **Risorse utilizzate**

1. S. Parker. Woda. Eksperymenty i doświadczenia. Warszawa 2006
2. P. Ashbrook. Nauka jest prosta. Kielce 2003
3. U. Berger. Księga eksperymentów. Kielce 2008
4. <https://www.aulavirtual.csic.es>.
5. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>.

#### **Scopo del progetto di ricerca**

L'obiettivo principale del progetto era quello di imparare e consolidare le conoscenze di base dei bambini sull'acqua. Gli studenti hanno scoperto che l'acqua ha una "pelle", grazie alla quale

alcuni insetti, ad esempio i pattinatori, possono stare in piedi sulla superficie dell'acqua.

### **Elaborazione e preparazione delle attività di ricerca**

Prima del progetto, gli insegnanti hanno approfondito l'argomento. Hanno preso appunti, condivise idee, pianificato attività, cercato i materiali necessari e riguardato le attività in programma.

Un giorno prima dell'esperimento, gli insegnanti hanno chiesto ai bambini "Gli aghi restano a galla sulla superficie dell'acqua?", "Le graffette nuotano?", "Perché gli insetti pattinatori possono muoversi sulla superficie dell'acqua?"

I bambini hanno dato diverse risposte. Alcuni hanno detto che l'ago sarebbe affondato, altri che avrebbe nuotato; la graffetta nuota perché è leggera; alcuni bambini pensavano che la graffetta sarebbe affondata perché è fatta di metallo; alcuni hanno pensato che l'insetto pattinatore potesse camminare sull'acqua grazie a delle scarpe speciali, o perché è leggero, o perché ha le gambe lunghe.

### **L'importanza dell'indagine nel lavoro di ricerca: La Natura dell'Indagine Scientifica (NOSI)**

Successivamente, i bambini hanno iniziato a sperimentare. Ogni studente ha versato un po' d'acqua in un becher e ha cercato di appoggiare un ago sull'acqua. Hanno osservato quanto accaduto e ne hanno tratto delle conclusioni. Alcuni bambini sono stati in grado di bilanciare l'ago, ma un piccolo gruppo di bambini non è stato in grado

L'insegnante ha chiesto: *perché l'ago "galleggia" sull'acqua?*

Alcuni bambini hanno risposto che "galleggia" perché è leggero e sottile, non pesa molto ed è per questo che resta in superficie.



Figura 5.



Figura 6.



Figura 7.



Figura 8.

### **Individuare preconcetti sbagliati**

Gli insegnanti hanno mostrato ai bambini un insetto, l'insetto pattinatore, che può "camminare" sull'acqua. Hanno spiegato che l'acqua ha una "pelle", ma non è molto resistente. Sotto le gambe del pattinatore possiamo vedere la "pelle" piegarsi. L'insegnante ha mostrato agli studenti il modello della "pelle d'acqua" e ha spiegato l'esperimento. La fase successiva dell'esperimento è stato quello di cercare di mettere una graffetta sulla superficie. Non tutti i bambini sono riusciti a portare a termine il compito. L'insegnante ha suggerito di utilizzare uno strumento fatto di una graffetta piegata da utilizzare come "cucchiaino". Grazie a questo strumento, i bambini sono stati in grado di svolgere il compito. Tutti gli studenti ci sono riusciti.

### **Valutazione finale dell'attività**

Una volta portato a termine l'esperimento, i bambini hanno tratto delle conclusioni e hanno condiviso le loro osservazioni con amici e insegnanti. Hanno capito cos'è la tensione superficiale e l'hanno applicata ad altre situazioni a loro familiari (ad es. il pepe sull'acqua). Poi hanno continuato ad indagare...

## **DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ 3.2: ROMPERE LA TENSIONE SUPERFICIALE**

### **Materiale utilizzato nell'esperimento di ricerca**

Pepe, detersivo, un palloncino.



Figura 9.

### **Risorse utilizzate**

1. S.Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. W- wa 1994.
2. G.Walter. Woda – żywoty w przedszkolu. Kielce 2004.
3. S.Hewitt.Przygoda z przyrodą – zabawy i eksperymenty. Wyd.Podsiedlik Kaniowski i Spółka 2000.
4. S. Parker. Woda. Eksperymenty i

doświadczenia. Warszawa 2006.

5. P. Ashbrook. Nauka jest prosta. Kielce 2003.
6. U. Berger. Księga eksperymentów. Kielce 2008.
7. <https://www.aulavirtual.csic.es>.
8. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>.

### **Scopo del progetto di ricerca**

Sperimentando, i bambini hanno approfondito meglio il concetto che l'acqua ha una "pelle" che non è molto resistente e può rompersi facilmente.

### **Elaborazione e preparazione delle attività di ricerca**

Il gruppo di insegnanti ha seguito una serie di sessioni di formazione tenute dal team CSIC a Madrid e in Polonia. I docenti hanno condiviso idee, pianificato attività, cercato i materiali necessari e sperimentato con i bambini.

Un giorno prima dell'esperimento, gli insegnanti hanno consolidato le conoscenze dei bambini sull'acqua e hanno chiesto loro se la pelle dell'acqua fosse forte o se può essere facilmente danneggiata.

I bambini hanno dato varie risposte: un gruppo ha affermato che la pelle è molto forte ed elastica e che non si può rompere. Altri bambini erano convinti che la pelle fosse molto sottile e potesse rompersi facilmente. L'insegnante ha quindi proposto di fare degli esperimenti per vedere com'è la pelle dell'acqua.



Figura 10.



Figura 11.



Figura 12.

## **L'importanza dell'indagine nel lavoro di ricerca: La Natura dell'Indagine Scientifica (NOSI)**

Gli insegnanti hanno scelto un esperimento per suscitare la curiosità dei bambini sul tema: mettere un po' di pepe sulla superficie dell'acqua.

Osservazione e discussione sul tema: Cosa succede al pepe se lo mettiamo nell'acqua?

I bambini hanno risposto:

- Il pepe andrà sul fondo del bicchiere
- Il pepe galleggerà.

Ciò succede perchè:

- L'acqua ha la pelle.
- È leggero.
- È piccolo.

## **Individuare preconcetti sbagliati**

TPer svelare eventuali fraintendimenti, gli insegnanti hanno introdotto un altro esperimento. Gli studenti hanno messo un po' di pepe in un becher. Poi, hanno visto cosa sarebbe successo. Dopo di che hanno aggiunto un po' di detersivo con l'aiuto di una pipetta.

L'insegnante ha chiesto che cosa è successo al pepe, e perché è finito sul fondo del becher. Tutti i bambini hanno risposto correttamente. La pelle dell'acqua è stata rotta e danneggiata.

## **Valutazione finale dell'attività**

In seguito, gli studenti hanno sperimentato con le monete mettendone nei becher pieni d'acqua. L'insegnante ha introdotto il concetto di menisco agli studenti. Tutti gli studenti hanno contato le monete e hanno osservato il menisco. Dopo aver fatto cadere un certo numero di monete nel becher, l'acqua ha iniziato a fuoriuscire. L'insegnante ha chiesto cosa fosse successo. Tutti gli studenti hanno risposto che la pelle dell'acqua si era rotta.

## **4. CONCLUSIONI FINALI**

Dopo aver condotto ulteriori esperimenti, gli studenti sono stati in grado di concludere che la "pelle" che copre l'acqua non è molto forte e gli oggetti pesanti cadono verso il basso. Alcuni oggetti leggeri possono essere appoggiati sulla "pelle" senza rompere la tensione superficiale. Hanno quindi acquisito un modello analogico: l'acqua ha una pelle.



## COLEGIO PÚBLICO SAN FRANCISCO. PAMPLONA, NAVARRA, SPAGNA.

### ALLA SCOPERTA DELLE FORZE DI ADESIONE E COESIONE

#### 1. INTRODUZIONE DEL COORDINATORE

La scuola di San Francisco a Pamplona è un esempio di modello scolastico bilingue spagnolo dove il basco e lo spagnolo vengono studiate come prime lingue e l'inglese come lingua straniera. È interessante vedere come in questo centro, indipendentemente dal modello di insegnamento seguito, la scienza unisca le culture e promuova l'uguaglianza di genere. In questo caso, dato che gli studenti partecipanti provenivano dalla scuola primaria, gli insegnanti si sono approcciati alle dimensioni coinvolte nei fenomeni indagati-coerenza-coesione-non solo qualitativamente, ma anche quantitativamente. Hanno iniziato concettualizzando il concetto di forza sperimentando con una graffetta e un magnete. Hanno continuato il processo di ricerca tenendo una goccia d'acqua tra le dita per scoprire le forze di aderenza e coesione. Per concettualizzare ulteriormente queste forze, hanno condotto altri esperimenti (esperimenti della carta e delle gocce d'acqua su una moneta), utilizzando un linguaggio adatto e applicando le leggi corrispondenti. Successivamente, utilizzando un dinamometro, hanno determinato la forza di aderenza tra un vetrino e un CD e un tavolo, passando così dall'osservazione alla grandezza. Come seconda fase di indagine, e come valutazione, è stato introdotto un modello analogico (osservare cosa succede quando una lattina viene tolta dal frigorifero), che ha aiutato i bambini a comprendere il comportamento della superficie dell'acqua,

finendo con una recita sulle forze di coesione e di adesione. Attraverso questo percorso costruttivista, i bambini sono arrivati al modello molecolare dell'acqua e, osservando il mondo macroscopico che possono percepire con i loro sensi, sono riusciti a capire cosa accade a livello sub-microscopico.

#### 2. METODOLOGIA COMUNE A TUTTE LE ATTIVITÀ

Prima di iniziare il processo di ricerca con i bambini, è stata elaborata una mappa concettuale sulla natura del soggetto in questione, che indica il livello più basso richiesto, o livello di significato di Ausubel. La mappa aveva una struttura costruttivista e indicava il percorso sperimentale da seguire per introdurre i vari concetti. La ricerca si basava sul livello di conoscenza pregressa (livello di Ausubel) che possedevano i bambini.

Prima di iniziare, gli studenti dovevano aver compreso i seguenti concetti: distanza, lunghezza, superficie e volume (secondo lo stadio cognitivo dei bambini).

Stati della materia: solido, liquido, gassoso; cambi di stato: evaporazione e condensazione. Le proprietà dei liquidi che fanno sì che si distinguano dai solidi e dai gas. Le proprietà specifiche dell'acqua. Cos'è una forza?

### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO DI RICERCA: ALLA SCOPERTA DELLE FORZE DI ADESIONE E DI COESIONE

#### Descrizione della ricerca

Dei 95 studenti che hanno partecipato, 50 usavano il basco e 45 lo spagnolo, anche se i risultati della ricerca sono stati gli stessi per entrambi i modelli linguistici. Riteniamo importante sottolineare che i 45 studenti che hanno utilizzato il modello AG (spagnolo) sono bambini socialmente svantaggiati, con un basso livello di IESC (indice di status socio-economico e culturale), alcuni dei quali non avevano familiarità con la lingua veicolare (spagnolo), e alcuni dei quali mostrano un comportamento dirompente e sono spesso assenti a scuola.

I 50 studenti che hanno seguito il modello D (basco) provengono da famiglie in condizioni di normalità e non presentano assenteismo o comportamenti dirompenti. Questi bambini hanno un livello di IESC medio/medio-alto.

Riteniamo inoltre importante affermare che non sono state osservate differenze significative tra i sessi: l'equilibrio complessivo è stato di circa il 50/50 e sia le bambine che i bambini hanno partecipato agli esperimenti proposti. La sessione si è svolta in orario scolastico e gli insegnanti coinvolti sono stati quelli delle materie scientifiche. Gli esperimenti sono stati condotti in gruppi misti che comprendevano bambini di età compresa tra i 7 e i 12 anni. Questo ha permesso ai bambini più grandi di aiutare i più piccoli e, allo stesso tempo, ai più piccoli di motivare i più grandi. Tutti i bambini

si sono mostrati molto motivati durante tutta la ricerca.

Il titolo completo della ricerca era: Di cosa è fatto il mondo? Descrivere le forze di adesione e coesione nel caso dell'acqua applicando la teoria molecolare semplice per spiegarle.

#### Obiettivo della ricerca

Il nostro obiettivo principale era quello di seguire il percorso che porta dalla scoperta delle forze di coesione e di adesione fino alla teoria molecolare della materia applicata all'acqua. Ciò significava scoprire "di che cosa è fatto il mondo" osservando il comportamento delle forze di adesione e di coesione nell'acqua.

Le domande poste nel percorso di ricerca sono state le seguenti:

- *Che tipo di forze sono responsabili per i fenomeni di coesione e di adesione?*
- *In quali altri processi appaiono?*
- *Esistono leggi che riassumano il comportamento dell'acqua in relazione a queste forze?*
- *Per rispondere a queste domande abbiamo dovuto pensare a esperimenti i cui risultati ci avrebbero permesso di trovare le risposte (metodo interrogativo):*
- *Quali esperimenti possiamo fare per rispondere a queste domande?*
- *Com'è fatta davvero l'acqua a livello sub-microscopico?*

## Risorse utilizzate

Durante questa attività sono state usate le seguenti risorse: contagocce, acqua, carte, graffette, monete, un magnete, lattine, dinamometri, vetrini, CD.

La letteratura di base utilizzata è stata l'aula virtuale CSIC ([www.aulavirtual.csic.es](http://www.aulavirtual.csic.es)), contenente il contenuto formativo offerto all'inizio del progetto, e il sito di CSIC a Scuola ([www.csicenlaescuela.csic.es](http://www.csicenlaescuela.csic.es)).

## Descrizione del percorso di ricerca. Di cosa è fatto il mondo?

### Descrivere le forze di adesione e di coesione nel caso dell'acqua, applicando la teoria molecolare semplice per spiegarle

Abbiamo seguito un percorso costruttivista attraverso il quale, svolgendo vari esperimenti collegati tra loro, abbiamo osservato un fenomeno naturale che ci ha permesso di indagare ulteriormente.

In primo luogo, abbiamo concettualizzato la forza per scoprire la conoscenza pregressa dei bambini, introdotto nuovi concetti (le forze di adesione e di coesione), e valutato la loro conoscenza effettuando altri esperimenti, introducendo allo stesso tempo la misurazione.

### Parte prima: osservazione di un processo naturale, quotidiano

Approfittando di una giornata di pioggia, i bambini hanno osservato un fenomeno naturale: le gocce di pioggia sulla finestra. Poi abbiamo

posto le seguenti domande:

- *Come sono fatte le gocce?*
- *Perché sono sferiche?*
- *Come fanno ad attaccarsi alla finestra?*
- *Perché scendono?*

Poi abbiamo iniziato a scrivere sui nostri quaderni scientifici. Quando i bambini si sono resi conto da soli che le gocce erano sempre rotonde/sferiche, lo hanno scritto nei loro quaderni scientifici. Il quaderno favoriva anche lo sviluppo di altre abilità, come la competenza linguistica in quanto dovevano descrivere il fenomeno osservato.

## ESPERIMENTO 1. CONCETTUALIZZARE LE FORZE: INTRODUZIONE AL CONCETTO DI FORZA - MAGNETE E GRAFFETTA.

L'esperimento consisteva nel mettere un magnete vicino ad una graffetta legata ad un filo e nel tenerlo tra dita, come si vede nella foto. Dopo aver rilasciato la graffetta, essa è stata attratta da un magnete e ha iniziato a muoversi verso di esso e rimanervi attaccata. Se il magnete veniva messo via, la graffetta cadeva al suolo a causa della forza di gravità.

Gli insegnanti hanno chiesto agli studenti quali forze stessero agendo sulla graffetta. Gli studenti hanno dato diverse risposte.

Alcuni hanno dato la risposta corretta, ma altri non sapevano cosa stesse accadendo. La risposta giusta è che agiscono due forze: la gravità e il magnetismo. Entrambe sono forze che agiscono a distanza, dal momento che né

la Terra né il magnete sono in contatto con la graffetta. Al contrario, il filo agisce sulla graffetta per il contatto, proprio come le dita sul filo. Quando la graffetta è ferma, è perché le forze di gravità (peso), l'attrazione magnetica e il filo sono bilanciati, dando un risultato nullo.

Poiché in questo caso si tratta di studenti della scuola primaria, si può arrivare a scoprire che la forza è una grandezza vettoriale che produce movimento (accelerazione) nei corpi. Quando un corpo è a riposo è perché la somma delle forze che agiscono su di esso è nulla.

## **ESPERIMENTO 2. VALUTARE LA CONOSCENZA PREGRESSA: TENERE UNA GOCCIA D'ACQUA TRA L'INDICE E IL POLLICE.**

Ai bambini è stato chiesto di descrivere l'esperimento con parole proprie. In questo modo, abbiamo scoperto il loro livello di conoscenza pregressa e l'esistenza di eventuali preconetti. Queste idee sbagliate devono essere decostruite attraverso metodi sperimentali.

Abbiamo applicato il concetto di forze di contatto ai processi di coesione e di adesione, anche se agli studenti non era ancora stato detto il nome di queste forze, che hanno descritto come:

**Forze di coesione:** le forze che uniscono le parti di un materiale, come ad esempio, una goccia a un'altra goccia

**Forze di adesione:** le forze che agiscono tra due materiali diversi, come quelle che attaccano una goccia d'acqua alla pelle delle dita. Questo si verifica quando mettiamo una goccia d'acqua su un altro materiale.

Descrizione dei risultati sperimentali: i bambini hanno descritto i risultati osservati:

- *La goccia d'acqua si attacca alla pelle delle dita.*
- *La goccia d'acqua non si rompe, ma si comporta come un corpo elastico.*

I nuovi concetti introdotti ai bambini sono stati: la forza di adesione è ciò che agisce tra l'acqua e la pelle. La forza di coesione è quella che si manifesta tra una parte e l'altra dell'acqua.

## **ESPERIMENTO 3. ASSIMILAZIONE DELLE FORZE DI COESIONE E DI ADESIONE**

Gli studenti devono comprendere l'esistenza di due forze che agiscono in direzioni opposte. Quando la goccia si allunga troppo, le forze di adesione che la tengono alle dita sono maggiori di quelle di coesione e la goccia si divide in due. Le due metà sono attaccate alle due dita.

In questo modo stipuliamo le due leggi che governano il comportamento che abbiamo osservato:

**Prima legge:** le gocce d'acqua hanno una tendenza ad attaccarsi alle superfici solide a causa della forza di adesione.

**Seconda legge:** le gocce di pioggia, o le parti di una goccia, tendono ad unirsi attraverso le forze di coesione.

## ESPERIMENTO 4. VALUTARE LA CONOSCENZA ACQUISITA: LA GOCCIA ALL'ESTREMITÀ DEL CONTAGOCCE

Questo esperimento consisteva nel riempire un contagocce con dell'acqua e premere lentamente il bulbo di gomma in modo che si potesse vedere la goccia crescere e allungarsi fino a staccarsi dalla punta del contagocce.

Cosa si può notare? La risposta dei bambini è stata immediata: la goccia cambia forma e dimensione.

Continuiamo ad investigare: succede la stessa cosa con altri liquidi? Perché la goccia cade?

Si tratta di una competizione tra le forze di adesione, che tengono la goccia attaccata al contagocce, e la forza di gravità, che tendono a farla cadere.

## ESPERIMENTO 5. FORZE TRA LA SUPERFICIE DI UN MATERIALE E UN LIQUIDO

Prima dell'esperimento, ai bambini è stata fatta una domanda:

***Da cosa dipendono le forze di coesione e di adesione?***

I bambini hanno dato risposte diverse. Abbiamo verificato che l'entità delle forze di adesione tra un liquido e un solido dipende dal tipo di materiale in questione. Per dimostrarlo, in questo esperimento abbiamo usato una goccia d'acqua e superfici piane di diversi materiali: rame, plastica, lattine, vetri, e così via. I bambini hanno visto che, a seconda di come è fatta

la superficie, la goccia si comporta in modo diverso e acquisisce forme diverse.

## ESPERIMENTO 6. DETERMINARE SEMI- QUANTITATIVAMENTE LA GRANDEZZA DELLE FORZE DI ADESIONE CONFRONTANDOLA CON QUELLA DELLE FORZE DI COESIONE

Questo esperimento consisteva nell'osservare la forma delle gocce e rapportandola all'angolo necessario per inclinare la superficie in modo che le gocce iniziassero a scivolare sotto l'effetto della gravità. Quanto più piatta appare la goccia, tanto più importanti sono le forze di adesione sulla superficie rispetto alle forze di coesione, e tanto più il piano deve essere inclinato perché la goccia cominci a scivolare verso il basso.

## ESPERIMENTO 7. GOCCE D'ACQUA SU UNA MONETA

Gli studenti devono utilizzare le conoscenze acquisite in questo esperimento, usando correttamente le parole (concetti) e applicando le leggi corrispondenti.

L'esperimento consisteva nel mettere una moneta sul tavolo e usare un contagocce per mettere lentamente delle gocce sulla sua superficie. Tutti i bambini dovevano usare lo stesso tipo di moneta (50 centesimi, ad esempio), e lavarle con acqua e sapone prima di cominciare l'esperimento. Utilizzando il contagocce abbiamo messo l'acqua goccia dopo goccia e abbiamo osservato cosa è successo. Intanto abbiamo contato le gocce. Siamo arrivati a un punto in cui l'acqua è diventata molto voluminosa e persino rigonfiata ai bordi senza fuoriuscire.

### **Cosa sta succedendo? Come è possibile?**

Abbiamo usato una lente d'ingrandimento per aiutarci a guardare la forma dell'enorme goccia d'acqua che si era formata sulla parte superiore della moneta. Una volta messa sulla moneta una quantità sufficiente di acqua, l'attenzione dei bambini veniva attirata dalla forma che l'acqua stava acquisendo (alcuni studenti l'avevano già fatto notare). Si stavano accorgendo della forma sferica che l'acqua stava assumendo sulla moneta.

Agli studenti è stato detto di mettere qualche goccia in più. Tutti si sono accovacciati, portando gli occhi all'altezza della tavola per osservare la forma dell'acqua. L'hanno descritta come una goccia molto appiattita. Ad un certo punto, l'acqua si era gonfiata sul bordo della moneta, ma non si era ancora rovesciata. Infine, una volta messe troppe gocce, le forze di coesione tra i bordi della moneta e l'acqua non riuscivano più a sostenere il peso della goccia deformata facendola rovesciare.

Abbiamo usato una lente d'ingrandimento per guardare la forma dell'enorme goccia d'acqua che si era formata sulla parte superiore della moneta.



Figures 1 to 4. Experiment 7.

## ESPERIMENTO 8. UNA NUOVA GRANDEZZA: LA TENSIONE SUPERFICIALE. LA CARTA SUL BICCHIERE D'ACQUA

L'esperimento consisteva nel riempire una tazza di vetro o di plastica trasparente fino in cima e nel mettervi sopra con molta attenzione, una carta di plastica (come una carta di credito o una carta chiave d'albergo) in modo che la superficie superiore non si bagnasse. La metà della carta doveva essere posta all'interno del bicchiere, a contatto con l'acqua, mentre l'altra metà al di fuori della circonferenza del bordo superiore.

L'esperimento consisteva nel mettere sulla parte esterna della carta delle pedine da gioco o delle monete da un euro, e nell'osservare cosa accade alla superficie dell'acqua attaccata alla carta.

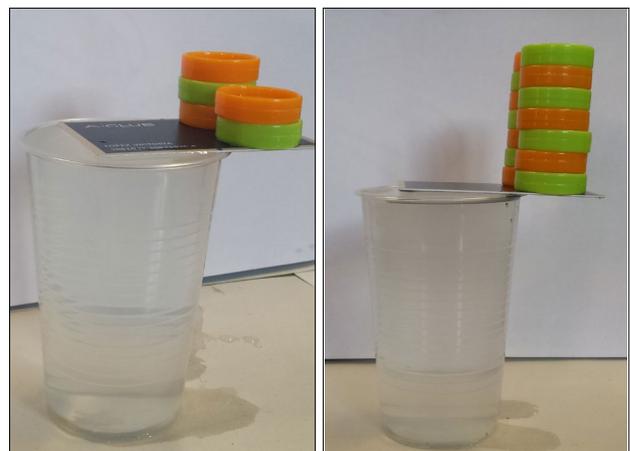
Questo sistema funziona come una bilancia, dove il piatto di pesata è la parte esterna della carta su cui si appoggiano i pesi, mentre l'altra parte della carta rimane attaccata al liquido grazie alle forze di coesione tra la carta e l'acqua.

La superficie dell'acqua si deforma e resiste alla rottura, comportandosi come una superficie elastica, come un trampolino su cui si può saltare.

A questo punto, possiamo dare un nome all'osservazione che i bambini hanno appena fatto. Il comportamento che provoca l'allungamento e la deformazione della superficie come se si trattasse di gomma e che impedisce la sua rottura è noto come tensione superficiale del liquido. È dovuto alla forza di coesione tra le varie parti della superficie del liquido.

Il numero di monete o di pedine necessarie per far cadere la carta e rompere la superficie dell'acqua (in altre parole, vincere la tensione superficiale), ci dà un'idea della sua misura. Contando le monete o le pedine necessarie per superare tale forza, introduciamo una misurazione quantitativa.

In questo modo i bambini sono arrivati ad un modello analogico: l'acqua si comporta come se avesse una sorta di pelle elastica che la circonda; ciò è responsabile del comportamento della sua superficie.



Figures 5 to 8. Experiment 8.

## ESPERIMENTO 9. MISURAZIONE QUANTITATIVA DELLA TENSIONE SUPERFICIALE: LE FORZE TRA LA SUPERFICIE DEL VETRO E LA SUPERFICIE DEL TAVOLO

L'esperimento che segue è la continuazione del precedente. L'idea è quella di misurare la forza in modo più preciso. Abbiamo versato l'acqua su un tavolo in modo da formare una superficie umida molto sottile. Abbiamo posizionato su di essa un vetrino con superfici lisce e dimensioni note.

Poi abbiamo cercato di separare il vetro dal tavolo, notando che era molto difficile, perché tra le due superfici era apparsa una forza che non esisteva quando non c'era l'acqua.

Possiamo misurare la forza tra due superfici piane unite tra loro da un sottile strato d'acqua.

Abbiamo usato un dinamometro (abbiamo colto l'opportunità per introdurre lo strumento per misurare la forza) per determinare la forza per la quale il vetro si era attaccato al tavolo, e immaginare come si era deformata la superficie dell'acqua che li teneva attaccati: in modo simile a come si era deformata la superficie dell'acqua a contatto con la carta di credito nell'esperimento precedente.

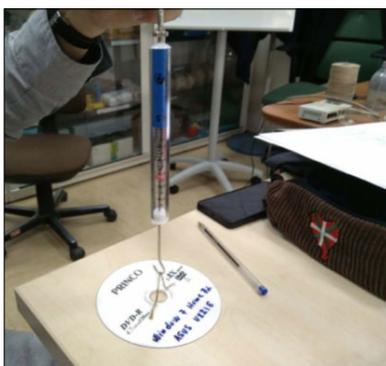


Figure 9 e 10. Esperimento 9.

## PARTE DUE: VALUTAZIONE FINALE. ELABORARE UN MODELLO TEORICO PER SPIEGARE IL COMPORTAMENTO DELL'ACQUA A CONTATTO CON LE SUPERFICI SOLIDE: TEORIA MOLECOLARE

Abbiamo quindi introdotto un modello analogo per aiutarci a comprendere (spiegare) il comportamento della superficie dell'acqua: il modello della pelle elastica.

Abbiamo messo una lattina molto fredda su un piatto e osservato che si era ricoperta con gocce d'acqua che scivolavano giù per la superficie formando una piscina nel piatto.

Era come se l'acqua nell'atmosfera, dall'evaporazione del mare, delle pozze, delle piscine, dei vestiti che asciugavano, dal

nostro respiro, e da migliaia di processi simili arrivasse dall'aria.

Ma non possiamo vedere l'acqua che è nell'aria. Come è possibile? I bambini hanno dovuto ammettere che l'acqua nell'aria dovesse essere sotto forma di gocce così piccole da non poterle vedere. La goccia d'acqua più piccola nell'aria è quella che chiameremo molecola. Possiamo rappresentare queste molecole come vogliamo, per esempio, come palline molto piccole.

Questo ci ha portato a formulare un'ipotesi sotto forma di modello dell'acqua: l'acqua è costituita da piccolissime sfere submicroscopiche che non vediamo ad occhio nudo, che si attraggono (coesione) e sono attratte dalle superfici (adesione).

Era necessario testare il nostro modello teorico e utilizzarlo per cercare di spiegare alcuni dei risultati sperimentali ottenuti nella prima parte.

Per esempio, per farlo in relazione all'esperimento della moneta e della goccia d'acqua, abbiamo usato una superficie (come una scatola capovolta, o un tavolo) e abbiamo identificato ogni studente come una molecola e la scatola come la moneta.

La prima goccia è entrata comodamente nella scatola, così come la seconda e la terza. La quarta goccia ha avuto più difficoltà, ma è stata sostenuta dai suoi compagni. La quinta goccia non è riuscita a salire e, inoltre, ha fatto cadere gli altri.

Questa messa in scena ha introdotto il modello di ciò che accade a livello microscopico sulla moneta quando vi si versa l'acqua.

Agli studenti è stato chiesto di spiegare cosa era successo usando il modello che avevano già. La loro risposta era che le forze di coesione (tra di loro) e di adesione (con la superficie del tavolo) erano entrate in azione. Gli studenti hanno finto di essere molecole d'acqua che si attaccano l'una all'altra (coesione) formando la goccia sulla superficie della moneta fino a quando non c'è una forza più forte (in questo caso il peso della goccia stessa) che fa fuoriuscire l'acqua.

Il modello teorico ha funzionato. Ha aiutato i bambini a immaginare ciò che accade a livello sub-microscopico, e quindi spiega il comportamento del mondo macroscopico che percepiamo con i nostri sensi. Abbiamo provvisoriamente accettato questo come nostro modello scientifico, sul quale continueremo a lavorare.



**Figura 11.** Modello atomico.



---

# TALLINNA ASUNDUSE LASTEAD. ESTONIA

## DALLO ZUCCHERO ALL'ELETTRICITÀ

### 1. INTRODUZIONE DEL COORDINATORE

Le attività svolte dal Centro educativo estone TALLINNA ASUNDUSE LASTEAD si basano su un modello pedagogico che consente agli alunni alle prime fasi dell'istruzione di indagare su alcuni fenomeni naturali. Per farlo, hanno usato l'acqua, essendo un elemento che conoscono già, per scoprire alcune leggi del modello molecolare della materia. Il primo esperimento è stato quello di sciogliere lo zucchero in acqua per dimostrare che anche se lo zucchero si è sciolto non è scomparso, perché possiamo assaggiarlo per verificare che è ancora lì. Il passo successivo è stato osservare un bicchiere d'acqua e zucchero lasciato in classe per alcuni giorni: lo zucchero è rimasto mentre l'acqua no. A queste età, i bambini già sanno che le cose non scompaiono da sole, e finiscono per accettare che l'acqua che era nel bicchiere è andata nell'aria, anche se non l'hanno visto. Questo è il punto d'inizio per scoprire i cambiamenti di stato introduce il concetto di molecola.

Le altre ricerche fatte dai bambini riguardavano i fenomeni elettrostatici. Hanno iniziato con un esperimento molto semplice, strofinando un palloncino e mettendolo vicino ai loro capelli. L'idea era quella di scoprire la comparsa di una forza di attrazione, in altre parole, dell'elettricità, e iniziare il percorso per scoprire le sue leggi. Attraverso questo esperimento gli insegnanti volevano che i bambini scoprissero, ancora una volta, come osservare le cose che i nostri

occhi non vedono. Nel primo caso si trattava delle molecole, nel secondo delle cariche elettriche.

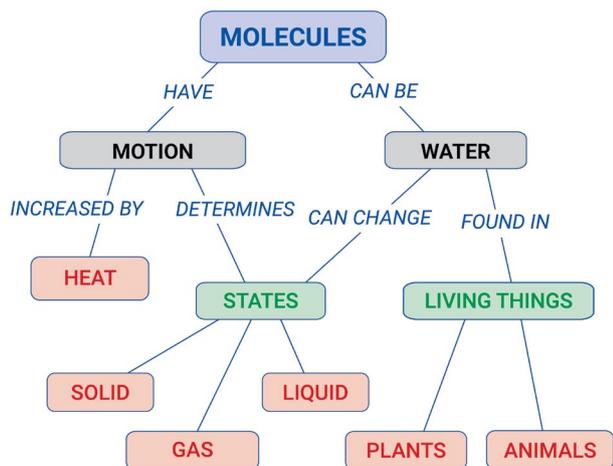
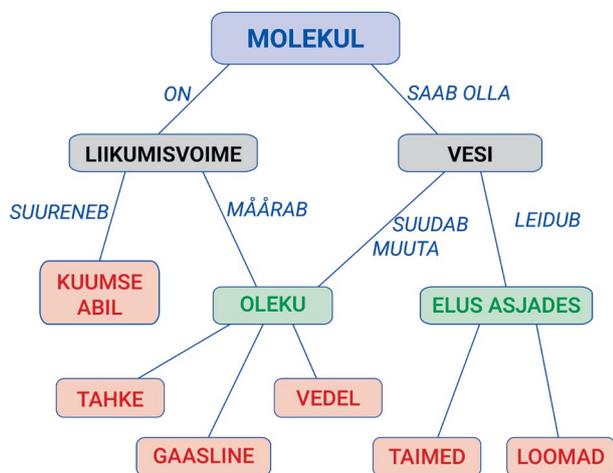
È interessante, in questo lavoro, osservare come i bambini rappresentano le molecole prima di fare la ricerca (come mostri, fiori, e così via), e come lo fanno dopo averla fatta (secondo il modello delle "palline" che si uniscono per formare l'acqua liquida e che si separano quando evaporano). In questo modo, questi bambini tra i 5 e i 7 anni, mostrano di essere in grado di visualizzare cose che non vedono attraverso le rappresentazioni mentali dei modelli che compongono il mondo che li circonda.

### 2. DESCRIZIONE DEL METODO UTILIZZATO NEL PROGETTO DI RICERCA

A partire dagli anni '70, Novak e il suo team di ricerca alla Cornell hanno sviluppato la tecnica del concept mapping come mezzo per rappresentare lo sviluppo delle conoscenze scientifiche degli studenti. Successivamente è stato utilizzato come strumento per aumentare l'apprendimento significativo nelle scienze e in altre materie, oltre a rappresentare la conoscenza esperta di individui e gruppi nei settori dell'istruzione, della pubblica amministrazione e dell'economia.

Ausubel credeva che l'apprendimento di nuove conoscenze si basa su ciò che è già noto.

Cioè, la costruzione della conoscenza inizia con la nostra osservazione e il riconoscimento di fatti e oggetti attraverso concetti che già abbiamo. Impariamo costruendo una rete di concetti e completandoli. Ausubel sottolinea anche l'importanza della ricezione piuttosto che dell'apprendimento tramite la scoperta e dell'apprendimento significativo piuttosto che dell'apprendimento mnemonico nelle scienze e in altre materie così come nelle conoscenze specialistiche di individui e team nei settori dell'istruzione, della pubblica amministrazione e degli affari.



### 3. PROGETTO DI RICERCA

#### 1: DOVE È FINITO LO ZUCCHERO?

##### Descrizione dell'attività

L'esperimento ha avuto luogo presso la scuola dell'infanzia di Tallinn "Asunduse", scuola dell'infanzia per bambini tra i 5 e i 7 anni.

L'esperimento è stato portato avanti dalle insegnanti Eneli e Kristel. In totale hanno partecipato 11 bambini, 6 maschi e 5 femmine.

Risorse utilizzate per l'esperimento di ricerca: zollette di zucchero, acqua calda e fredda, una brocca di vetro, un cucchiaino, bicchieri di plastica, due pacchi di noccioline al polistirolo in 2 colori diversi.

Fonti utilizzate:

1. Murulaid, R., Piirsalu, E., Vacht, P., Vaino, K.; Loodusõpetus 7. klassile; [2016]; Estonia.
2. Available online: <http://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/21#/section/8604>
3. Tännan, M.; Loodusõpetus 7. klassile. Sissejuhatus füüsikasse ja keemiasse; [2010]; Estonia.
4. CSIC Virtual Classroom: <https://www.aulavirtual.csic.es>.
5. CSIC at School: <http://www.csicenlaescuela.csic.es>.

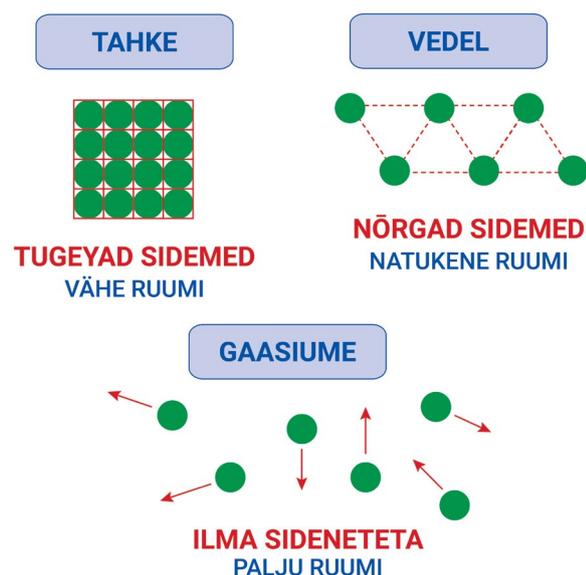
Tutte le discussioni tenute in classe si sono

basate sul metodo socratico. Ciò significa che gli insegnanti pongono ai bambini una serie di domande apparentemente innocenti che in ultima analisi portano chi risponde ad una conclusione logica incompatibile con ciò che dicevano di pensare all'inizio.

In totale, l'esperimento è durato 24 ore tra preparazione, acquisizione del materiale, ricerca, esecuzione dell'esperimento, disegni dei bambini relativi all'esperimento, conclusione.

## Scopo della ricerca

Lo scopo del progetto di ricerca era scoprire cosa sono le molecole, indagare sulla loro natura e arrivare alla teoria molecolare.



## Elaborazione e preparazione delle attività di ricerca

Innanzitutto, gli insegnanti hanno studiato l'argomento. Gli insegnanti hanno preso appunti, si sono consultati, hanno pianificato le attività, cercato i materiali necessari e hanno preparato un piano per l'ordine delle attività.

Il giorno prima dell'esperimento i docenti hanno chiesto ai bambini di cosa pensassero fosse fatto il mondo e quale fosse il ruolo delle molecole. Gli insegnanti hanno chiesto di rappresentarlo con un disegno.

Il giorno dell'esperimento i docenti sono arrivati in classe in anticipo per preparare tutte le risorse necessarie e stimolare i bambini ad iniziare le attività.

I bambini non avevano mai sentito parlare delle molecole. Alcuni hanno pensato che fossero mostri e uno ha pensato che avessero i denti.

## La Natura dell'Indagine Scientifica (NOSI)

**1. Osservazione.** Discussione sul tema *Cosa succede se mettiamo dello zucchero in una brocca piena d'acqua?*

Bambini:

- Lo zucchero si scioglie nell'acqua.
- L'acqua fa sciogliere tutto.
- No, non fa sciogliere tutto. Il tavolo non si scioglie.
- È diverso se lo metti nell'acqua fredda o calda.
- L'acqua diventa dolce. L'acqua diventa una roccia.
- L'acqua fredda non diventa dolce. Ha un sapore diverso.
- Lo zucchero non si perde.

## 2. Sperimentazione

I bambini hanno messo le zollette di zucchero nell'acqua fredda. Un bambino ha mescolato con un cucchiaino. Cosa succede?

Bambini:

- *Quando mescoliamo, dobbiamo mescolare per 50 ore prima che lo zucchero si sciolga.*
- *No, non ci mette così tanto.*
- *Un po' di zucchero già se n'è andato.*



Figures 1 and 2. They put sugar cubes into the water.

I bambini hanno poi aggiunto dell'acqua bollente all'acqua fredda. Un bambino ha mescolato con un cucchiaino. Cosa succede? Bambini:

- *Sono rimasti dei pezzettini.*
- *Io non lo vedo.*
- *Dove è finito?*
- *È evaporato.*
- *Adesso lo zucchero se ne va molto prima.*



Figure 3. We can't see sugar in the water.

### 3. Sintesi dei risultati

Dopo aver fatto l'esperimento e aver guidato i bambini lungo il percorso voluto dagli insegnanti, hanno iniziato un dibattito sul tema: *Molecole- cosa sono? Come si muovono?*

- Una molecola è l'unità più piccola di una sostanza che possiede tutte le proprietà di una sostanza. Infatti, la molecola d'acqua è l'unità più piccola che può ancora essere considerata acqua
- Le molecole d'acqua calda si muovono più velocemente di quelle d'acqua fredda.
- Lo zucchero è meno denso dell'acqua.
- Questo tipo di soluzione liquida è composto da un solute solido, ovvero lo zucchero,

e un solvente liquido, ovvero l'acqua. Diffondendosi le molecole di zucchero uniformemente dentro l'acqua, lo zucchero si dissolve.

### ***Come si muovono le molecole nell'acqua o nello zucchero?***

Scopriamolo! La ricerca è continuata... Come appaiono le molecole se aggiungiamo dello zucchero in una brocca piena d'acqua?

### 4. Ipotesi

Bambini:

- *Lo zucchero è ancora nell'acqua*
- *Un bambino non aveva idea di cosa potesse essere accaduto.*



Figure 4. Solid (like a sugar cube).



Figure 5. Liquid (like water).



Figura 6. Sugar



Figura 7. Tasting the water.

## 5. Testare l'ipotesi in laboratorio

Come facciamo ad essere sicuri che lo zucchero sia ancora nell'acqua? Odoriamolo e assaggiamolo!

***I bambini hanno odorato l'acqua senza niente. Che odore ha?***

- *Odora di acqua.*
- *Ha un odore normale.*

***I bambini hanno assaggiato l'acqua. Che sapore ha?***

Bambini:

- Non sa di niente.
- Mi piace il suo sapore.
- Non ha nessun sapore.
- L'acqua ha il suo normale sapore.

***I bambini hanno odorato l'acqua con lo zucchero. Che odore ha?***

Bambini:

- Continua a non avere odore.
- Non è cambiato niente.

***I bambini hanno assaggiato l'acqua con lo zucchero. Che sapore ha?***

Bambini:

- È molto dolce.
- È troppo dolce.
- Lo zucchero c'è ancora.

## 6. Spiegazione dell'ipotesi

I bambini hanno dato una serie di spiegazioni sul perché lo zucchero non fosse sparito, cosa



Figura 8.

che avevano già dimostrato assaggiando l'acqua:

- Lo zucchero cambia da solido a liquido.
- Le zollette di zucchero si sono spezzate.
- Lo zucchero si è sciolto ed è salito in superficie.
- Lo zucchero è rimasto nell'acqua.
- Le particelle di zucchero sono così piccolo che non possiamo vederlo.

### **Valutazione finale dell'attività**

Per controllare se lo zucchero fosse dentro

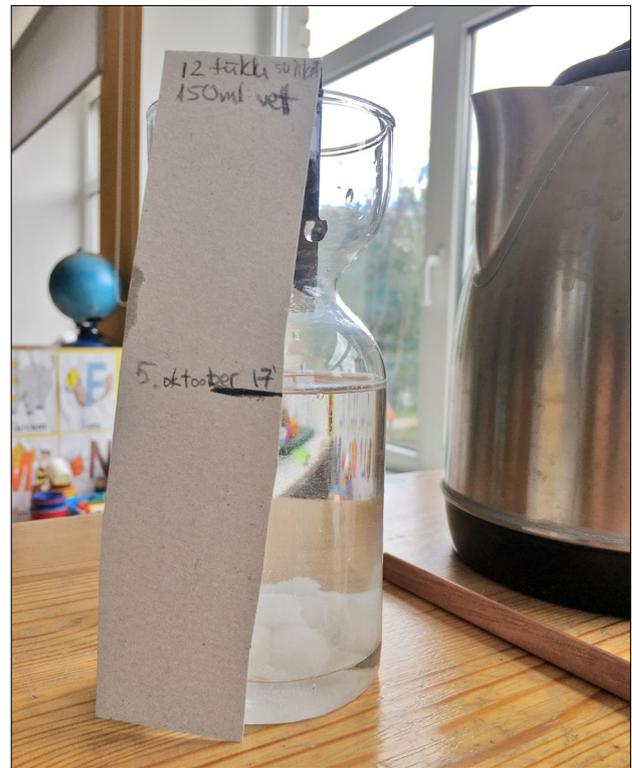


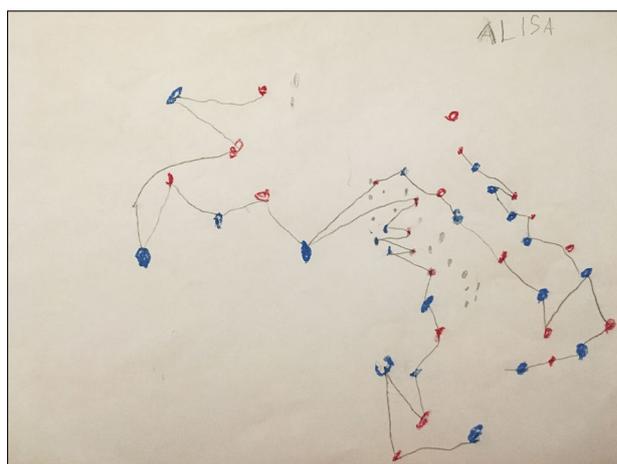
Figura 9.

l'acqua o no, abbiamo lasciato una brocca contenente 150 ml d'acqua e 12 zollette di zucchero su uno scaffale.

I bambini hanno visto evaporare l'acqua dentro il vaso giorno dopo giorno, e hanno aspettato il risultato finale.

Il giorno dopo l'esperimento, i docenti hanno chiesto ai bambini di cosa, secondo loro, fosse fatto il mondo, e quale fosse il ruolo delle molecole. I docenti hanno chiesto ai bambini di fare dei disegni sulle loro idee.

5 bambini sono venuti a scuola tutti i giorni in cui ha avuto luogo l'esperimento (il primo giorno hanno fatto un disegno prima di aver iniziato ad imparare, il secondo giorno hanno partecipato all'esperimento, il terzo giorno hanno fatto un disegno dopo aver acquisito nuove conoscenze



Figures 10 and 11. Drawing of experiment and molecules by students.

sull'argomento).

I bambini hanno capito che le molecole sono molto piccole -così piccole che non possiamo vederle ad occhio nudo.

Infine, sono arrivati al modello molecolare.

## 4. PROGETTO DI RICERCA 2: ALLA SCOPERTA DELL'ELETTRICITÀ STATICA

### Scopo della ricerca

Lo scopo del progetto di ricerca era che i bambini scoprissero, sperimentando, l'elettricità statica.

### Descrizione dell'attività

Risorse: palloncini, etichette (segni +e -).

In totale l'esperimento è durato 24 ore tra preparazione, acquisizione del materiale, ricerca, esecuzione dell'esperimento, disegni dei bambini relativi all'esperimento, conclusione.

L'esperimento è stato condotto nella scuola dell'infanzia "Asunduse" a Tallinn, una scuola dell'infanzia per bambini tra i 5 e i 7 anni. L'esperimento è stato portato avanti dalle insegnanti Eneli & Kristel. In totale hanno partecipato 13 bambini, 8 maschi e 5 femmine.

Come nei progetti precedenti, in tutte le discussioni è stato usato il metodo socratico.

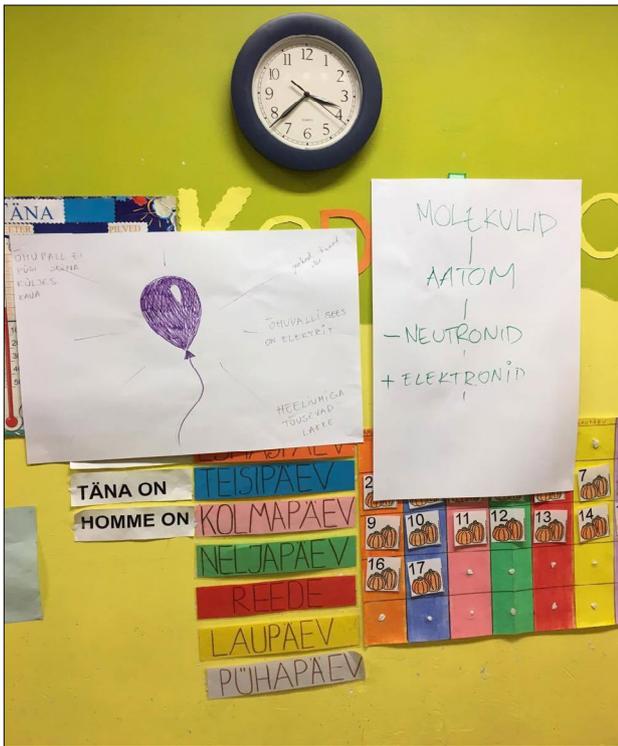
[http://failid.koolibri.ee/koduleht/lehitseja/fysika\\_9\\_1/files/assets/basic-html/page4.html](http://failid.koolibri.ee/koduleht/lehitseja/fysika_9_1/files/assets/basic-html/page4.html)

### Elaborazione e preparazione delle attività di ricerca

Innanzitutto, gli insegnanti hanno studiato l'argomento. Gli insegnanti hanno preso appunti, si sono consultati, hanno pianificato le attività, cercato i materiali necessari e hanno preparato un piano per l'ordine delle attività

Il giorno prima dell'esperimento, gli insegnanti hanno chiesto ai bambini cosa accadrebbe strofinandosi un palloncino sui capelli. Gli insegnanti hanno chiesto ai bambini di fare un disegno sulle loro idee.

Il giorno dell'esperimento i docenti sono arrivati in classe in anticipo per preparare tutte le risorse



Figures 12 to 14.

necessarie e stimolare i bambini ad iniziare le attività.

Grazie all'esperienza dello zucchero fatto in precedenza, i bambini si ricordavano qualcosa riguardo alle molecole e il loro ruolo.

## La Natura dell'Indagine Scientifica (NOSI)

### 1. Osservazione

Discussione sul tema: cosa succede strofinandosi un palloncino sui capelli?

In questa attività i bambini scoprono che agisce una forza tra il palloncino e i nostri capelli. Questa forza, che è elettrica, fa sì che i bambini comincino a parlare del perché i materiali sono attratti l'uno dall'altro quando ne strofiniamo uno.

### 2. Sperimentazione

Per studiare questo fenomeno abbiamo fatto una serie di esperimenti che ci hanno aiutato a scoprire le leggi dell'elettricità.

In classe abbiamo commentato il fatto che questa forza di attrazione tra il palloncino e i capelli appare perché c'è un'altra forza, ed è per questo che si attraggono (introduzione un nuovo concetto: attrazione).

### 3. Inizia la ricerca. Ipotesi e verifica

Abbiamo iniziato a indagare: ogni bambino ha ricevuto un'etichetta con un segno su cui sperimentare, e per iniziare a concettualizzare l'idea di cariche positive e negative e la loro rappresentazione utilizzando i segni + (positivo) e - (negativo). Hanno recitato fingendo che i bambini con segni diversi fossero attratti l'uno dall'altro e quelli con lo stesso segno si

respingessero a vicenda.

Poi i bambini hanno avvicinato il palloncino al muro e scoperto che rimaneva "attaccato".

I bambini hanno commentato:

- *I capelli si alzano verso il palloncino.*
- *C'è un po' di elettricità dentro al palloncino.*
- *Aria*
- *Perché mi si stanno sporcando i capelli?*
- *Come fa l'elettricità a entrare nel palloncino?*

Dopo averne discusso in classe, siamo arrivati a delle conclusioni: le cariche dello stesso segno si respingono e le cariche di segni diversi si attraggono. In questo modo è semplice scoprire le leggi dell'elettricità.



Figure da 15 a 17.

#### 4. Valutazione finale dell'attività

Abbiamo chiesto ai bambini di continuare a sperimentare a casa. Dovevano fare altri esperimenti elettrostatici in cui potevano vedere gli stessi fenomeni che avevano già osservato.

Abbiamo chiesto loro di strofinare di nuovo un palloncino, ma questa volta mettendolo vicino a un flusso d'acqua. Abbiamo concluso che l'acqua era attratta dal palloncino.

I bambini sono venuti a scuola dopo l'esperimento a casa e hanno descritto quello che era successo. Alcuni di loro ci hanno chiesto "Perché? "Ma come fa l'acqua a zigzagare? Altri hanno notato che la stessa cosa è successa con il palloncino e i loro capelli.

In totale 6 bambini sono venuti a scuola tutti i giorni in cui ha avuto luogo l'esperimento (il primo giorno hanno fatto un disegno prima di aver iniziato ad imparare, il secondo giorno hanno partecipato all'esperimento, il terzo giorno hanno fatto un disegno dopo aver acquisito nuove conoscenze sull'argomento).

Infine, abbiamo concluso che i bambini hanno imparato che:

1. Vi sono diverse cariche elettriche che obbediscono a diverse leggi.
2. Queste cariche fanno parte di un mondo che i nostri occhi non possono vedere.
3. In ogni caso, per capire l'esperimento del palloncino e il flusso d'acqua, bisogna continuare a indagare, perché devono scoprire che le molecole d'acqua sono polari, ovvero possiedono cariche positive e negative.

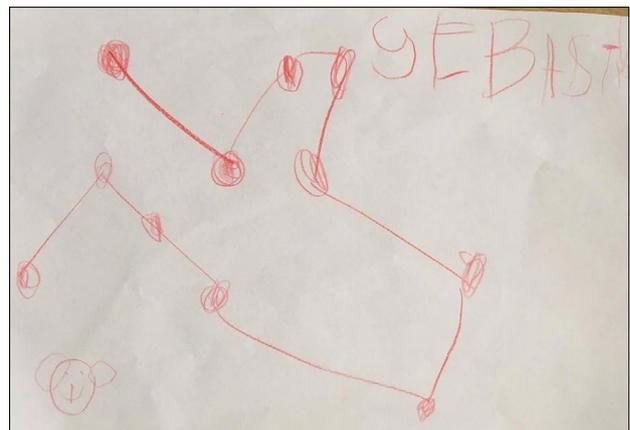


Figure da 18 a 20.



