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

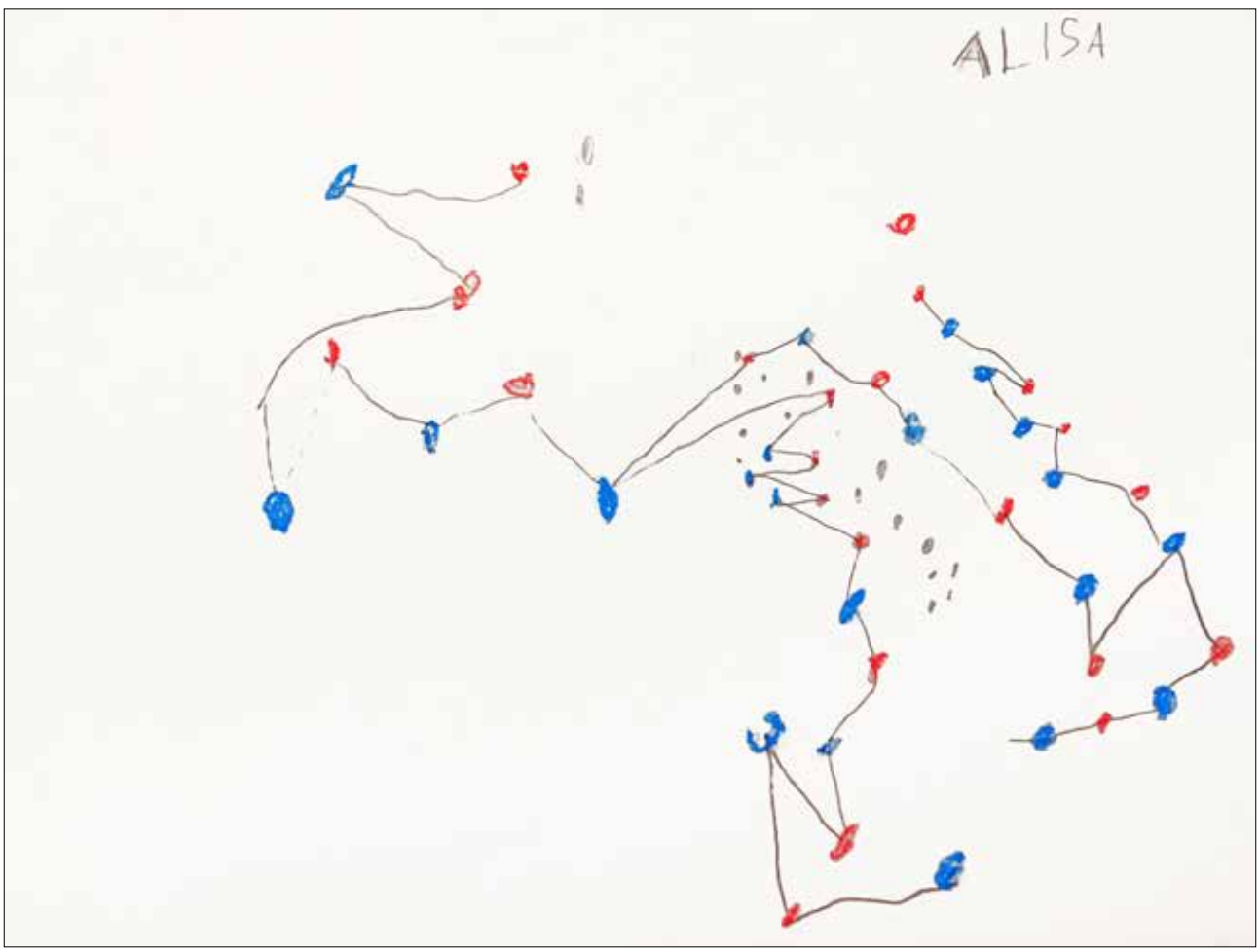
Wiedza naukowa w przedszkolu i szkole: Dociekania na temat *Z czego zrobiony jest świat?*

Wiedza naukowa w przedszkolu i szkole: doskonalenie strategii i tworzenie nowych praktyk nauczania przedmiotów ścisłych i przyrodniczych na wczesnych etapach edukacji (SciLit)

2016 -1- ES01- KA201- 025282

Wsparcie Komisji Europejskiej przy tworzeniu tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, która odzwierciedla jedynie poglądy samych autorów. Komisja nie ponosi odpowiedzialności za jakiekolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

Kiedy uczniowie uświadomią sobie, jak zrozumieć zjawiska naukowe za pomocą modeli myślowych, jak wykorzystać te modele w objaśnianiu nowych zjawisk, a także jak ciekawe i przyjemne mogą być badania naukowe, wówczas możemy uznać, że posiedli to, co nazywamy myśleniem naukowym.



Oddziaływania pomiędzy cząsteczkami wody oczami pięcioletniego dziecka.

ISBN: 978-84-09-02386-8

Wiedza naukowa w przedszkolu i szkole: doskonalenie strategii i tworzenie nowych praktyk nauczania przedmiotów na wczesnych etapach edukacji (SciLit).

ISBN: 978-84-09-02470-4

Wiedza naukowa w przedszkolu i szkole. Dociekania na temat: Z czego zrobiony jest świat?

http://www.csicenlaescuela.csic.es/scilit/scilit.html

Główny koordynator projektu

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

M.ª JOSÉ GÓMEZ DÍAZ (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)

Partnerzy koordynujący:

El CSIC en la Escuela (CSIC)
Hiszpania
José Mª López Sancho
Mª José Gómez Díaz
Salomé Cejudo Rodríguez
María Ruiz del Árbol Moro
Esteban Moreno Gómez
Mª Carmen Refolio Refolio
Pilar López Sancho
Irene Cuesta Mayor
Martín Martínez Ripoll

Partnerzy uczestniczący:

CPR Gijón-Oriente Gijón, Hiszpania
Juan José Lera González
Jorge Antuña Rodríguez

KPCEN Bydgoszcz, Polska
Justyna Adamska
Krystyna Karpińska
Mariola Cyganek
Grażyna Szczepańczyk
Jan Szczepańczyk

Kedainiu lopselis-darzelis Zilvitis
Litwa
Regina Jasinskiene
Ina Gustienė
Gitana Juodienė
Agnė Milašienė

CESIE Palermo, Włochy
Ruta Grigaliūnaitė
Rita Quisillo

Colegio San Francisco
Pampeluna, Navarra, Hiszpania
Mª Ángeles Azanza Ezkurra
David Castrillo Pérez
Aitziber Escubi Encaje
Victoria López Gimeno
Victoria López Martiarena

Tallinna Asunduse Lasteaed
Estonia
Siiri Kliss
Eneli Kajak
Kristel Kukk
Julia Bondar
Annela Ojaste

Przedszkole nr 34 «Mali odkrywcy»
Bydgoszcz, Polska
Ewa Tomasik
Beata Zawada
Anna Widajewicz
Barbara Krakowska

Przy współudziale
Isabel Gómez Caridad
Alfredo Martínez Sanz

Spis treści

WSTĘP ... 9

- Opis projektu: *Z czego zrobiony jest świat?* ... 12
- Wiedza naukowa dla nauczycieli ... 12

CZĘŚĆ PIERWSZA. OPIS NAUKOWY PRZEWODNIKA ... 15

1. Część pierwsza: Oddziaływania międzycząsteczkowe ... 17
   - 1.1. Codzienne sytuacje ... 17
   - 1.2. Eksperymenty ... 17
   - 1.3. Czas wprowadzić pojęcie siły ... 19
     - Powstawanie kropli ... 21
     - Budujemy model kropli ... 21
     - Rozszerzenie modelu lepkiej i sprężystej skóry do wyjaśnienia innych obserwacji: proces asymilacji ... 22
   - 1.4. Opis modelu wody: Wiedza i kompetencje ... 24
     - Nabywanie niezbędnych kompetencji w stosowaniu naszego modelu ... 25
   - 1.5. Przejście od koncepcji do wielkości: pomiary ... 26
   - 1.6. Ograniczenia *modelu skóry* ... 28
   - 1.7. Rozważania na temat hipotez, modeli i teorii ... 30
   - 1.8. Natura oddziaływań międzycząsteczkowych ... 31

2. Część druga: Rzut oka na historię badań nad elektrostatyką ... 33
   - 2.1. Narodziny nauki ... 33
   - 2.2. Leucyp z Miletu i powód istnienia nauki ... 34
   - 2.3. Renesans zachodniego świata ... 36
   - 2.4. Francis Bacon wynajduje metodę uprawiania nauki ... 37
     - Węzeł pierwszy. Odkrycie sił odpychania ... 38
     - Węzeł drugi. Odkrycia Stephena Graya i Johna Desaguliers ... 38
       - Wszystkie materiały można naelektryzować ... 38
       - Metale przewodzą elektryczność, a izolatory nie ... 39
       - Ludzkie ciało przewodzi elektryczność ... 39
     - Węzeł trzeci: dzięki du Fay ... 40
       - Istnieją dwa rodzaje elektryczności ... 40
       - Szereg trybologiczny ... 41
     - Węzeł czwarty. Obserwacje wyładowań elektrycznych Benjamina Franklina ... 42
   - 2.5. Elektryczność w połowie XVIII wieku ... 43

A. Polaryzacja przez indukcję ... 43
B. Dlaczego naelektryzowany pręt przyciąga nienaładowany przedmiot? ... 44
C. Analiza eksperymentu Cabeo przy pomocy praw elektrostatyki ... 44

3. Część trzecia: Elektromagnetyczny charakter oddziaływań międzycząsteczkowych ... 45
3.1 Rozważania: Piagetowska struktura historii a dydaktyczna organizacja wiedzy ... 48
3.2 Co wyjaśniają prawa? ... 49

4. Wnioski ... 50

CZĘŚĆ DRUGA. ZE SZKOLENIA DO SALI LEKCYJNEJ: ZASTOSOWANIA PRAKTYCZNE ... 51

Wstęp ... 53

Część 1. Szablon do wykorzystania w dokumentacji wszelkich zajęć lekcyjnych ... 55

Część 2. Wyniki i wnioski z zajęć przedstawione zgodnie z założeniami ogólnymi ... 57

Część 3. Badania przeprowadzone przez naszych partnerów ... 59
- Ośrodek doskonalenia nauczycieli Gijón-Oriente. Odkrywanie praw elektrostatyki ... 61
- Przedszkole Kedainiu Lopselis-Darzelis „Zilvitis". Parowanie i kondensacja: obieg wody ... 67
- KPCEN, Bydgoszcz, CSIC at School, Hiszpania. Z czego zrobiony jest świat? ... 77
- Przedszkole nr 34 «Mali odkrywcy», Bydgoszcz. Odkrywanie sił adhezji i kohezji ... 93
- Szkoła Publiczna San Francisco (Pampeluna, Hiszpania). Odkrywanie sił adhezji i kohezji ... 103
- Przedszkole Asunduse Lasteaed (Tallinn, Estonia). Od cukru do elektryczności ... 113

WSTĘP

WSTĘP

Niniejszy przewodnik powstał dzięki wspólnej pracy naukowców i pedagogów CSIC z Estonii, Litwy, Polski, Włoch i Hiszpanii, którzy stworzyli sieć stałej komunikacji, w celu wdrożenia innowacyjnych praktyk nauczania przedmiotów ścisłych na wczesnych etapach edukacji. Sukces tej współpracy wynika prawdopodobnie z tego, jak bardzo ludzi pociąga odkrywanie i pokazywanie świeżo zdobytej wiedzy, a także wykorzystanie tego, co odkryli w nauczaniu innych: to esencja naszej natury, szczególnie w dzieciństwie. Rzeczywiście, nauczyciele i naukowcy odczuwają ten pociąg najsilniej, dlatego mamy szczęście, że są z nami na pokładzie przy realizacji tego projektu.

Wszyscy jesteśmy poruszeni widząc, jak młodzi chłopcy i dziewczęta, w wieku czterech czy pięciu lat, odkrywają, że woda przemieszcza się niewidzialnie w powietrzu, by stać się widoczna, gdy skrapla się na zimnej szybie okna. Dzieci bez wysiłku przyswajają to, że forma, w której woda występuje, z konieczności bardzo mała, nazywa się cząsteczką.

W pracy uwzględniliśmy kryteria różnorodności w edukacji, w tym kwestie płci i różnic kulturowych, a także rozwój krytycznej postawy dzieci w nauce.

Nauczenie się uprawiania nauki w wielu przypadkach obejmuje przyswojenie kultury. Natura metody naukowej odróżnia ją od innych dyscyplin, ponieważ opiera się na niezależności kryteriów i kreatywności; nauka ma własny sposób patrzenia na świat, a także określone wartości, procedury i język. Z tego powodu coraz częściej konieczne jest uwspółcześnianie szkolenia naukowego kadry nauczycielskiej i wprowadzanie innowacyjnych metod edukacyjnych. Nauczanie przedmiotów naukowych na wczesnych etapach edukacji ma zasadnicze znaczenie dla późniejszych badań, jeśli za pomocą pracy eksperymentalnej zostanie wypracowana odpowiednia metoda.

Wdrażanie innowacyjnych praktyk w centrach szkoleniowych uczestniczących w projekcie Erasmus+ opierało się na trzech kluczowych elementach:

A. *Naukowe szkolenie nauczycieli przez CSICat School*, zapewniające niezbędną podbudowę, która pomoże im wprowadzać innowacyjne praktyki w salach lekcyjnych.

B. *Badanie procesów uczenia się*, umożliwiające analizę tego, jak uczniowie szkół podstawowych i przedszkoli analizują i reprezentują w umysłach przyrodę. Nauczanie w przedszkolu i szkole podstawowej wymaga dokładnej znajomości sekwencji etapów poznawczych. Dlatego zaprojektowano proste eksperymenty dostosowane do tych etapów. Pokazują one w jaki sposób proces dociekania prowadzi do odkrycia praw, teorii i modeli zjawisk, które możemy obserwować w codziennym życiu, takich jak parowanie wody z ubrań wywieszonych do wyschnięcia, czy pojawianie się wody na powierzchni bardzo zimnej puszki.

C. Przewodnik niniejszy powstał w toku procesu szkoleniowego i badawczego, jako narzędzie dla nauczycieli w krajach partnerskich. Przedstawia on naukę, jako metodę rozwią-

zywania problemów, która ułatwia ogólny rozwój uczniów, będąc jednocześnie kluczowym elementem wiedzy naukowej ogółu społeczeństwa.

Opis projektu: *Z czego zrobiony jest świat?*

Udało nam się już zbadać zdolność dzieci do wizualizacji świata, którego nie są w stanie zobaczyć na własne oczy, dlatego wszystkie opisane niżej zajęcia skupiają się na różnicy między zjawiskami makroskopowymi i mikroskopowymi. Odkrywamy jak działa świat i z czego jest zrobiony. Innymi słowy, wyruszamy w podróż poprzez materię, która jawi się nam w stanie stałym, ciekłym, gazowym, a także w postaci plazmy.

W swoim badaniu uczniowie dowiadują się, z czego jest zrobiona woda, jakie siły działają, gdy kropla przykleja się do innej substancji, co dzieje się podczas parowania, i jak spinacz opiera się na powierzchni wody, a w ten prosty sposób odkrywają, że świat składa się z atomów, cząsteczek i kryształów, których nie jesteśmy w stanie dostrzec, lecz są one prawdziwe, i trzeba zrozumieć jak działają.

Wiedza naukowa dla nauczycieli

Rozważania wstępne.

Wybierając wodę na nasze studium przypadku, prowadząc proste eksperymenty i zadając odpowiednie pytania, uczniowie zaczynają uświadamiać sobie wielkości fizyczne, które determinują sprężystość i adhezję cieczy i mogą opracować model sprężystej powierzchni, który wyjaśni te zachowania.

Nasz przewodnik zawiera opis szkolenia adresowanego do nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej, poświęconego oddziaływaniom międzycząsteczkowym, które w znacznej mierze odpowiadają za wygląd i właściwości mechaniczne materiałów.

Opisana niżej wiedza naukowa została podzielona na trzy części:

1. Właściwości fizyczne wody, wynikających z oddziaływań międzycząsteczkowych. Wykorzystujemy tu technikę zadawania pytań (*dociekanie*), aby pokazać, jak badacze prowadzą eksperymenty i jak budują swój zasób wiedzy. W ramach zastosowanej techniki musimy podać powód określonego zachowania się powierzchni wody, a także zmiany jej stanu skupienia. Problemy te rozwiązujemy używając molekularnego modelu materii, w którym cząsteczki wody reprezentujemy jako niedostrzegalne pod mikroskopem sfery sprężyste i postulujemy oddziaływania międzycząsteczkowe, których natura jest początkowo nieznana. Wkrótce odkrywamy, że siły te mają charakter elektryczny, i zmuszeni jesteśmy zboczyć z naszej drogi i zrobić szybki objazd przez historię badań nad elektrycznością.

2. Zwięłe omówienie historii badań nad elektrycznością w związku z teorią molekularną, ponieważ pomaga ona wyjaśnić siły Van der Waalsa odpowiedzialne za badane zjawiska. Idziemy tą drogą, aby nauczyciele uświadomili sobie różnicę między zwykłym wyliczaniem faktów historycznych, a konstruktywistyczną interpretacją historii nauki.

3. Wykorzystanie praw fizyki dotyczących elektryczności do wyjaśnienia natury oddziaływań międzycząsteczkowych. Podchodzimy do tej części z perspektywy naukowca z XXI wieku, który studiuje historię nauki z poprzednich stuleci. Obecna wiedza

pozwala badaczom interpretować odkrycia dokonane w historii zgodnie z aktualnymi modelami i teoriami.

Przypomina to sytuacje samych nauczycieli w klasach, ponieważ muszą oni poprowadzić uczniów po konstruktywistycznej ścieżce, wychodząc z pozycji bardzo zaawansowanej zarówno pod względem wiedzy, jak i panoramicznej perspektywy obejmującej to, jak tę wiedzę budowano. W ten sposób, gdy uczniowie zrozumieją prawa oddziaływań pomiędzy ładunkami, i poprzez modyfikację sferycznego modelu cząsteczek, możemy jakościowo wyjaśnić wyniki przeprowadzonych eksperymentów.

Ponadto, przewodnik ten pokazuje, w jaki sposób nauczyciele z różnych krajów stosowali tę metodę prowadzenia zajęć swoich klasach, gdy tylko przebyli niezbędne szkolenie.

Podsumowując, niniejszy przewodnik ma być użytecznym narzędziem, które pomoże każdemu nauczycielowi na wczesnych etapach edukacji wprowadzić nauki ścisłe i przyrodnicze na swoje zajęcia.

Partnerzy projektu Erasmus+ SciLit.

CZĘŚĆ PIERWSZA

OPIS NAUKOWY PRZEWODNIKA

I. CZĘŚĆ PIERWSZA: ODDZIAŁYWANIA MIĘDZYCZĄSTECZKOWE

Większość zjawisk, przemian, czy ogólnie mówiąc zachowań materiałów w codziennym życiu uczniów wynika z oddziaływań międzycząsteczkowych, których charakter jest, jak się niebawem okaże, elektryczny.

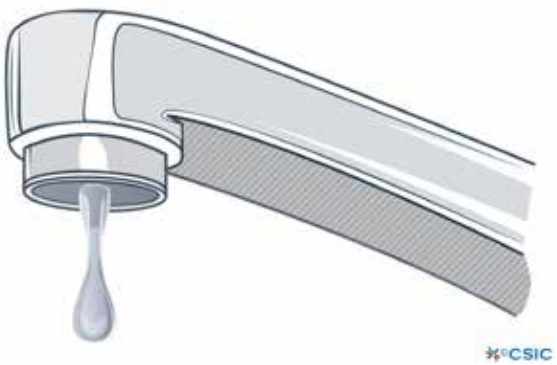
Aby lepiej zrozumieć te siły, opracowaliśmy ścieżkę nauczania, która rozpoczyna się od obserwacji właściwości sprężystych i adhezyjnych wody w kontakcie z powierzchniami ciał stałych. W oparciu o wyniki eksperymentów i na podstawie występowania materii w trzech stanach skupienia (stałym, ciekłym, gazowym), spróbujemy wyobrazić sobie model, który wyjaśni jak ta sama substancja może występować w trzech postaciach o tak różnych właściwościach fizycznych. Aby to stwierdzić, wybierzemy jako nasze *studium przypadku* wodę, ponieważ jest to jedyna łatwo dostępna substancja, która występuje w tych trzech stanach skupienia w temperaturze pokojowej.

1.1. CODZIENNE SYTUACJE

Pierwszym krokiem w naszym podejściu do projektu badawczego na tym poziomie będzie, rzecz jasna, obserwacja zjawisk naturalnych. Tu powinniśmy skupić się na niezliczonych przykładach powstawania kropli, jakie można znaleźć zarówno w klasie, jak i w naszym otoczeniu (fot. 1 i 2). Prosimy uczniów o opisanie w swoich zeszytach laboratoryjnych zaobserwowanych zjawisk związanych z kroplami wody, dodając komentarze i wskazując fakty, które uznają za najciekawsze.

W oparciu o notatki w zeszytach laboratoryjnych, każdy uczeń powinien móc wyjaśnić własnymi słowami, co przedstawił na swoich rysunkach. Rozmowy te dostarczą też informacji na

Fot. 1. Krople wody na liściu.



Fot. 2. Kropla wody z kranu.

temat pojęć, którymi posługują się uczniowie, ich wstępnych koncepcji i tego, na czym skupiają zainteresowanie patrząc na świat.

Istotne koncepcje, o których tu mówimy, to skłonność wody do przylegania do ciał stałych, z którymi się styka, fakt, że krople stawiają pewien opór przy ich rozdzielaniu, kształt, jaki przyjmuje woda, a także rola ciężaru kropli wody w procesie jej oddzielania się.

1.2. EKSPERYMENTY

Po dokładnym zbadaniu zjawisk naturalnych naukowcy projektują eksperymenty, które następnie przeprowadzają w laboratoriach, aby przyjrzeć się bliżej interesującym ich zjawiskom. Aby to zrobić, muszą wyeliminować z procesu eksperymen-

talnego wszelkie elementy nieistotne i tak wykorzystać aparaturę badawczą aby móc modyfikować kontrolowane przez siebie parametry.

Pierwszy eksperyment, który przeprowadzimy, polega na zbadaniu co się dzieje gdy trzymamy niewielką ilość wody między palcem wskazującym i kciukiem (fot. 3). Ten eksperyment pozwala *poczuć* sprężystość wody. Mamy możliwość porównać tendencję wody do przylegania do palców z jej skłonnością do pozostawania razem. Pierwszą z tych własności nazwiemy **adhezją**, a drugą **kohezją**.

Fot. 3. Kropla wody między palcem wskazującym i kciukiem.

Pierwszą myślą jest pytanie: czy obserwowane tendencje zależą od natury cieczy i ciał stałych wchodzących z nimi w kontakt? Uczniowie szybko zasugerują, zależnie od wieku, odpowiednie do zbadania tego eksperymenty: użycie rękawic z różnych niechłonnych materiałów z różnymi cieczami, np. olejem, słoną wodą, płynem do mycia naczyń, itd. (nigdy jednak, rzecz jasna, z cieczami łatwopalnymi).

Następnie możemy przyjrzeć się procesowi powstawania kropli w zwolnionym tempie, z użyciem plastikowego zakraplacza bądź plastikowej strzykawki bez igły (fot. 4). Przy odrobinie zręczności, będziemy w stanie precyzyjnie określić moment oddzielenia się kropli, a jeżeli użyjemy tej samej cieczy, co w poprzednim eksperymencie, tym lepiej zrozumiemy jak istotne jest to zjawisko dla całego procesu.

Dlaczego różne strzykawki i zakraplacze dają krople różnej wielkości? Aby określić ilościowo rozmiar kropli, możemy zważyć bądź zmierzyć objętość wystarczającej ich liczby — na przykład dwustu.

Fot. 4. Zakraplacz.

Aby jeszcze lepiej *uchwycić* działanie natury i zmusić ją by ujawniła swoje tajemnice, możemy zbudować równie pochyłe z różnych materiałów i określić kąty nachyleń, pod którymi krople zaczynają spływać w dół.

Bardzo ciekawe jest powtarzanie tych eksperymentów na powierzchniach z folii aluminiowej, bądź folii spożywczej (przejrzysty polietylen), papieru woskowanego, olejowanego, itp. Pokaże to, jak duże znaczenie ma zarówno sama ciecz, jak i sama powierzchnia stała, po której ciecz ścieka (Fot. 5 i 6). Powinniśmy badać te procesy i uważnie notować wyniki w zeszytach laboratoryjnych.

Szczególnie istotne pytanie do omówienia w klasie brzmi: czy kąt nachylenia, pod którym kropla zaczyna spływać zależy od rozmiaru kropli, czy też nie? To

Fot. 5 i 6. Krople wody na różnych materiałach pod różnymi kątami nachylenia.

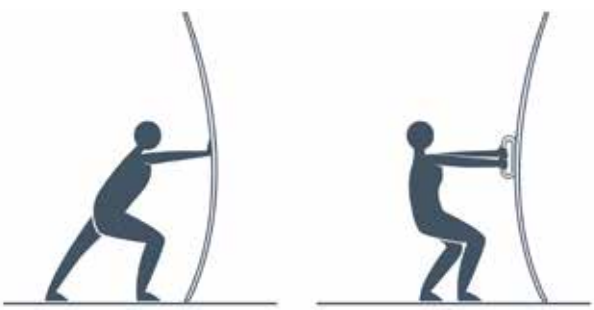
ważna kwestia, a żeby poznać odpowiedź, będziemy musieli przeprowadzić serię eksperymentów, wykorzystując wiedzę zdobytą przy tworzeniu kropel za pomocą strzykawek. Zawsze możemy umieścić kroplę powstałą z dwóch, czy nawet trzech kropel z danego zakraplacza na płaskiej powierzchni, ponieważ z uwagi na kohezję krople mają tendencję do zlewania się w jedną. Obserwacja ta powinna być skierowana do uczniów szkoły podstawowej, którzy poznali pojęcie kąta.

1.3. CZAS WPROWADZIĆ POJĘCIE SIŁY

Aby zrozumieć zjawiska zachodzące między cieczami a ciałami stałymi, niezbędne jest wykorzystanie pojęcia siły. Wbrew pozorom, pojęcie siły odpowiada poziomowi abstrakcji wyższemu niż pozostałe, dotychczas używane przez nas pojęcia.

Zdajemy sobie już sprawę, że definiowanie pojęć jest zadaniem praktycznie niemożliwym. Pojęcia formują się w umyśle w drodze słabo dotąd poznanych procesów konceptualizacji, do których istoty ludzkie są szczególnie dobrze przystosowane. Gdy uczymy się mówić, w rzeczywistości łączymy pojęcie (PIES, KOT, CZŁOWIEK, BRAT, BRAĆ, PRZYNIEŚĆ, ŁADNY, BRZYDKI, itd.) z jakimś słowem w ten sposób, że kiedy słyszymy bądź czytamy to słowo, przywodzi nam ono na myśl powiązane pojęcie. Skojarzenie dźwięku albo słowa pisanego (czy też dowolnego innego symbolu) z pojęciem nazywamy właśnie znaczeniem (Fot. 7).

Fot. 7. Znaczenie [od góry: UMYSŁ/ Pojęcie/ZNACZENIE/ symbol /ŚWIAT NAMACALNY / pies].

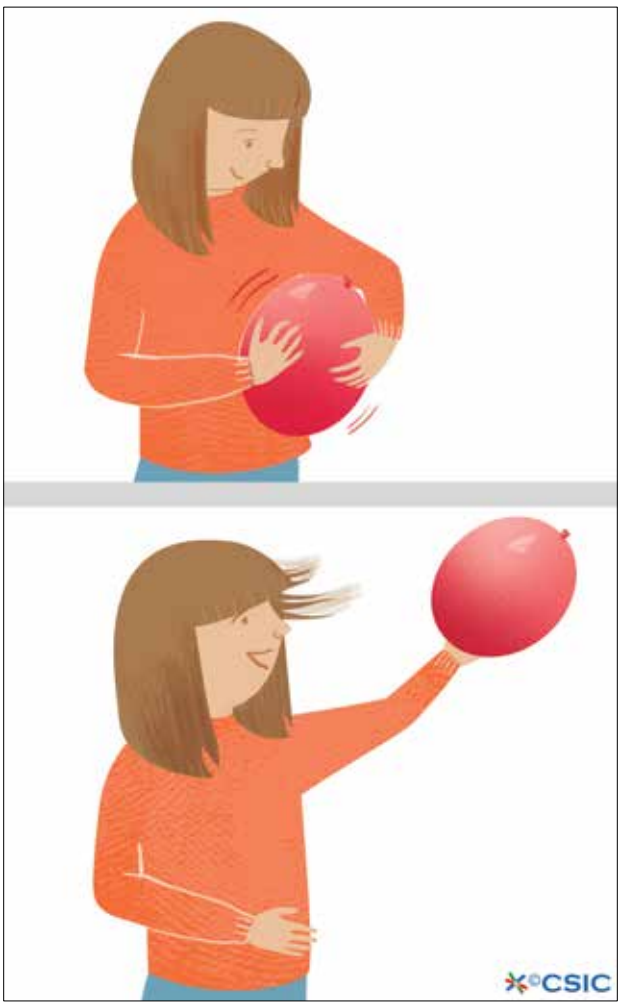


Fot. 8. Siła pchająca i siła ciągnąca.

Aby zapoczątkować konceptualizację znaczenia siły w fizyce, możemy powiedzieć, że jest to każda siła pchająca bądź ciągnąca jakiś przed-

miot, wywołana działaniem innego przedmiotu (Fot. 8). Także w tym przypadku możemy powiedzieć, że dwa przedmioty oddziałują na siebie (zachodzi pomiędzy nimi interakcja).

Istnieje wiele rodzajów sił: siły wymagajce kontaktu między przedmiotami, jak siły pokazane na ilustracji, jak również takie, które działają na odległość (bez potrzeby kontaktu fizycznego), jak siła elektrodynamiczna, czy grawitacyjna, o których istnieniu uczniowie powinni już wiedzieć. Jeśli tak nie jest, to nadszedł czas aby dzieci pobawiły się magnesami, słomkami i balonami pocieranymi papierową serwetką, albo podnosiły ciężarki z podłogi (Fot. 9).



Fot. 9. Siły elektrostatyczne w potartym balonie.

Kiedykolwiek na przedmiot działa siła, powoduje ona jego ruch bądź odkształcenie. Jeśli kopniemy piłkę, potoczy się w skutek działania siły, jaką wywarł na nią but, gdy był z nią w kontakcie. Natomiast gdy naciągamy sprężynę bądź ściskamy piłkę, odkształcamy te przedmioty. Gdy ciało sprężyste, jak np. łuk, ulegnie odkształceniu, powoduje to powstanie siły sprężystości (Fot. 10).

Fot. 10. Siła sprężystości w naciągniętym łuku.

Aby lepiej przyswoić nowe pojęcia, możemy przeprowadzić prosty eksperyment, w którym udział wziąć powinni wszyscy uczniowie.

Być może sam Leonardo da Vinci jako pierwszy przedstawił pojęcie siły za pomocą strzałki, której długość była wprost proporcjonalna do wielkości siły, a zwrot i kierunek odpowiadał zwrotowi i kierunkowi siły.

Aby zatem lepiej zrozumieć pojęcie siły możemy przeprowadzić eksperyment widoczny na fot. 11.

Siła elektrodynamiczna, jaką magnes wywiera na spinacz ma naturę magnetyczną i działa na odległość. Jej kierunek to prosta łącząca biegun magnesu i spinacz, a jej zwrot skierowany jest od spinacza do magnesu. Ciężar spinacza to kolejna siła, działająca pionowo, ze zwrotem skierowanym ku powierzchni Ziemi. Działa tu

również siła sprężystości nici, która przez swoje odkształcenie (rozciągnięcie) działa siłą, której kierunek pokrywa się z samą nicią, a jej zwrot skierowany jest ku punktowi zamocowania nici. Jest to siła kontaktowa. W tym układzie eksperymentalnym działa jeszcze wiele innych sił, ale my będziemy rozważać tylko te wspomniane. Mamy zatem trzy siły działające na spinacz, każda innego rodzaju i o innym pochodzeniu. Jednak fakt, że spinacz pozostaje w bezruchu wskazuje, że kiedy dodamy te trzy siły (ich natura jest identyczna), to się one zrównoważą.

Fot. 11. Ile sił działa w tym eksperymencie?

Z tego eksperymentu dowiedzieliśmy się, że siły występują pomiędzy dwoma ciałami, działając poprzez kontakt, albo też na odległość. Gdy ciało jest w spoczynku (w bezruchu), dzieje się tak, ponieważ nie działają na nie żadne siły, bądź suma działających sił wynosi zero. Za pomocą tego nowego pojęcia łatwiej nam będzie opisać koncepcje powstałe w trakcie eksperymentów

Powstawanie kropli

Jeśli zwrócimy baczną uwagę na fazy tworzenia się kropli (fot. 12), ujrzymy działanie dwóch sił: po pierwsze ciężaru kropli (siła ta działa pionowo w dół), który dąży do oddzielenia kropli od końcówki zakraplacza; oraz siły przytrzymującej kroplę na zakraplaczu (to siła adhezji, która działa pionowo w górę). Gdy ciężar kropli przewyższy siłę adhezji, kropla spada z zakraplacza. Jeżeli przeprowadzimy eksperymenty z końcówkami o różnych rozmiarach i zważymy dużą liczbę kropel, zobaczymy, że ciężar każdej z nich jest, w dużym przybliżeniu, proporcjonalny do średnicy końcówki.

Fot. 12. Obserwacja sił adhezji i kohezji.

Gdy zidentyfikujemy siłę adhezji, możemy zapytać siebie samych, dlaczego kropla nie rozrywa się na tysiące maleńkich kropelek, zamiast zachowywać swój mniej więcej kulisty kształt, osiągając największy możliwy rozmiar jako jednolite skupisko?

Budujemy model kropli

Aby lepiej zrozumieć mechanizm powstawania kropli, możemy sobie wyobrazić, że woda tworzy swego rodzaju *trochę lepką skórę* (co wyjaśnia zachowanie adhezyjne), którą zawsze się otacza, co odpowiada za tworzenie się kropli na końcu słomki do napojów, na obrzeżu kranu, czy na sieci pajęczej (fot. 13).

Ta *skóra* otacza ciecz i nadaje jej obserwowane własności (fot. 14). *Skóra*, o której tu mówimy, przylega do ciał stałych wchodzących w kontakt z cieczą, jak obrzeże kranu, a krople spadają dopiero wtedy, gdy ich ciężar przezwycięża siłę adhezji: zależy to od lepkości wodnej *skóry*.

Fot. 13. Krople *lgną* do pajęczej sieci.

Fot. 14. Powierzchnia balonu napełnionego wodą to dobra analogia napięcia powierzchniowego.

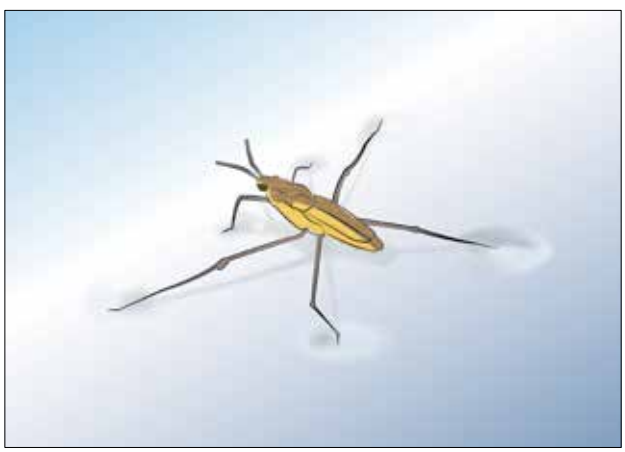
Jeśli powtórzymy eksperyment z kroplą między palcami, (patrz fot. 3), możemy teraz opisać proces rozrywania się kropli jako rozerwanie elastycznej skóry. Rozerwanie skutkuje powstaniem dwóch mniejszych kropli, które przylegają do przeciwległych palców. Stąd nieunikniony wniosek, że siła adhezji pomiędzy wodą a skórą jest większa niż siła kohezji, którą z kolei odzwierciedla opór, jaki kropla stawia przy próbie jej rozerwania.

Zbudowany przez nas model ma charakter *analogii* – założyliśmy, że to, co się dzieje, jest *analogiczne* do tego, co działoby się gdyby pokryć część wody elastyczną skórą, jak w przypadku balonu.

To odpowiada Piagetowskiemu pojęciu *reprezentacji myślowej*. Jak się zorientujemy, nawet tak prosty model, stworzony ad hoc aby wyjaśnić co dzieje się gdy powstaje kropla, daje się rozszerzyć na inne sytuacje aby pomóc nam zrozumieć wiele innych procesów. To wskazuje jak użyteczna jest konstrukcja modeli i reprezentacji dla rozumienia świata, jako forma wiedzy.

Rozszerzenie modelu lepkiej i elastycznej skóry do wyjaśnienia innych obserwacji: proces asymilacji

Następnie przetestujemy nasz model lepkiej sprężystej skóry wody w różnych sytuacjach, odmiennych od formowania się kropli, przy okazji której powstał. Pierwsza okazja do tego nadarza się gdy obserwujemy pewne owady, które mogą stać i chodzić po powierzchni wody, jakby była ona powierzchnią ciała stałego (Fot. 15).

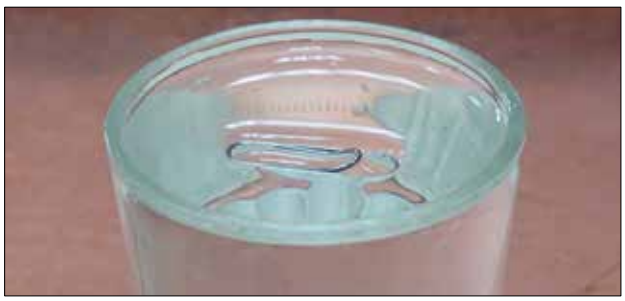


Fot. 15. Owad utrzymuje się na powierzchni wody.

Pierwsze pytanie dla uczniów dotyczy mechanizmu, dzięki któremu owad utrzymuje się na powierzchni wody. Większość z nich będzie sugerować, że owad pływa. Model, którym

posługują się gdy coś nie tonie a pozostaje na powierzchni cieczy, to pływanie (uczniowie nie posiadają innych koncepcji mogących to wyjaśnić, dlatego naszym pierwszym zadaniem będzie zniszczenie fałszywego przekonania, że wszystko, co nie tonie, musi pływać).

Aby tego dokonać, musimy wrócić do eksperymentów, tym razem umieszczając na powierzchni wody różne przedmioty. Niektóre powinny mieć gęstość przekraczającą gęstość wody, gęstość innych natomiast powinna być poniżej tej wartości (Fot. 16).



Fot. 16. Spinacz do papieru na powierzchni wody.

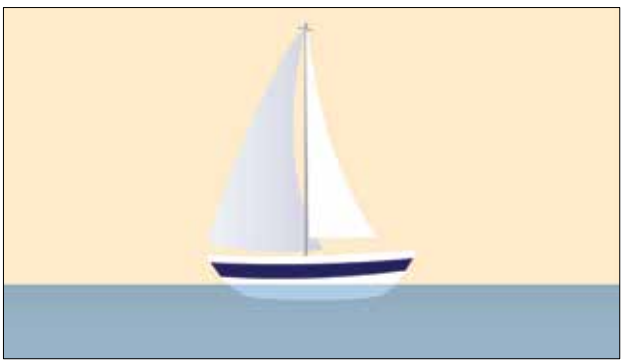
Chociaż może się to na początku wydawać trudne, można sobie pomóc wykorzystując prostą sztuczkę pokazaną poniżej, czyli używając jednego spinacza, by ostrożnie zsunąć drugi na powierzchnię wody (fot. 17 i 18):

Przedmioty pływające łatwo zidentyfikować ponieważ gdy wepchniemy je palcem pod powierzchnię, same wracają.

Fot. 17. Używamy stalowego spinacza jako narzędzia.

Fot. 18. W ten sposób możemy utrzymać spinacz na powierzchni wody.

Ponadto w takiej sytuacji część pływającego przedmiotu jest zawsze zanurzona pod powierzchnią (fot. 19), bo to właśnie ciężar wody odpowiadający wypierającej ją objętości ciała pod wodą sprawia, że przedmiot może unosić się na powierzchni.

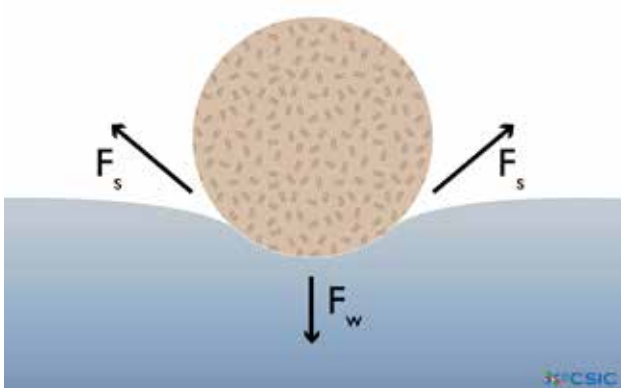


Fot. 19. Część obiektu pływającego jest zawsze zanurzona pod powierzchnią cieczy.

Jednak przedmioty, które nie pływają, takie jak spinacz czy owad, nie mają zanurzonej części, a jeśli wciśniemy je palcem, to same nie powrócą na powierzchnię (fot. 20).

Jeśli rozszerzyć zastosowanie naszego modelu kropli wody jako napełnionego balonu (patrz fot.

14), można powiedzieć, że powierzchnia wody w szklance zachowa się w ten sam sposób, co gumowa powierzchnia balonu. Będzie stawiać opór przed rozerwaniem pod naciskiem owada, podobnie jak trampolina, która utrzymuje ciężar człowieka, nieco się tylko odkształcając, co również przypomina dołki na powierzchni wody pod nóżkami owada (fot. 21).



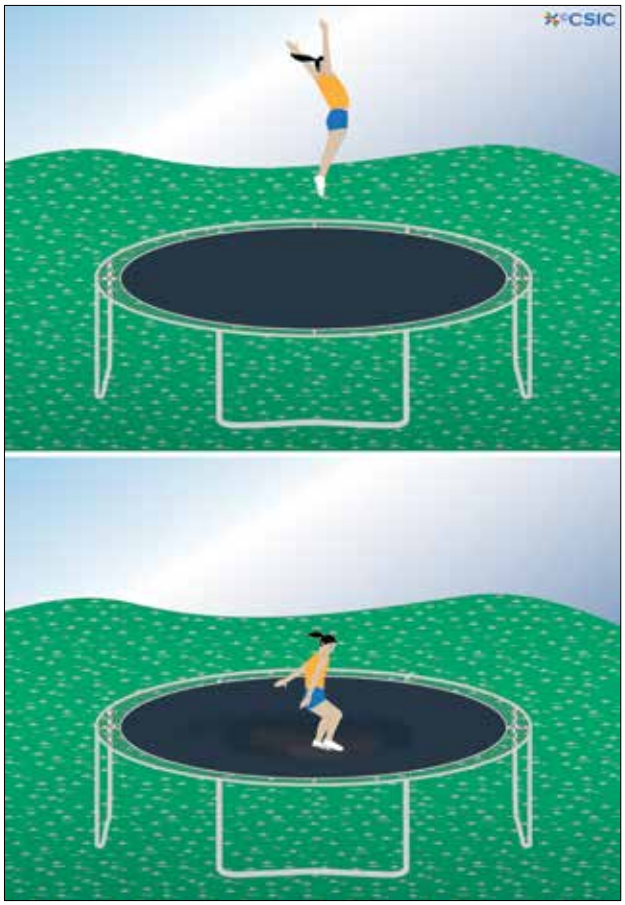
Fot. 20. Przedmiot utrzymywany przez napięcie powierzchniowe.

Dlatego też model sprężystej skóry stworzony do objaśnienia tworzenia się kropel pomyślnie przeszedł swój pierwszy test.

Ale reprezentacja w rozumieniu Piageta, czy też model naukowy, zawsze podlega cyklom asymilacji, poprzez ciągłe konfrontacje z obserwacjami i wynikami eksperymentów ze świata zewnętrznego (Piaget, J. (1929). *The child's conception of the world*. NJ: Littlefield, Adams).

1.4. OPIS MODELU WODY: WIEDZA I KOMPETENCJE

Uczniowie będą w stanie opisać model stworzony do reprezentacji procesów kohezji i adhezji wody. Co jasne, opis modelu *podsumowuje zdobytą wiedzę*, którą dopełniają kompetencje, czyli *zdolność uczniów do zastosowania modelu do rozwiązywania nowych problemów*.



Fot. 21. Model napięcia powierzchniowego jako analogia skóry.

Powierzchnia dowolnej porcji wody zachowuje się jakby była otoczona sprężystą warstwą o właściwościach adhezyjnych, w zależności od materiału, z którym się styka.

Istnienie tej *skóry* pozwala małym owadom i lekkim przedmiotom utrzymywać się na powierzchni wody, choć ich gęstość może przewyższać gęstość samej cieczy.

Sprężystość warstwy powierzchniowej odpowiada za kohezję wody, natomiast jej zdolność do przylegania do innych substancji to właśnie adhezja.

Siła konieczna do zerwania warstwy powierzchniowej jest miarą sprężystości wody. Nazywamy ją *napięciem powierzchniowym*.

Pamiętajmy, że wybraliśmy wodę jako nasze *studium przypadku*, aby reprezentowała wszystkie substancje. Dlatego, co do zasady, rozszerzymy nasz model na wszystkie ciecze, każdorazowo prowadząc jego weryfikację poprzez eksperymenty.

Nabywanie niezbędnych kompetencji w stosowaniu naszego modelu

Następny eksperyment do przeprowadzenia w klasie to eksperyment mokrego palca (fot. 22). Prosimy w nim uczniów, aby wyjaśnili jak formuje się kolumna cieczy z użyciem świeżo wprowadzonych pojęć. Łatwo zauważyć, że działającą pionowo w dół siłę, którą wywierał spinacz zastąpiła działająca pionowo w górę siła adhezji wody do skóry palca. W ten sposób możemy sprawdzić, czy nasi uczniowie nabyli kompetencje konieczne do wykorzystania modelu w rozwiązywaniu nowych problemów.

Poniższy eksperyment pozwala w przybliżeniu ocenić wartości sił adhezji: oczyszczoną detergentem i opłukaną monetę należy osuszyć.

Fot. 22. Siła działa pionowo w górę.

Następnie, używając zestawu podobnych zakraplaczy, uczniowie sprawdzają ile kropel wody da się upuścić na monetę zanim woda zacznie spływać na stół. Co ważne, uczniowie muszą również objaśnić prowadzony eksperyment (w sposób możliwy do powtórzenia przez każdego, kto czyta ich opis), a także starannie odnotować liczbę kropel (fot. 23).

Zanim woda zacznie spływać na stół, uzyskujemy dość spektakularny rezultat. (fot. 24).

Fot. 23. Krople wody na monecie.

Fot. 24. Spektakularny wynik eksperymentu.

Uczniowie muszą wyjaśnić co się dzieje, że powstaje tak wypukły menisk, a woda się nie przelewa, identyfikując siły występujące w wodzie, a także pomiędzy wodą a monetą.

Jak wspomnieliśmy, eksperyment ten daje wynik ilościowy: liczbę kropel. Dlatego czas zadać

następujące pytanie: od czego zależy wielkość siły adhezji pomiędzy wodą i materiałem, z którego zrobiona jest moneta? Uczniowie prawdopodobnie odpowiedzą, że zależy ona od natury powierzchni monety. Aby to sprawdzić, możemy pokryć monetę woskiem do polerowania mebli, nacierając ją, aż do uzyskania połysku. Następnie możemy powtórzyć eksperyment, zapisać rezultat i porównać go z wynikiem uzyskanym dla czystej powierzchni monety, starając się wyjaśnić otrzymane wyniki. Co jasne, *skóra* na wodzie przylega słabiej do nawoskowanej powierzchni niż do czystej monety.

A co by się stało, gdybyśmy zmienili ciecz? Czy wszystkie ciecze mają *skórę* o podobnych właściwościach? Można to ustalić projektując eksperyment, który udzieli nam odpowiedzi. Najprościej użyć innej cieczy, na przykład oleju, na czystej monecie i ustalić liczbę kropel potrzebną by olej zaczął spływać na stół. Wyniki możemy omówić w klasie.

Istnieje wiele łatwych do zrozumienia i przeprowadzenia eksperymentów wykorzystujących wprowadzone pojęcia i stworzony przez nas model cieczy, oparty na analogii. Kolejny taki eksperyment polega na ułożeniu plastikowej karty na brzegu szklanki napełnionej wodą. Najlepiej jeżeli jest to karta kwadratowa, tak aby część karty miała kontakt z powierzchnią wody (fot. 25).

Następnie na zewnętrznej części karty dodajemy małe ciężarki, aż dojdzie do zerwania kontaktu z wodą. Liczba potrzebnych do tego ciężarków jest dla nas miarą siły adhezji pomiędzy cieczą a kartą plastikową. Mimo iż metoda ta jest daleka od precyzji (ciężarki nie zawsze są w tej samej odległości od środka szklanki, karty nie da się umieścić precyzyjnie w jednym miejscu, itp.), to jednak eksperyment ten zapewnia dobry pierwszy kontakt z procesem pomiaru, szczególnie ważny dla

Fot. 25. Siły adhezji w działaniu.

młodszych dzieci. Musimy zwrócić baczną uwagę na „rozrywanie się" powierzchni wody, czyli jej „skóry" wg. naszego modelu opartego na analogii, a także (jeżeli to możliwe) nakręcić film w zwolnionym tempie, który pozwoli zaobserwować sprężystość cieczy.

Spektakularny charakter tych eksperymentów może wytworzyć u niektórych uczniów przekonanie, że model skóry, którego użyliśmy aby opisać kroplę, czy powierzchnię wody w szklance, jest rzeczywisty. Możemy wykazać fałszywość takiego przekonania prosząc uczniów, aby spróbowali znaleźć tę *skórę* poruszając małym patyczkiem tuż pod powierzchnią wody. W ten sposób uczniowie dojdą do wniosku, że *warstwa powierzchniowa wody zachowuje się jak sprężysta, lepka skóra*, ale w rzeczywistości jest to jednak tylko woda.

1.5. PRZEJŚCIE OD WYOBRAŻENIA DO WIELKOŚCI: POMIARY

Tę sekcję rozpoczniemy od zdefiniowania czym jest wielkość, z wykorzystaniem najbardziej podstawowej definicji, jaką znamy: *wielkością nazywamy wszystko, co możemy zmierzyć, zważyć, albo policzyć*. Cena owoców, wzrost i ciężar człowieka, etc. są wielkościami. Po głębszym zastanowieniu, dojdziemy do wniosku, że sprężystość skóry balonu to tak-

że wielkość, ponieważ możemy ją zmierzyć. Dla naszych potrzeb wystarczy określić granicę sprężystości, czyli siłę potrzebną do jej przerwania. W tym celu wykorzystamy *wagę precyzyjną*, którą łatwo zbudować i używać, aby w przybliżeniu określić wartość napięcia powierzchniowego wody (fot. 26).

Fot. 26. Nasza waga precyzyjna.

Potrzebne będą dwa litrowe pojemniki, słomki do napojów, nitka i szpilka o dużej główce. Potrzebujemy też zakrętkę od butelki i szklankę z cieczą, której napięcie powierzchniowe chcemy zmierzyć; w naszym przypadku będzie to woda. Pomiaru możemy dokonać z użyciem kropel wody, ziarenek piasku, nasion soczewicy, itp.

Po zbudowaniu wagi, wykorzystamy uproszczoną wersję metody Du Noüy (1883-1947). Polega ona na zawieszeniu kawałka słomki na jednym z ramion wagi, jak widać na ilustracji.

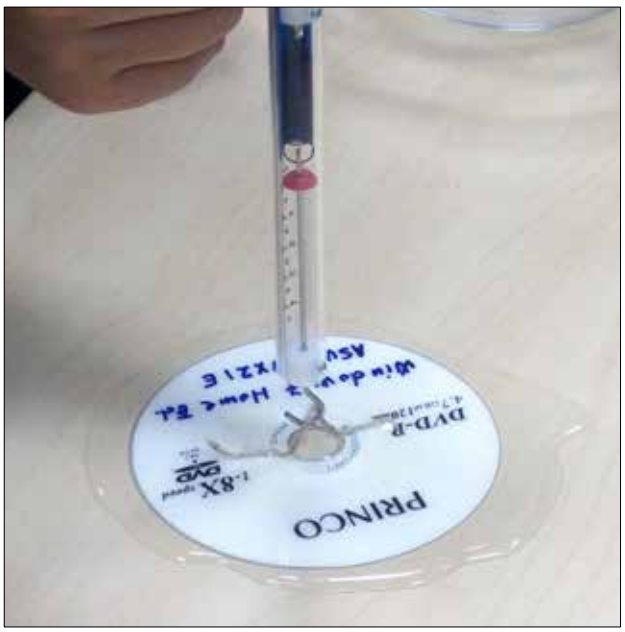
Aby zrównoważyć wagę, musimy lżejsze ramię wagi dociążyć odpowiednio plasteliną.

Następnie umieszczamy słomkę w szklance z wodą, tak żeby miała kontakt z cieczą i aby ramiona naszej wagi pozostały w poziomie. Pomiar polega na bardzo powolnym dodawaniu ziaren ryżu, bądź kropel wody, aż kawałek słomki dotychczas w kontakcie z powierzchnią wody *oddzieli się* od niej. Liczba ziaren ryżu bądź kropel wody (odpowiadająca ciężarowi) daje nam pojęcie o wartości napięcia powierzchniowego. Jeżeli przeprowadzimy ten eksperyment ze słomkami o różnych długościach, ale z tego samego materiału, spostrzeżemy, że siła potrzebna do *zerwania* napięcia powierzchniowego jest proporcjonalna do obrysu, czyli w przybliżeniu do podwójnej długości słomki na wodzie. To logiczne, ponieważ *skóra* która ulega zerwaniu odpowiada długością obu boków słomki.

Możemy również użyć kwadratowego kawałka szkła o wymiarach 5 x 5 cm, bądź płyty CD, do której przyczepimy uchwyt klejem epoksydowym. Jeżeli rozlejemy wodę na powierzchni stołu i dociśniemy do niej naszą szybkę/płytę CD, zaobserwujemy, że siły kohezji mocno złączą obie powierzchnie, a za pomocą siłomierza będziemy mogli określić wartość siły potrzebnej do zerwania połączenia (fot. 27 i 28).

Fot. 27. Siła adhezji pomiędzy płytą CD i stołem.

W naszym przypadku wielkość napięcia powierzchniowego wyrażona w newtonach na metr to wynik podzielenia siły wskazywanej przez siłomierz w chwili oderwania szybki od powierzchni wody przez obwód kwadratu – w tym przypadku 20 cm. Proces ten łatwo sobie wyobrazić (fot. 28)



Fot. 28. Pomiar sił adhezji.

1.6. OGRANICZENIA MODELU *SKÓRY*

Stworzony przez nas model oparty na analogii jest odpowiedni do opisu właściwości makroskopowych (zachowania mechanicznego) wody. Bierze on za punkt wyjścia szczególne zachowanie się powierzchni wody, co natychmiast rodzi następujące pytanie, sugerowane własnościami naszego modelu:

Dlaczego powierzchnia dowolnej porcji wody zachowuje się, jakby była warstwą sprężystą o właściwościach adhezyjnych?

Nasi uczniowie muszą zdać sobie sprawę, że wyjaśnienia zachowania się zewnętrznej powierzchni cieczy należy poszukiwać poza naszym modelem, ponieważ model nie może służyć do wyjaśniania swojego własnego zachowania. W ten sposób powstaje wiedza naukowa, jak warstwy cebuli, gdzie warstwa najbardziej wewnętrzna dostarcza powodów na zachowanie się warstw zewnętrznych.

W celu zbadania składu wody, musimy skupić się na procesach, w których woda podlega największym zmianom, jak zmiany stanu skupienia. W procesach tych zarówno własności jak i wygląd wody ulegają zmianie, ale nadal pozostaje ona wodą, a nasi uczniowie muszą zrozumieć procesy parowania i skraplania oraz topnienia i krzepnięcia

Na początek, wystarczy zaobserwować proces zachodzący, gdy wywieszamy mokre rzeczy do wyschnięcia, które zwykle schną bardzo szybko. Gdzie podziała się woda i jaką przybrała formę? (fot. 29).

Fot. 29. Proces odparowywania wody ze schnącej odzieży.

To bardzo dobre pytanie do omówienia z uczniami w klasie i zapisania udzielanych przez nich odpowiedzi. Pozwala nam też pokierować dyskusją z użyciem metody sokratejskiej, co doprowadzi nas do nieuchronnego wniosku, że woda uciekła z tkaniny do powietrza, w formie niewidzialnej dla oka.

Najpierw trzeba sprawdzić, czy woda rzeczywiście jest w powietrzu. Aby to zrobić, musimy przeprowadzić eksperyment mający na celu odzyskanie wody i przywrócenie jej do stanu ciekłego. Innymi słowy trzeba skroplić wodę. Przeprowadzamy krótką dyskusję na ten temat

w klasie. Potrzebne będą: puszka z napojem schłodzona do wystarczająco niskiej temperatury (niższej niż punkt rosy). Powierzchnię puszki suszymy serwetką, umieszczamy ją na równie suchym talerzyku papierowym i bacznie obserwujemy, co się stanie. Na naszych oczach krople wody zaczynają formować się na powierzchni puszki, w procesie odwrotnym do tego, który miał miejsce, gdy suszyły się ubrania (fot. 30).

Fot. 30. Małe krople wody skraplają się na powierzchni zimnej puszki.

Oba eksperymenty możemy przeprowadzić jednocześnie. Jest absolutnie pewne, że woda w powietrzu ma formę niewidzialną dla naszych oczu, jednak mimo to możemy nią manipulować. Dla niektórych naszych uczniów będzie to pierwszy kontakt ze światem, który istnieje poza zasięgiem ich zmysłów. Powinniśmy teraz otworzyć im oczy wyjaśniając, że nie dostrzegamy większości istniejącego świata, ale możemy ją sobie wyobrazić, a nawet nią manipulować.

Łatwo sformułować jedną z *hipotez*: ponieważ woda jest w atmosferze, a nie możemy jej zobaczyć, jej cząstki muszą być tak małe, że są dla nas niewidzialne. Niemniej jednak muszą nadal być wodą, skoro możemy je przywrócić do formy ciekłej przez ochłodzenie. Zgodnie z wcześniejszymi badaniami w tej dziedzinie, przeprowadzonymi przez innych ludzi, będziemy te cząstki nazywać *molekułami / cząsteczkami*. Taka reprezentacja mentalna wody, jako złożonej z molekuł znana jest jako model molekularny. Aby mogła stać się teorią, należy ją wyposażyć w prawa opisujące zachowanie molekuł (teoria = model + prawa).

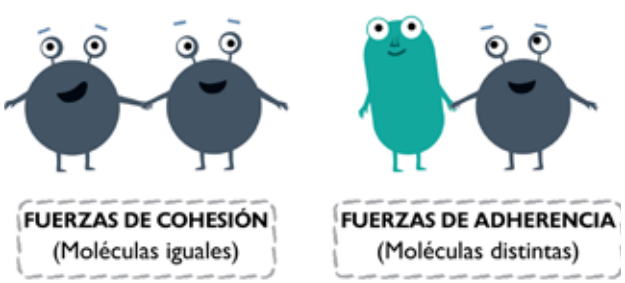
Różnica między teorią a modelem nie jest w żadnym razie tak jasna, jak mogłoby to wynikać z prac filozofów nauki i specjalistów w zakresie dydaktyki. W rzeczywistości naukowcy nie zwykli rozróżniać tych terminów, ponieważ gdy się one pojawiają, zwykle ma to miejsce w konkretnym kontekście, gdzie dany model czy teoria są dobrze znane, bez niejasności. Dopiero kiedy mówimy o modelu bądź teorii abstrakcyjnie, powstaje pytanie o tożsamość obu tych pojęć. Dla ilustracji możemy przytoczyć artykuł z Wikipedii na temat Modelu standardowego: „*Model* standardowy – *teoria* fizyki cząstek podstawowych, zwanych też cząstkami elementarnymi, które są podstawowymi składnikami każdej materii."

Można powiedzieć, że każdy model ma jakieś cechy teorii, a wszystkie teorie da się uzupełnić za pomocą modeli. Z tego powodu, mając na uwadze poziom naszych zajęć, możemy nadal posługiwać się najczęściej stosowanymi w każdym przypadku terminami, pod warunkiem, że jasne jest o którym *modelu* bądź *teorii* rozmawiamy.

Musimy teraz połączyć oba nasze modele. Z jednej strony mamy sprężyste zachowanie się

powierzchni wody; z drugiej model molekularny. Pomiędzy cząsteczkami musi działać szereg sił, które wyjaśniają pojawianie się kohezji, adhezji, napięcia powierzchniowego, itd. Ich cechy jesteśmy w stanie wyczuć, ale ich naturę musimy zbadać. Muszą one także wyjaśniać zmiany stanu skupienia.

W zasadzie możemy modelowo przedstawić cząsteczki, jako małe kulki (fot. 31). W ten sposób możemy opisać hipotezę molekularną z użyciem prostego modelu, który rzecz jasna musimy jeszcze przetestować (w zestawieniu z faktami i wynikami eksperymentów). Dlatego też sprawdźmy, czy hipoteza modelu molekularnego pozwoli nam wyjaśnić trzy stany skupienia oraz istnienie sił adhezji i kohezji.



Fot. 31. Zabawkowy model kohezji (po lewej) i adhezji (po prawej).

W modelu molekularnym gaz składa się z cząsteczek, które poruszają się szybko i *muszą się sprężyście odbijać* kiedy uderzają w ścianki naczynia, w którym się znajdują. Jak wspominaliśmy, kiedy powiążemy podlegające prawom zachowanie z molekułami w naszym modelu, wtedy stworzymy teorię.

Gdy dwie cząsteczki się ze sobą zderzają, musi także dochodzić do ich sprężystego odbicia, bo inaczej z czasem każdy gaz zamieniałby się w ciecz, gdyby cząsteczki zbytnio zwalniały. Dlatego teoria molekularna wyjaśnia, że gaz całkowicie zajmuje objętość, w której się znajduje.

Z pomocą tego modelu łatwo też wyobrazić sobie ciekły stan skupienia. Woda w stanie ciekłym złożona jest z cząsteczek, które stykają się ze sobą, ale mogą „przetaczać się" po innych cząsteczkach. Możemy modelować to zachowanie przez analogię do szklanych kulek w szklance. Objętość kulek jest stała i przybierają one razem kształt zajmowanego naczynia, podobnie jak ma to miejsce w przypadku płynów.

Używając naszego modelu możemy również zrozumieć stały stan skupienia. Cząsteczki w lodzie są tak mocno ze sobą połączone, że zarówno objętość jak i kształt kawałka lodu są zachowane.

Gdy już wybraliśmy model sprężystych kulek, możemy przeprowadzić nowe eksperymenty z wodą i spróbować objaśnić ich wyniki używając naszej teorii. Ćwiczenia te są częścią Piagetowskiego procesu asymilacji (Piaget, J. (1983). *Piaget's theory*. P. Mussen (red.). Handbook of Child Psychology. Wyd. czwarte. Tom 1. New York: Wiley).

1.7. ROZWAŻANIA NA TEMAT HIPOTEZ, MODELI I TEORII

Jeżeli zastanowimy się nad przebytą drogą, dostrzeżemy, że zbudowana przez nas hipoteza mówi, że woda składa się z niedostrzegalnych pod mikroskopem cząstek.

Hipoteza to twórcze przypuszczenie, opracowane aby objaśnić zachowania ustalone w drodze obserwacji i eksperymentów. A zatem hipoteza molekularna dla wody odpowiada faktom przechodzenia przez wodę z pary w stan ciekły i z powrotem, co wymusza wniosek, że jest to w obu przypadkach ta sama substancja. Wyjaśnia ona również dlaczego nie byliśmy w stanie zobaczyć wody w stanie gazowym, natomiast

w stanie ciekłym jest ona widoczna. Wreszcie wyjaśnia także większą gęstość cieczy w porównaniu z gazem.

Ta hipoteza molekularna obejmuje też model: sprężyste kulki. Możemy używać tego samego modelu, na poziomie, z którym mamy tu do czynienia, do wszelkich *reprezentacji mentalnych fizycznego układu, w którym opisujemy skład przy użyciu ikon bądź symboli*.

Kiedy elementy modelu podlegają prawom danej dyscypliny, stworzyliśmy teorię. Stąd też molekularna teoria materii utworzona jest przez powiązanie *molekularnego modelu kulistych cząstek z ich zachowaniem, zgodnie z prawami mechaniki klasycznej*.

1.8. NATURA ODDZIAŁYWAŃ MIĘDZYCZĄSTECZKOWYCH

Jeżeli rozszerzymy teorię molekularną z naszego studium przypadku, jasne jest, że zjawisko kohezji musi mieć początek w siłach działających pomiędzy cząsteczkami wody, a zjawisko adhezji musi wiązać się z siłami przyciągania pomiędzy cząsteczkami wody a ciałami stałymi, z którymi woda wchodzi w kontakt (fot. 31 i 32).

Fot. 32. Kohezja pomiędzy cząsteczkami wody; adhezja pomiędzy cząsteczkami wody i monetą.

Możemy zastąpić model kulistej cząsteczki, który sugerowaliśmy wcześniej, analogicznym modelem zrobionym z samych uczniów. W tym przypadku siły kohezji to te, które przyciągają cząsteczki do siebie nawzajem, natomiast siły adhezji występują pomiędzy stołem, na który weszły dzieci (który z kolei reprezentuje tu monetę) a uczniami, i wynikają one z tarcia stołu o podeszwy butów (fot. 33).

Fot. 33. Odegranie przez uczniów scenki na temat sił adhezji i kohezji na monecie.

Jest to model, który każdy może zrozumieć bardzo łatwo, co widać na podstawie opisów tworzonych przez uczniów za pomocą odpowiednich symboli.

Jak widać sam model, którego używamy, nie jest szczególnie ważny. Rzeczą naprawdę istotną jest zrozumienie znaczenia użytych w nim reprezentacji.

Wyposażenie modelu molekularnego w oddziaływania międzycząsteczkowe wymaga refleksji. Siły te powinny być znanego i przebadanego rodzaju, abyśmy mogli zastosować odpowiednie prawa do modelu, czyli innymi słowy do cząsteczek. Na tym poziomie i w tej skali znamy trzy fundamentalne siły: grawitacyjną, magne-

tyczną, i elektryczną. Możemy teraz przyjrzeć się ponownie tym oddziaływaniom aby ustalić, które z nich odpowiada za kohezję i adhezję.

Siła grawitacji, aby była dostrzegalna, wymaga dużych mas. Tak rzecz się ma w przypadku przyciągania pomiędzy słońcem i planetami, czy pomiędzy galaktykami. Oczywiście to nie grawitacja odpowiada za oddziaływania międzycząsteczkowe, ponieważ masy cząsteczek są bardzo niewielkie. Siła magnetyczna bądź elektryczna mogłyby być źródłem adhezji i kohezji ponieważ obie są wystarczająco silne aby wyjaśnić te zjawiska. Dlatego też musimy zaprojektować eksperyment pozwalający ustalić, o którą z tych sił chodzi w naszym przypadku.

Jeżeli za siłę pomiędzy cząsteczkami odpowiada magnetyzm, cząsteczki wody muszą posiadać dipol magnetyczny i być wrażliwe na pole wytwarzane przez silny magnes. Aby ustalić, czy tak jest w rzeczywistości, możemy przybliżyć silny magnes neodymowy do bardzo cienkiego strumienia wody wolno płynącej z kranu (fot. 34).

Fot. 34. Magnes nie przyciąga wody.

Wynik, jak wiemy, będzie negatywny. Mimo iż magnes jest bardzo silny, a strumień wody bardzo wąski, woda się nie odchyla. W rzeczywistości mogliśmy sami przewidzieć rezultat. Gdyby tak nie było, a skoro nasze ciała zawierają mnóstwo wody, my sami bylibyśmy przyciągani przez magnesy, a tak się przecież nie dzieje. Możemy teraz sprawdzić co dzieje się gdy zbliżymy naelektryzowany balon do strumienia wody (fot. 35).

Fot. 35. Naelektryzowany balon przyciąga wąski strumień wody.

Tym razem wynik będzie pozytywny: ładunek elektryczny balonu przyciąga wodę, powodując odchylenie strumienia. Wskazuje to, że cząsteczki wody są spolaryzowane w obecności balonu, albo też, jeżeli same są spolaryzowane, dochodzi do ich reorientacji.

W oparciu o wyniki tych eksperymentów możemy wysnuć hipotezę, że cząsteczki wody mają ładunki elektryczne, a siły, które występują pomiędzy nimi (kohezja), czy pomiędzy cząsteczkami wody a innymi materiałami (adhezja) mają charakter elektryczny. Przyjmijmy tymczasowo taką hipotezę roboczą.

Gdy już przyjmiemy, że siły elektryczne muszą być odpowiedzialne za oddziaływania międzycząsteczkowe, musimy opracować molekularny model wody. Jednak aby to zrobić musimy najpierw bardziej zagłębić się w badania nad elektrostatyką, tak abyśmy mogli zastosować jej praw do możliwych modeli molekularnych, które zaproponujemy starając się wyjaśnić istnienie sił adhezji i kohezji.

2. CZĘŚĆ DRUGA: RZUT OKA NA HISTORIĘ BADAŃ NAD ELEKTROSTATYKĄ

Historia nauki, jak każda historia odnosząca się do konkretnego tematu, obejmuje szereg wydarzeń, które zaszły na przestrzeni czasu, ułożonych chronologicznie, jak w kronice. Jednak aby uznać taką opowieść za historię, musi ona posiadać strukturę bądź, jak sugerował Arystoteles, *fabułę* obejmującą postacie, perspektywę, rozwój wydarzeń wraz z konfliktem, oraz konkluzję bądź zakończenie.

Noam Chomsky postulował, że dzieci rodzą się ze specyficzną zdolnością, która pozwala im *kompetentnie* używać języka, czyli innymi słowy rozumieć i samemu wysyłać wyrażenia, których nigdy dotąd nie słyszały. (N. Chomsky (1990). "On the nature, acquisition and use of language", w *Mind and Cognition: A Reader*, W.G. Lycan (red.), Cambridge MA and London UK: Blackwells, pp. 627-45) Wydaje się również jasne, że dzieci posiadają też wrodzoną zdolność do organizowania wydarzeń w czasie w formie historii z fabułą, jak również wychwytywania fabuły w opowieściach, których słuchają. Rzeczywiście, kiedy opowiadamy dziecku pierwszą część jakiejś opowieści, natychmiast rozumie ono, że fabuła nie została zakończona.

Dlatego historia nauki prezentowana młodym odbiorcom powinna stosować strukturę arystotelesowską, która wspomoże jej zapamiętanie przez dzieci dzięki swej wewnętrznej organizacji, która jest taka sama jak w opowieściach, do których dzieci przywykły.

Stąd też historyk wysnuwa hipotezę, że zdarzenia późniejsze muszą w jakiejś mierze wynikać z wydarzeń wcześniejszych, zakładając istnienie struktury, która *opowiada nam* dlaczego historia potoczyła się tak, a nie inaczej. Chodzi o opisanie wzorców zachowań (praw), dla których historycy opracowują pojęcia pomagające modelować historię, jak na przykład klasa społeczna, ideologia, wielcy ludzie, wola boża, czy walka o przetrwanie. Istnienie tej struktury czyni z historii dyscyplinę nauki.

W przeglądzie historii elektrostatyki zredukujemy naszą opowieść do punktów, które uznaliśmy za kluczowe, poprzez odniesienia do najważniejszych postaci historii (opisanych jako *wielcy naukowcy*). Dostarczymy też podstawowych odniesień dla umiejscowienia opisywanych wydarzeń w przestrzeni i czasie. Aby nadać strukturę naszemu sprawozdaniu z faktów, wykorzystamy teorię Piageta – jedyną, jaką znamy, która wyjaśnia zarówno naturę wiedzy, jak i to, w jaki sposób ona powstaje. Teoria ta dowiodła swej użyteczności nie tylko na poziomie indywidualnym, ale też w badaniach nad wiedzą w społecznościach naukowych (Kuhn), a także badaniach nad sztuczną inteligencją. Co jasne, istnieją inne rodzaje struktur, które można zastosować do nauczania historii, a każda z nich definiuje jakąś teorię.

2.1. NARODZINY NAUKI

Nasza historia rozpoczyna się w siódmym wieku p.n.e., w czasach, kiedy odkryto elektrostatykę (główną postacią jest tu Tales z Miletu), a kończy się w wieku osiemnastym, prawie dwa i pół tysiąclecia lat później.

W szkole uczyliśmy się o wielkich myślicielach starożytnego świata jako o czystych filozofach, rozumiejąc to słowo w jego dzisiejszym znaczeniu, chociaż ich rzeczywista postawa i praca czyniła ich bardziej podobnymi do współczesnych naukowców. Mimo iż w rzeczywistości ludzkie

cechy i postawy są ze sobą nierozerwalnie związane, wydaje się stosowne wskazać na ten fakt, głównie w celu zburzenia żałosnego w swej śmieszności antagonizmu pomiędzy naukami humanistycznymi a ścisłymi, który nadal pokutuje w świecie zachodnim (Snow, Charles Percy (styczeń 2013), „The Two cultures" [Dwie kultury], The New Statesman).

Możemy sobie wyobrażać, że pewnego dnia, czyszcząc piękny kawałek bursztynu szmatką, Tales zaobserwował, że pocieranie nadało mu tę niezwykłą właściwość, że oto przyciągał niewielkie przedmioty, podobnie jak kamień o właściwościach magnetycznych przyciąga przedmioty z żelaza. Nasi uczniowie powinni powtórzyć eksperyment Talesa z użyciem słomki, którą pociera się papierową serwetką, aby następnie sprawdzić, czy przyciąga kawałki papieru i inne małe przedmioty (fot. 36).

Fot. 36. Obserwacja oddziaływań elektrostatycznych.

Możemy nadać temu zjawisku nazwę, ponieważ odpowiada ono pewnemu pojęciu: *przez tarcie*. Pozwoli nam to mówić o zjawisku w prosty, przystępny sposób. Poza bursztynem, właściwość tę wykazują liczne inne materiały, które Tales nazwał *materiałami elektryzującymi się*. To jasno wskazuje na istnienie innej grupy materiałów, których nie da się naelektryzować przez tarcie nazwiemy je *materiałami nieelektryzującymi się*. Wśród nich największą grupę stanowią metale.

Żeby ożywić naszą podróż przez historię, uczniowie powinni przeprowadzić kierowane eksperymenty, aby odróżnić przedmioty należące do obu grup. Powinni pocierać papierową serwetką o dowolne materiały, które akurat mają pod ręką, sprawdzając czy nabywają one tej dziwnej właściwości przyciągania małych przedmiotów. Wynik będzie bardzo ciekawy: metali, wykorzystywanych jako przewodniki w obwodach elektrycznych, nie da się w ten sposób naelektryzować. Natomiast tworzywa sztuczne i inne materiały, których używamy do izolacji przewodów elektrycznych, dają się naelektryzować łatwo. Należy też podkreślić, że kiedykolwiek wprowadzamy jakąś klasyfikację, czy to materiałów, czy organizmów żywych, musimy poszukać leżących u jej podstaw powodów naukowych, które pokierują nas dalej w badaniach.

2.2. LEUCYP Z MILETU I POWÓD ISTNIENA NAUKI

Leucyp z Miletu żył około dwieście lat po Talesie (460-370 r. p.n.e.). Prawdopodobnie w oparciu o prezentację wyników badań przez Talesa ustalił podstawowe postulaty nauki, będące w użyciu po dziś dzień. Leucyp z Miletu zapewne urodził się również w Milecie, tak jak Tales, i był nauczycielem Demokryta. Fakt ten jest istotny, ponieważ obaj opracowali pierwszy model atomistyczny, (którego modyfikacji użyliśmy aby wyjaśnić zachowanie wody), wiele lat później. Jak widać na podstawie wielu przykładów, najtrwalszymi i najbardziej niezmiennymi w czasie dziełami ludzkimi okazują się nie budynki, czy pomniki, lecz idee.

Leucyp zdawał sobie sprawę, że nauka jest dziełem człowieka i podniósł następującą kwestię: czy ludzie mogą nabyć wiedzę o świecie poprzez obserwację zjawisk naturalnych używając zmysłów. Podobnie jak dzieci tuż po urodzeniu, Leucyp zdawał sobie też sprawę z tego,

że rzeczy zawsze dzieją się w ten sam sposób, co pozwala nam czynić przewidywania. Ponieważ był Grekiem żyjącym w V. wieku p.n.e., wyraził ten fakt mówiąc, że to Bogowie urządzili świat, podobnie jak władcy organizują miasta i państwa, za pomocą praw. Zdefiniował też tak zwane *prawa natury*, które odkrywają naukowcy, jako stwierdzenia opisujące zachowanie przyrody. Informacje te uzyskujemy poprzez obserwacje i wyniki eksperymentów.

Ponieważ Leucyp z Miletu nie prowadził żadnych eksperymentów w swoich badaniach (był filozofem nauki), sformułował wnioski wykorzystując *postulaty*, prawdy przyjęte za oczywiste, których jednak nie da się zademonstrować: zakłada się że są prawdziwe, ponieważ nie ma powodów by je odrzucić. Jest jasne, że jeżeli znajdzie się jeden wynik, który im zaprzecza, postulat straci ważność.

Pierwszy postulat Leucypa z Miletu: *Bogowie nie igrają z nami by nas zmylić. Z tej przyczyny nic nie dzieje się w sposób niestały, lecz podlega prawom, które nigdy nie są łamane*. Ciała pozostawione w powietrzu bez podparcia zawsze spadają; bąble powietrza w wodzie zawsze wznoszą się ku górze, i tak dalej. To prawo można również wyrazić słowami nic nie dzieje się przypadkowo, a *te same przyczyny powodują te same skutki*.

Podsumowując: jak małe dzieci, Leucyp z Miletu wysnuł wniosek, że istnieją Prawa Natury, ustalone i koniecznie wypełnione we wszystkich przypadkach. Małe dzieci już w wieku zaledwie kilku miesięcy odkrywają, że rzeczy nie znikają same z siebie. Można się bawić z takim dzieckiem w szukanie przedmiotów, które mama schowała pod kocem, czy obrusem. Dzieci ciągle też sprawdzają i z entuzjazmem starają się odkryć na jakiej zasadzie zachodzą różne zjawiska, pewne tego, że zawsze zachodzą w ten sam sposób. Leucyp z Miletu mówi o tej pewności co do możliwości odkrywania.

Drugi postulat Leucypa mówi, że ludzie zdolni są *odkrywać* i określać te prawa natury, choć nie mówi nic o procedurze, czy metodzie prowadzącej do ich odkrycia. Dopiero w epoce Renesansu Galileusz, Kepler i Bacon powiedzą nam jak można dotrzeć do wiedzy o nich (pierwsza metoda naukowa).

Interesująco jest przyjrzeć się głębiej naturze tych praw, zgodnie z koncepcją Leucypa, ponieważ znaczenie, które im przypisał trwa do chwili obecnej. Prawem natury jest, jak powiedzieliśmy, opis naturalnego zachowania, którego nie zademonstrowaliśmy, ale raczej wydedukowaliśmy naszego doświadczenia (odgadując *uogólnione zachowanie z kilku konkretnych obserwacji*). Ten sposób rozumowania, poprzez indukcję, jest podstawowy dla ludzkiej natury i daje się zauważyć już od pierwszych miesięcy życia. Gdy tylko dzieci zauważą, że niepodparte przedmioty spadają, zaczynają bawić się w upuszczanie zabawek, mając pewność, że *wszystkie* będą się zachowywać w ten sam sposób. W lot orientują się, że sztuczki magiczne to zachowania niezwykłe i podejmują wielkie wysiłki by odkryć, na czym sztuczka polega.

Z obserwacji, iż pocieranie bursztynu elektryzuje go, niezależnie od tego, gdzie eksperyment ma miejsce (na lądzie, czy na środku morza, w górach, czy na plaży) i kto go przeprowadza (mężczyzna, kobieta, czy dziecko), *Leucyp z Miletu wydedukował* lub wysnuł przypuszczenie, że jest to ogólne zachowanie przyrody, innymi słowy, *prawo natury*. Jednak z uwagi na to, ze zweryfikował je dla śmiesznie wręcz małej liczby przypadków, nie mógł być pewien, czy po jakimś czasie, w jakimś miejscu, prawo to może nie być spełnione. Dlatego każde prawo jest *opisem warunkowym* (jak się wkrótce przekonamy) czegoś, co wydaje nam się ogólnym naturalnym zachowaniem. Z tego powodu musimy być gotowi zastąpić je inną, ogólniejsza zasadą. W całej naszej historii będziemy widzieć przykłady, które rozjaśnią tę procedurę, która jest

niczym innym, jak Piagetowskim schematem konstrukcji wiedzy.

Kolejną konsekwencją twierdzeń Leucypa z Miletu jest to, że Prawa Natury różnią się od magii, gdyż nie wymagają tajemnej znajomości czarów i zaklęć. Jak widać, Leucyp z Miletu zasłużył na ważne miejsce w historii nauki — czy może filozofii?

2.3. RENESANS ZACHODNIEGO ŚWIATA

Przez 2200 długich lat historia nauki była spokojnym miejscem, gdzie niezmiennie trwały prawa Talesa z Miletu.

Jednak w XV wieku, z różnych powodów prawdopodobnie powiązanych z renesansem (w zakresie wartości, zainteresowań, oraz dziedzictwa klasycznego), społeczeństwo przyjęło nową postawę wobec wiedzy. Postawa ta miała już wkrótce wydać owoc w postaci *rewolucji przemysłowej*.

Naszym zdaniem jedna z przyczyn renesansu to odkrycia na nowo dzieł greckich filozofów przez Arabów. Greckie manuskrypty przetłumaczono na arabski i z rozkazu Alfonso X (zwanego Mądrym), przetłumaczono je też z arabskiego na Łacinę w Szkole Tłumaczy w Toledo. Tłumaczenia te kopiowano w licznych klasztorach a egzemplarze rozprowadzano po całej Europie, podróżując po Drodze Św. Jakuba i *drodze do Rzymu*. To oznaczało ponowne odkrycie świata klasycznego, które dało początek przebudzeniu intelektualnemu, a to z kolei było jedną z przyczyn zespołu zjawisk określanych jako Renesans. Ale to tylko jedna z teorii.

Z odkryciem Ameryki nauka uzyskała parametr produkcji, czyli innymi słowy stała się istotna dla gospodarki. Jesteśmy teraz w XVI wieku. Aby móc żeglować z Europy do Ameryki, kapitanowie statków musieli rozumieć astronomię i magnetyzm ziemski, by móc znaleźć właściwy kierunek podczas ponad dwudziestodniowej podróży po morzu. Wykształcenie kapitana było kluczowe dla zapewnienia możliwie najszybszej podróży, aby załoga nie zapadała na szkorbut, i aby nie stracić statku ani ładunku. Z tego powodu poprawki w modelu opracowanym przez Kopernika oraz postępy w rozumieniu magnetyzmu miały kolosalne znaczenie gospodarcze. Dlatego właśnie teraz na scenę naszej opowieści wkracza William Gilbert (1544-1603). Był on lekarzem królowej angielskiej Elżbiety I, *królowej dziewicy* [ang. the Virgin Queen], na cześć której ogromne terytorium północnoamerykańskie które Anglia zaanektowała, nazwano Virginią.

Gilbert uwielbiał fizykę, prezentował królowej, z którą zapewne bywał na premierach Szekspira, eksperymenty z magnetyzmem i elektrycznością, stosując termin *electricus* do opisu tych dziwnych fluidów odpowiedzialnych za zjawiska elektryczne. Ponieważ elektryczność i magnetyzm były bardzo podobnymi zjawiskami, Gilbert badał je oba w tym samym czasie.

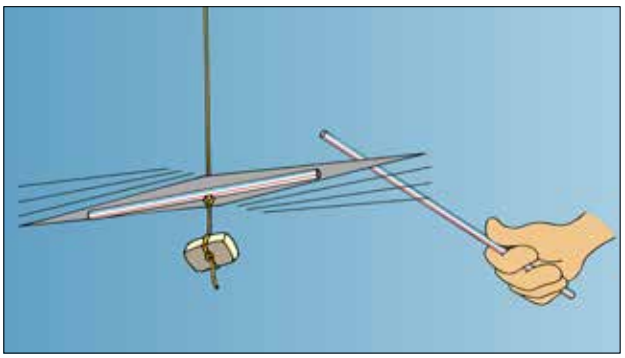
Jak wspominaliśmy, wiedza Talesa z Miletu na temat elektryczności dotarła do Williama Gilberta w niemal niezmienionej formie.

- Pierwsze prawo Talesa: kiedy ciało zostanie potarte (t.j. naelektryzowane), przyciąga pobliskie małe przedmioty. Ta własność zanika w czasie.

- Drugie prawo Talesa: istnieją ciała, które elektryzują się przez tarcie oraz takie, które tego nie robią (elektryzujące się i nieelektryzujące się).

Około roku 1600, Gilbert napisał traktat, w którym wyjaśnił różnicę pomiędzy magnetyzmem a elektrycznością, którą można też zbadać

z użyciem prostego instrumentu, który nazwał *versorium*. Możemy łatwo zbudować to urządzenie w klasie, po prostu zawieszając podłużny kawałek folii aluminiowej (najlepiej jeśli to folia aluminiowa do pieczenia ponieważ jest grubsza) za jej środek ciężkości (fot. 37).



Fot. 37. Z prostych materiałów możemy sami zbudować *versorium*.

W czasie, w którym znajdujemy się w naszej opowieści, opis działania *versorium* jest następujący: potarte ciało (naładowane elektrycznie, jak powiedzielibyśmy dziś) przyciąga dowolne będące w pobliżu ciało obojętne (dające się naelektryzować bądź nie) zgodnie z prawami Talesa. Jednak magnes przyciąga tylko przedmioty z materiałów magnetycznych (w tych czasach znane było tylko żelazo i niektóre zawierające je minerały). Zaś Gilbert pragnął wskazać jak ważne jest dziedzictwo świata klasycznego, nazwał nową dyscyplinę *elektrycznością*, co wywodzi się od greckiej nazwy bursztynu *elektron*. Słowa elektryczność i elektronika pochodzą z tego źródła.

Pomimo prostoty praw Talesa, prowadzą nas one ku zastosowaniom praktycznym. W średniowieczu zwyczajnym widokiem były prząśniczki używające wrzecion zakończonych u dołu kawałkiem bursztynu, który prząśniczka pocierała o spódnicę, gdy przędła. To elektryzowało bursztyn, dzięki czemu prząśniczka mogła podnosić nić z ziemi bez schylania się, gdy nić się zrywała.

2.4. FRANCIS BACON WYNAJDUJE METODĘ UPRAWIANIA NAUKI: JEŻELI JĄ ZASTOSUJEMY, NASZE WYNIKI NA PEWNO BĘDĄ *PRAWDĄ*

Kolejną wpływową postacią tamtych czasów był Francis Bacon, Baron Verulam (1561-1626), który dodał nowy postulat do tych zaproponowanych przez Leucypa z Miletu dwa tysiące lat wcześniej.

W roku 1620 opublikował swoje dzieło *Novum Organum*, gdzie opisał metodę eksperymentalną do stosowania w nauce, w opozycji do *Organon* Arystotelesa (które było wystarczające co najwyżej do prowadzenia dyskusji między kolegami). W ten sposób Bacon dodał nowy postulat do tych zaproponowanych przez Leucypa z Miletu, w którym wyjaśnił procedurę odkrywania praw rządzących światem.

Nowy postulat Bacona: *Jeżeli chcesz wiedzieć jak działa natura, jedynym sposobem jest zapytać ją wprost*, za pomocą dobrze zaprojektowanych eksperymentów.

Innymi słowy, tylko sama natura może nam powiedzieć jak się zachowuje.

To uzupełnia postulaty Leucypa z Miletu, który powiedział, że istnieją prawa do okrycia, ale nie wskazał metod prowadzących do ich odkrycia.

Zasada ta, wraz z dwiema zasadami Leucypa z Miletu, stworzyła podstawę wiedzy naukowej w XVII wieku.

W naszej historii pójdziemy teraz drogą na skróty, przechodząc bezpośrednio do nowej reprezentacji, której szukamy. Taka jest właśnie zaleta opowiadania historii – są one przestrzenią wirtualną, która istnieje tylko w naszych umy-

słach i pozwala poruszać się do przodu, wstecz, a także zatrzymywać się w dowolnym miejscu i czasie. To jedno z naszych najbardziej użytecznych narzędzi do nauki.

Na ścieżce tej mamy cztery istotne skrzyżowania, czy też węzły:

- Pierwszy pojawia się w roku 1629 – jest to eksperyment Cabeo.
- Węzeł drugi to rok 1725 – odkrycia dokonane przez Graya i Desaguliers, niemal sto lat później.
- Węzeł trzeci to prace du Fay, w roku 1733.
- Wreszcie węzeł czwarty, Prawo Zachowania Ładunku z roku 1747, które zawdzięczamy Benjaminowi Franklinowi.

Węzeł pierwszy. Odkrycie sił odpychania

Jakiś czas po śmierci Gilberta, w roku 1620, Włoski Jezuita Niccolò Cabeo (1586-1650) przeprowadził eksperymenty elektrostatyczne z użyciem różnorakich materiałów. Odnotował, że przedmioty z materiału elektryzującego się były przyciągane przez bursztyn i pozostawały przyczepione do niego (zgodnie z zachowaniem opisanym Prawami Talesa), lecz niewielkie przedmioty metalowe zachowywały się zupełnie inaczej. Po przyciągnięciu przez bursztyn, gdy już się z nim zetknęły, były gwałtownie odpychane. W ten sposób Cabeo odkrył *istnienie elektrycznych sił odpychania*, nierozważanych w Prawach Talesa z Miletu, które były w użyciu od 2200 lat.

Zjawisko to możemy zaobserwować w klasie, wykorzystując małe kawałki folii aluminiowej; gdy zbliżymy do nich potarty pręt PCV zauważymy, że pręt najpierw je przyciąga, a następnie, gdy już się z nim zetkną, odpycha je. Możemy też przeprowadzić bardziej widowiskowy eksperyment z użyciem małej kulki z folii aluminiowej albo spinacza biurowego zawieszonego na nitce. Gdy zbliżymy naelektryzowany pręt zaobserwujemy najpierw przyciąganie, a następnie odpychanie (fot. 38).

Fot. 38. Naelektryzowany pręt PCV przyciąga kawałki aluminium.

Eksperyment Cabeo powinni powtórzyć wszyscy uczniowie, a następnie przedstawić i opisać go w zeszytach. Te notatki okażą się przydatne, kiedy niebawem historia nauki zabierze nas do miejsca, w którym będziemy w stanie wyjaśnić przy pomocy odpowiedniego modelu to, o czym Cabeo nie wiedział. W ten sposób, dzieci zrozumieją czym w rzeczywistości są odkrycia i postępy naukowe. Historycznie cały proces zajął około 40 lat, ale dla naszych uczniów będzie to tylko kilka dni.

Węzeł drugi. Odkrycia Stephena Graya i Johna Desaguliers

Wszystkie materiały można naelektryzować

Kolejnego odkrycia, które przeczy Prawom Talesa, dokonał Stephen Gray (1666-1736). Gray urodził się w roku wielkiego pożaru Londynu (który zbiegł się w czasie z epidemią dżumy) i miał nieszczęście znaleźć się naukowo w opozycji do Newtona. W roku 1727 Gray zadał pytanie o to, dlaczego metale są odpychane przez naelektryzowany

pręt, gdy się on z nimi zetknie, w przeciwieństwie do niemetali. Zaintrygowany dziwnym zachowaniem tych materiałów w kontakcie z elektrycznością w eksperymentach Cabeo, Gray sam opracował i przeprowadził wiele eksperymentów. Odkrył, że metale można również naelektryzować kiedy odizoluje się je od ręki eksperymentatora materiałem ulegającym naelektryzowaniu.

Eksperyment Graya możemy odtworzyć w klasie używając miedzianej rurki z rączką z PCV bądź innego tworzywa sztucznego. Zauważymy, że gdy potrzemy miedzianą rurkę kawałkiem tkaniny, najlepiej zaimpregnowanej teflonem (używanym np. w niektórych obrusach) rurka miedziana elektryzuje się, jak płytka PCV.

Dlatego różnica między materiałami możliwymi i niemożliwymi do naelektryzowania znika, a nowe drugie prawo zastępuje stare:

Drugie Prawo Talesa: istnieją ciała, które elektryzują się przez tarcie oraz takie, które tego nie robią (elektryzujące się i nieelektryzujące się).

Nowe drugie prawo (Graya): *Wszystkie materiały da się naelektryzować przez tarcie*.

Ale Gray nadal poszukiwał różnic pomiędzy oboma poprzednimi rodzajami materiałów, w przekonaniu że dziwne zachowanie metali (które nie elektryzują się, kiedy się je trzyma) musi wynikać z jakiejś ich nieznanej dotąd własności.

Metale przewodzą elektryczność, a izolatory nie

Dwa lata później, pracując wraz ze swym przyjacielem i protektorem Jeanem Theophilem Desaguliers (1683-1744), Gray odkrył ukrytą własność odróżniającą metale od niemetali: metale przewodzą elektryczność, pozwalając jej przemieszczać się z jednego miejsca w inne w obrębie metalowego przedmiotu.

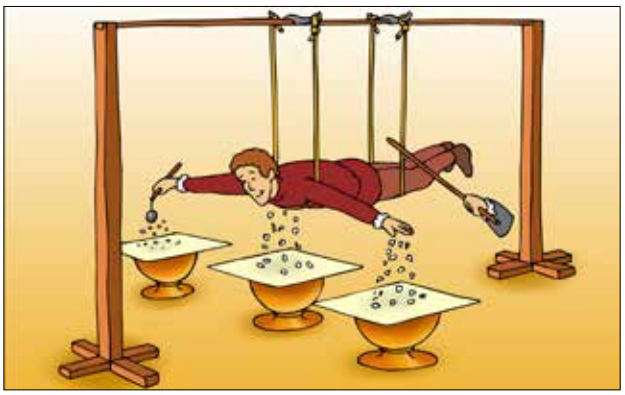
Łatwo odtworzyć eksperyment Graya i Desaguliers w klasie. Musimy umieścić miedzianą rurkę na plastikowym kubku, z małą kulką folii aluminiowej bądź spinaczem zawieszonym na nitce bardzo blisko jednego końca rurki. W chwili gdy naelektryzowany pręt PCV dotknie drugiego końca miedzianej rurki, z dala od spinacza, rurka przyciągnie spinacz.

To dowodzi, że ładunek z pręta PCV przekazywany jest do końcówki metalowej rurki, a ta przyciąga spinacz poprzez indukcję: metal jest przewodnikiem.

W ten sposób obaj badacze ustalili nową klasyfikację materiałów: *przewodniki elektryczne* (odpowiadające temu, co Tales uważał za materiały nieelektryzujące się) oraz materiały nieprzewodzące, znane jako *izolatory* (odpowiadające materiałom elektryzującym się u Talesa).

Ludzkie ciało przewodzi elektryczność

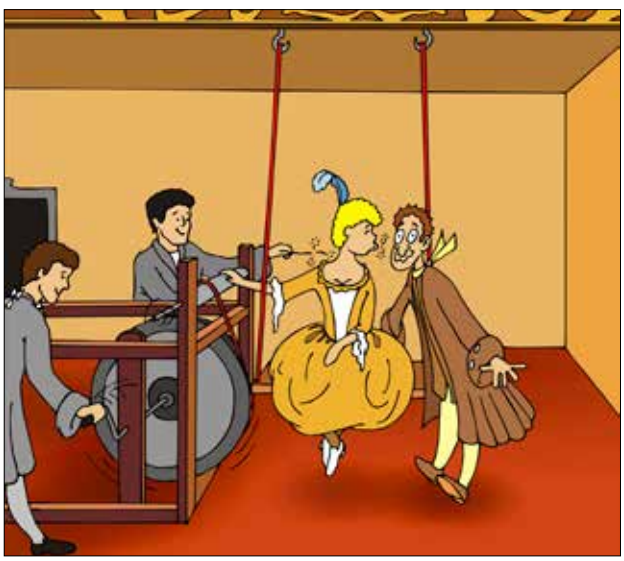
Gray i Desaguliers nadal prowadzili eksperymenty z różnymi materiałami wokół siebie, aby weryfikować właśnie odkryte prawa. Między innymi próbowali naelektryzować sobie palce pocierając je suknem, wełną, skórą, i tak dalej, żeby sprawdzić czy zaczną przyciągać papier. Doszli do wniosku, że palców nie da się naelektryzować przez pocieranie. Założyli, zgodnie z prawdą, że z ludzkim ciałem dzieje się to samo, co z rurką miedzianą – jest ona przewodnikiem i stąd ładunek nagromadzony przez pocieranie rozchodzi się po całym ciele i przenika do ziemi przez stopy, albo przez obuwie. Aby to sprawdzić, odizolowali człowieka zawieszając go na linach z bardzo suchego jedwabiu. Następnie podłączyli tę osobę do maszyny elektrostatycznej i sprawdzili, czy ciało pozostaje naładowane i utrzymuje ładunek tak, jak robiły to inne przedmioty (fot. 39).



Fot. 39. Naelektryzowany młody człowiek.

W ten sposób zademonstrowali, że ludzkie ciało jest przewodnikiem, mimo iż nie jest z metalu. To ujawniło koleją tajemnicę do zbadania: naturę przewodników niemetalicznych.

Te nowe odkrycia umożliwiły zrozumienie dlaczego Tales nie mógł naelektryzować metalowych przedmiotów, gdy trzymał je w ręku. Mimo iż pocieranie gromadzi duży ładunek elektryczny, przechodzi on przez ludzkie ciało, skąd kieruje się do ziemi przez buty. Kiedy to zrozumiano, idea zagościła na jarmarkach w postaci tak zwanego elektrycznego *pocałunku*: młodą dziewczynę izolowano za pomocą jedwabnych sznurów i naładowywano elektrycznie, jak opisaliśmy wyżej. Gdy całowała ona osobę nieodizolowaną, część ładunku spływała do ziemi przez ciało tej osoby, powodując charakterystyczne uczucie wstrząsu elektrycznego (fot. 40).



Fot. 40. *Elektryczny pocałunek*.

Węzeł trzeci, dzięki du Fay

Istnieją dwa rodzaje elektryczności

W roku 1733, zaledwie w cztery lata po odkryciach Graya, Charles François du Fay (1698-1739) odkrył coś, co miało kluczowe znaczenie dla rozwoju elektrostatyki: istnienie dwóch rodzajów elektryczności, które nazwał szklistą i żywiczną, a uzyskiwał je przez pocieranie kawałka szkła szmatką z jedwabiu (w dzisiejszej nomenklaturze nazywamy to ładunkiem dodatnim) bądź kawałek bursztynu lub innej żywicznej substancji (który nabywa wtedy ładunek ujemny).

Bardzo łatwo powtórzyć niektóre z eksperymentów du Fay w klasie z użyciem prostych materiałów. Zacznijmy od złączenia dwóch słomek różnego koloru i zawieśmy je mocując w miejscu ich połączenia, tak aby pozostawały w równowadze (fot. 41).

Fot. 41. Eksperyment du Fay w klasie.

W pierwszej części eksperymentu pocieramy słomkę żółtą (w naszym przykładzie) papierową serwetką, uważając by nie dotknąć rękami

części serwetki, która była w kontakcie ze słomką (fot. 42). Jeśli tę część serwetki zbliżymy do żółtej słomki, zobaczymy, że oba elementy się przyciągają (fot. 43).

Fot. 42 i 43.

Część druga eksperymentu polega na pocieraniu drugiej żółtej słomki (z dwóch połączonych i zawieszonych) nową serwetką. Łatwo sprawdzić, że kiedy dwie słomki się do siebie zbliżają, odpychają się nawzajem (Fot. 44).

Du Fay, którego badania inspirowane były pracami Graya i Desaguliers, interpretował wyniki swojego eksperymentu (i innych podobnych) zakładając, że kiedy słomkę z tworzywa pocieramy papierową serwetką. tworzywo zostaje naładowane ujemnie, a papier dodatnio. Badacz natychmiast wydedukował co się stało i zebrał w formie, którą nazywamy dziś Prawem du Fay: ładunki o tym samym znaku odpychają się, natomiast te o znakach przeciwnych przyciągają się.

Fot. 44.

Szereg trybologiczny

Po bardzo licznych testach, osiągnął wniosek, że istnieje naturalna tendencja do elektryzowania się, kiedy dwa elektrycznie obojętne ciała potrze się jedno o drugie (równe ładunki dodatnie i ujemne). Oba ciała się naładują, jedno dodatnio, a drugie ujemnie. Badając rodzaje i ilości ładunków, które otrzymują po potarciu, opracował uporządkowaną, empiryczną listę materiałów znaną jako *tabela* bądź też *szereg tryboelektryczny*. Był on oparty wyłącznie na rezultatach eksperymentów (fot. 45).

+ WIĘKSZY ŁADUNEK DODATNI
Ludzka skóra
Szkło
Nylon
Wełna
Jedwab
Papier
Bawełna
Guma
Polietylen
PVC
Teflon
Silikon
- WIĘKSZY ŁADUNEK UJEMNY

Tabela 45. Szereg tryboelektryczny.

Tabela 45 jest uporządkowana w taki sposób, że kiedy dwa materiały z szeregu potrzemy o siebie, materiał wyżej w tabeli naładuje się dodatnio, a materiał drugi ujemnie. Ponadto wielkość ładunku, którą uzyskają przez potarcie będzie proporcjonalna do odległości (różnicy miejsc) dzielącej oba materiały w tabeli.

Dlatego jeżeli potrzemy butelkę szklaną bawełnianą tkaniną, ładunek ujemny przejdzie ze szkła na bawełnę, pozostawiając butelkę naładowaną dodatnio, a tkanina naładuje się ujemnie. Musimy wziąć pod uwagę fakt, że pozycja materiału w szeregu zależy nie tylko od jego składu, ale też od charakterystyki powierzchni (czy jest wyszlifowana, podrapana, chropowata itd.).

Eksperymenty, które proponujemy przeprowadzić w klasie wykorzystują serwetki papierowe i słomki do napojów (PCV). Jak można wywnioskować z tabeli, tworzywo sztuczne naładuje się ujemnie, a papier dodatnio (fot. 46).

Fot. 46. Elektryzowanie izolatora.

Węzeł czwarty: Obserwacje wyładowań elektrycznych Benjamina Franklina

Nadal w wiedzy o elektryczności brakowało jednego kawałka układanki, by mogła stać się kompletną dziedziną wiedzy, a dostarczył go Benjamin Franklin (1706-1790). W liście do przyjaciela, Cadwalladera Coldera, naukowca i polityka, jak on sam, w czerwcu 1747, wyjaśnia, że elektryczność nie powstaje przez tarcie, ale jest pierwiastkiem, jak wodór czy tlen, który istnieje w przyrodzie i ani nie powstaje, ani nie ginie, a jedynie przechodzi z jednego ciała do drugiego.

W dzisiejszych czasach Franklinowski model wyjątkowego fluidu porzucono, jako nieprawidłowy, a zastąpiono modelem dwuładunkowym, którego też używamy w naszych opisach. Mówiąc dzisiejszym językiem powiemy, że istnieją dwa ładunki elektryczne, pierwotnie odkryte przez du Fay (dodatnie i ujemne), oraz że istnieją one w dokładnie tych samych ilościach w ciałach obojętnych. Ponadto, gdy potrzemy o siebie dwa ciała nienaelektryzowane, oba ładunki ulegną przemieszczeniu, przechodząc z jednego ciała do drugiego i pozostawiając jedno z nich naładowane dodatnio, a drugie ujemnie.

Prawa zachowania ładunku nie da się zweryfikować w klasie, ponieważ nie możemy prowadzić pomiarów ilościowych. Jak wszystkie prawa zachowania, wynika z symetrii. W tym przypadku jest to symetria cechowania; wg. twierdzenia Amalie Emmy Noether (1882 - 1935) zachowanie ładunku wynika z niezmienniczości względem transformacji cechowania funkcji falowej. Jednak na poziomie koniecznym dla naszych wyjaśnień, możemy przyjąć je za postulat, wydedukowany na podstawie dostrzeżenia, że kiedy potrzemy o siebie dwa obojętne ciała, ładunki, które w ten sposób otrzymają będą zawsze o przeciwnych znakach, a zatem logicznie będzie przypuścić, że po dodaniu ich suma nadal będzie równa zeru.

Franklin sformułował swoje prawo zachowania ładunku sto trzydzieści lat po eksperymencie Cabeo i dwa tysiące trzysta lat po pracach Talesa.

2.5. ELEKTRYCZNOŚĆ W POŁOWIE XXVIII WIEKU

Do roku 1750 upowszechniły się nowe prawa elektryczności. Wyrażone dzisiejszym językiem mówią one co następuje:

- Prawo 1: Istnieją dwa rodzaje ładunków elektrycznych, dodatni i ujemny. Świat zawiera oba ich rodzaje w równych ilościach.

- Prawo 2: Ładunek elektryczny ani nie powstaje, ani nie ulega zniszczeniu. Przechodzi tylko z jednego ciała do innego przez dotyk, bądź tarcie.

- Prawo 3: Wszystkie materiały da się naelektryzować poprzez tarcie. Znak ładunku nabytego przez oba materiały, które wchodzą w kontakt, wskazuje nam tablica tryboelektryczna, ustalona empirycznie, bez praw, którym miałaby podlegać i bez teorii na której mogłaby się opierać.

- Prawo 4: Istnieją materiały, które przewodzą prąd (przewodniki) i inne, które tego nie robią (izolatory).

Po odkryciu przewodników i izolatorów pojawiła się też teoria obwodów, ale trzeba było na nią poczekać do pojawienia się Georga Simona Ohma (1789-1854), który urodził się w roku Rewolucji Francuskiej. Teoria ta, ogłoszona w roku 1827, podaje słynne prawo Ohma łączące napięcie, opór elektryczny i natężenie prądu. Dało ono podstawę dla przesyłu prądu, powstania telefonu, elektroniki, komputerów i niekończącej się listy innych wynalazków, która stale się wydłuża. Ale to już inna historia.

Z pomocą tych czterech praw, które stanowią odpowiedź nauki na nowe odkrycia (gdy dowiedziono, że nie da się ich wyjaśnić już istniejącymi prawami) *można było wyjaśnić*, o czym sami się przekonamy, *wszystkie zjawiska elektryczne znane w połowie XVIII wieku*, zwanego też Wiekiem Światła. Spośród tych zjawisk wybraliśmy tylko jedno, szczególnie ważne dzięki roli, jaką pełni w oddziaływaniach międzycząsteczkowych, stanowiących początek naszej historii.

A. Polaryzacja przez indukcję

Fakt iż dowolny izolator (np. pręt PCV) naelektryzowany przez tarcie przyciąga nienaładowane izolatory bądź metale wynika z polaryzacji przez indukcję.

Mechanizm polaryzacji przez indukcję początkowo nie był jasny. Nie można było też go wyjaśnić bez stworzenia modelu cząsteczek polarnych bądź możliwych do spolaryzowania. Z tego powodu, w roku 1750, założono, że w tych małych przedmiotach ładunki o obu znakach były w jakimś stopniu rozdzielone. Jeżeli zbliżymy ujemnie naładowany pręt PCV do confetti, dodatnie ładunki w confetti (przyciągniętym przez pręt) spłyną do powierzchni najbliżej pręta, a ładunki ujemne (odepchnięte przez ujemnie naładowany pręt) ustawią się przy końcu najdalej od pręta, co spowoduje rozdzielenie się ładunków, polaryzując confetti.

Ponieważ confetti nie jest przewodnikiem, nie może przekazać ładunku prętowi, pozostaje przyczepione do PCV, a pręt pozostaje naelektryzowany. Ponieważ confetti nie jest przewodnikiem, trudno jednak wyjaśnić jak ładunki oddalają się od siebie w jego wnętrzu. To jedno z pytań bez odpowiedzi, które wyznaczyło kierunek nowych badań tamtych czasach. Aby pomóc w przyswojeniu sobie tych praw, proponujemy serię prostych eksperymentów, tak aby nasi uczniowie uświadomili sobie, na tyle na ile pozwala ich wiek, jak stosuje się prawa aby wyjaśniać zachowanie się przyrody.

B. Dlaczego naelektryzowany pręt przyciąga nienaładowany przedmiot?

Pręt PCV jest naładowany ujemnie po potarciu papierem (patrz wyżej: szereg tryboelektryczny).

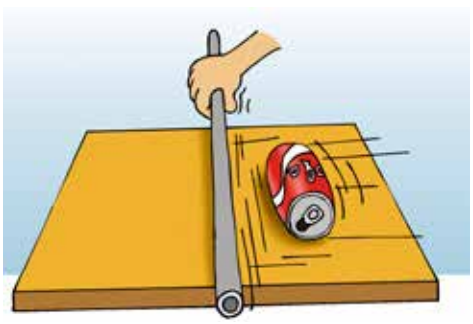
- Ponieważ metal w puszce jest przewodnikiem, ujemne ładunki w PCV odpychają ujemne ładunki w puszce, a te z kolei przemieszczają się jak najdalej od pręta (fot. 47).

- Gdy w przedmiocie rozdzielą się dodatnie i ujemne ładunki, dodatnie na jednym biegunie, a ujemne na drugim, wtedy mówimy, że przedmiot jest elektrycznie spolaryzowany (w tym wypadku przez indukcję).

- Jako że część puszki najbliżej pręta naładowana jest dodatnio, zostaje przyciągnięta przez pręt i przemieszcza się ku niemu.

- Ujemne ładunki puszki są dalej od pręta niż ładunki dodatnie, tak więc siła, z jaką będą odpychać pręt jest mniejsza niż siła działająca na część naładowaną dodatnio.

- Gdy puszka się toczy, dodatnie i ujemne ładunki przepływają wewnątrz niej tak, że pozostaje spolaryzowana w płaszczyźnie poziomej.



Fot. 47. Pręt przyciąga puszkę.

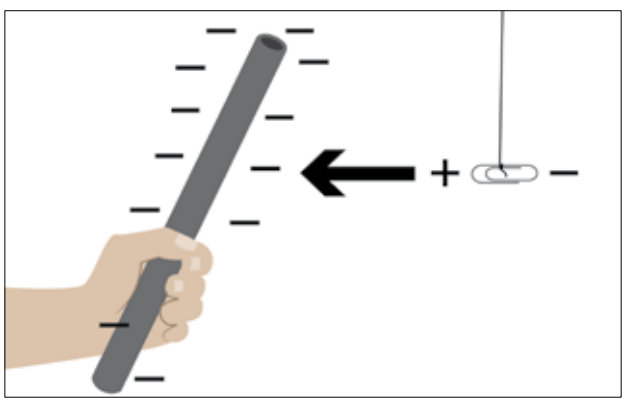
W ten sposób *wyjaśniliśmy* wyniki eksperymentu stosując prawa elektrostatyki.

C. Analiza eksperymentu Cabeo przy pomocy praw elektrostatyki

Elektryczną siłę odpychania odkrytą przez Cabeo —która oznaczała koniec modelu pojedynczego ładunku elektrycznego — można również wyjaśnić z użyciem odkrycia ładunków (+ i -) przez du Fay, przepływu ładunków w przewodnikach i zasady zachowania ładunku Franklina. Popatrzmy jak to się dzieje.

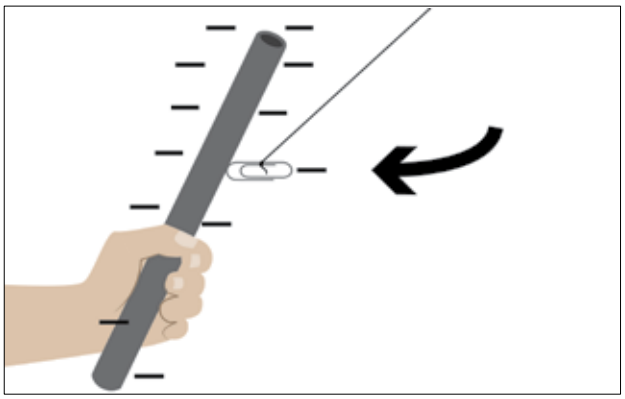
Jeśli potrzemy pręt PCV papierową serwetką, pręt naładuje się ujemnie, a serwetka — z uwagi na prawo zachowania ładunku Franklina — będzie posiadać równy prętowi ładunek dodatni.

Gdy mały przedmiot wykonany z przewodnika, np. spinacz, zbliży się do pręta PCV, ulegnie on polaryzacji w ten sam sposób, w jaki miało to miejsce z puszką: ujemne ładunki (które jak wiemy dziś mogą przemieszczać się we wszystkich metalach) uciekną w kierunku odległego końca, pozostawiając koniec bliższy naładowany dodatnio: w ten sposób spolaryzowany kawałek metalu będzie przyciągany przez ujemnie naładowany pręt (fot. 48).



Fot. 48.

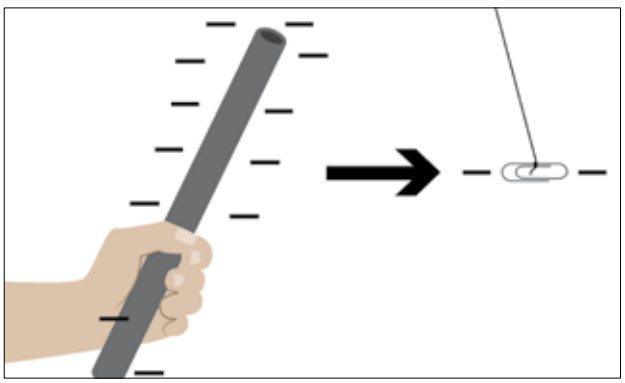
W rezultacie, przedmiot zbliży się do pręta, aż do zetknięcia z nim i przejęcia części z jego ujemnego ładunku, ponieważ jest to przewodnik (fot. 49).



Fot. 49.

- Kiedy nasze wahadło, spolaryzowane lecz obojętne, zetknie się z ujemnie naładowanym PCV, część ładunku z PCV przeniesie się na wahadło, ładując je ujemnie.

- W wyniku tego, powstanie siła odpychająca wahadło od ujemnie naładowanego PCV (fot. 50).



Fot. 50.

Na koniec eksperymentu oba ciała są naładowane ujemnie, wywołując siłę odpychania, która tak bardzo zaskoczyła Cabeo. Jako że nie dało się wyjaśnić tego zjawiska z pomocą modelu jednego ładunku, eksperyment ten doprowadził do zrewolucjonizowania elektrostatyki, zmuszając badaczy do wymyślenia nowych modeli, które mogłyby wyjaśnić ten wynik.

3. CZĘŚĆ TRZECIA: ELEKTROMAGNETYCZNY CHARAKTER ODDZIAŁYWAŃ MIĘDZYCZĄSTECZKOWYCH

Doszliśmy do trzeciej części naszej historii. Postaramy się w niej wyjaśnić siły odkryte w części pierwszej, wykorzystując znajomość elektrostatyki, którą przedstawiliśmy w części drugiej.

Opisaliśmy najpierw zachowanie się wody w zetknięciu z ciałami stałymi, z wykorzystaniem pojęć sił kohezji i adhezji. Następnie, w oparciu o procesy parowania i skraplania, postulowaliśmy istnienie cząsteczki wody oraz fakt, że jest ona obecna zarówno w stanie ciekłym, jak i gazowym. Co więcej, ponieważ wodę przyciąga ciało naelektryzowane, a nie przyciąga jej magnes, wysnuliśmy przypuszczenie, ze zjawiska mające wpływ na zachowanie wody musiały mieć charakter elektryczny. Wniosek ten wydawał się dobrą hipotezą roboczą i z jego powodu przyjrzeliśmy się następnie elektrostatyce, działowi nauki, który rozwinął się niezależnie od badań interakcji pomiędzy cieczami a ciałami stałymi.

Z perspektywy nauczania, pojawia się przed nami problem wprowadzenia (spolaryzowanej) cząsteczki wody w sposób przystępny dla uczniów, ale bez konieczności odwoływania się do jej składu atomowego. W ten sposób unikniemy długiej ścieżki rozwoju modelu atomu (wraz z całą złożonością okresowego układu pierwiastków chemicznych), a także formowania się cząsteczek, kwestii stechiometrii oraz właściwości atomów wyjaśniających elektryczną charakterystykę cząsteczki wody.

Proponujemy przeprowadzić kwerendę internetową aby zdobyć informacje o możliwych mode-

lach cząsteczki wody (proponowanych przez innych badaczy) i wykorzystać je do wyjaśnienia sił kohezji i adhezji. Wystarczy wpisać słowa *cząsteczka wody* do wyszukiwarki, wybrać zakładkę *grafika* i spojrzeć na wyniki wyszukiwania.

Jak widać, wszystkie obrazy reprezentują tę samą ideę: słynna i wszechobecna cząsteczka H_2O, utworzona przez dwa atomy wodoru o ładunkach dodatnich, połączone z pojedynczym ujemnie naładowanym atomem tlenu.

To dobry moment na refleksję na temat natury modeli naukowych, powodów dla których są tworzone oraz ich funkcji w badaniach naukowych. Model to ikonicza bądź symboliczna reprezentacja jakiejś części rzeczywistości, stworzona aby jasno wskazać pewne cechy tej części rzeczywistości, która ma podstawowe znaczenie w podjętym badaniu. Plan miasta jest dobrym przykładem modelu, podobnie jak reprodukcje w małej skali samochodów, pociągów, i tak dalej.

W naszym przypadku, skoro podejrzewamy elektryczny charakter sił kohezji i adhezji, powinniśmy wybrać taki model cząsteczki wody, w którym ładunki i ich rozkład są reprezentowane wprost. W oparciu o nasz model spróbujemy zrozumieć siły, które odkryliśmy i które badamy.

Dobry będzie każdy model, który posiada te cechy; możemy wykorzystać odpowiednio oznaczonych uczniów (np. czapki oznaczymy O- dla tlenu, a wyciągnięte ramiona trzymają plakat z napisem H+ w każdej ręce), pod warunkiem, że nasza reprezentacja cząsteczki pokaże stan polaryzacji elektrycznej (fot. 51).

W każdym z takich modeli cząsteczki wody, łatwo można zrozumieć występowanie siły przyciągania pomiędzy ujemnie naładowanym atomem tlenu i dodatnio naładowanym atomem wodoru w innych pobliskich cząsteczkach. A ponadto, jeżeli przypadkiem atomy tlenu dwóch pobliskich cząsteczek zbliżą się do siebie, pojawi się siła odpychania, która będzie temu zbliżeniu przeciwdziałać. Te siły przyciągania pomiędzy cząsteczkami są znane jako wiązania wodorowe, rodzaj sił wprowadzony przez Johannesa D. Van der Waalsa (1837-1923) w roku 1873. Z tego powodu znamy je jako *siły Van der Waalsa*.

Fot. 51. Polaryzacja cząsteczek wody: inscenizacja.

Musimy zdać sobie sprawę, że wprowadzając spolaryzowaną cząsteczkę wody zmieniliśmy nasz model – z prostego modelu opisowego na inny rodzaj – taki, który zapewnia nam wyjaśnienie sił w oparciu o prawa elektryczności.

Kiedy prawa spójnej dyscypliny (takiej jak elektryczność) możemy zastosować do modelu, aby wyjaśnić obserwowane fakty, mówimy, że opracowaliśmy teorię.

W takiej reprezentacji łatwo zidentyfikować wiązania wodorowe jako przyczynę występowania sił kohezji, czyli makroskopowy efekt (submikroskopowego) spolaryzowania cząsteczek.

Model jest tym bardziej przydatny, im więcej zjawisk wyjaśnia. Z tego powodu spróbujemy następnie wykorzystać ten sam model czą-

steczki by zrozumieć siły adhezji, zakładając że one również mają charakter elektryczny.

Rozpoczniemy od najprostszego przypadku, w którym cząsteczka jest w kontakcie z nieprzewodzącą powierzchnią złożoną z cząsteczek niespolaryzowanych, jak na przykład papier olejowany bądź woskowany. Jak widzieliśmy w części pierwszej, a możemy sobie o tym przypomnieć przeglądając nasze notatki, kropla wody nie przywiera do olejowanego papieru. Dzieje się tak dlatego, że pomiędzy wodą a olejem nie występują siły adhezji; wyjaśnia to również dlaczego obie ciecze się nie mieszają (i rozdzielają się z uwagi na odmienne gęstości). Wykorzystując nasz model możemy dojść do wniosku, że naładowane części cząsteczek wody nie znajdują przeciwnych ładunków, które mogłyby je przyciągnąć na powierzchni naolejowanego papieru. W rezultacie siły adhezji są zerowe. Teflon jest też powierzchnią tego rodzaju – jest on używany w tkaninach wodoodpornych.

Przypadek drugi obejmuje powierzchnie materiałów, których cząsteczki są spolaryzowane, jak np. szkło (dwutlenek krzemu). Atomy tlenu wykazują duże powinowactwo do elektronów — prawie trzy razy większe niż krzem — dlatego powierzchnię szkła możemy modelować jako bardzo spolaryzowaną, złożoną z dodatnich atomów krzemu i ujemnych atomów tlenu. Z tego powodu cząsteczki wody, które są również spolaryzowane, mocno się połączą z dodatnimi i ujemnymi ładunkami na powierzchni, czego wynikiem będą ważne dla nas siły adhezji. Siły te są odpowiedzialne za wznoszenie się cieczy w kapilarach i naczyniach włosowatych.

Na koniec przyjrzymy się siłom adhezji do powierzchni metalowej, jak np. arkusz folii aluminiowej (podobnie jak we wstępnych eksperymentach, które pomogły nam skonceptualizować sobie te siły). Aby pokazać co dzieje się gdy cząsteczka wody styka się z powierzchnią z aluminium, oba elementy przedstawmy na prostym diagramie.

Gdy ujemnie naładowany tlen zbliża się do aluminium, ruchome ujemne ładunki w metalu czują odpychanie tlenu i odsuwają się od powierzchni; Wynikiem ich braku przy powierzchni będzie powstanie obszaru o dodatnim ładunku netto w miejscu najbliżej atomu tlenu, który przyciągnie tlen do tego obszaru, pociągając całą cząsteczkę w kierunku powierzchni. Wynikiem tego jest pojawienie się siły przyciągania pomiędzy cząsteczką wody i metalem, które to przyciąganie identyfikujemy jako siłę adhezji.

Podobnie możemy ustalić co się stanie gdy najbliżej powierzchni znajdzie się atom wodoru. Dodatni ładunek tego atomu przyciągnie swobodne ładunki ujemne w metalu tworząc ujemnie naładowany obszar w pobliżu atomu wodoru, który zadziała na niego odpowiednią siłą przyciągania. Jak w poprzednim przypadku, powstałą siłę również identyfikujemy jako adhezję.

Bardzo łatwo połączyć te zjawiska z ruchem puszki, do której zbliżaliśmy naładowany pręt PCV, który polaryzował puszkę poprzez indukcję.

Rozważymy teraz napięcie powierzchniowe jako opór powierzchni cieczy przed jej zerwaniem przez jakiś przedmiot.

W rezultacie powierzchnia może dawać oparcie lekkim przedmiotom. Ponadto elektryczne siły przyciągania między cząsteczkami na powierzchni starają się tę powierzchnię kurczyć, w ten sam sposób, w jaki ma to miejsce w gumowym balonie, co wyjaśnia nasz model sprężystej skóry (fot. 52).

Dlaczego powierzchnia wody jest tak sprężysta?

Fot. 52. Obserwacja napięcia powierzchniowego.

Napięcie powierzchniowe odpowiada też za kulisty kształt kropli.

Powinniśmy wykorzystać ten sam model do wyjaśnienia adhezji, próbując zrozumieć dlaczego woda lgnie do niektórych powierzchni mocniej, a do innych słabiej.

Powierzchnie możemy podzielić na dwa rodzaje: powierzchnie o naturze metalicznej (a zatem przewodzące), oraz powierzchnie niemetaliczne, złożone z cząsteczek, które da się spolaryzować, albo kompletnie pozbawione biegunów.

W przypadku powierzchni przewodzących, ładunki cząsteczki wody (indukcyjne) spolaryzują powierzchnię, z którą się stykają, a pojawiające się siły przyciągania będą podobne do tych, które ujawniły się gdy naelektryzowany pręt zbliżaliśmy do puszki po napoju.

W przypadku powierzchni spolaryzowanych, jak szkło, łatwo wyjaśnić występowanie adhezji: atomy wodoru są przyciągane przez ujemne cząsteczki tworzące powierzchnię, a atomy tlenu przez cząsteczki naładowane dodatnio. W zależności od stopnia polaryzacji cząsteczek na powierzchni mamy do czynienia z większymi bądź mniejszymi siłami adhezji.

Na koniec możemy przyjrzeć się powierzchniom niespolaryzowanym ciał stałych, na przykład z wosku, parafiny, czy papieru olejowanego. W tym przypadku nie pojawiają się siły adhezji, jako że nie występują tu oddziaływania międzycząsteczkowe. Dlatego też olej i woda się ze sobą nie mieszają. W tym przypadku można powiedzieć, że woda nie zwilża powierzchni.

3.1. ROZWAŻANIA: PIAGETOWSKA STRUKTURA HISTORII A DYDAKTYCZNA ORGANIZACJA WIEDZY

Jak widzieliśmy, nie zawsze warto trzymać się ściśle historii w przypadku zajęć w klasie.

Proces zastępowania prawa bądź zespołu praw innymi, nowymi prawami należy przestudiować wystarczająco szczegółowo, ponieważ to jedyny sposób budowania wiedzy.

Prawa Talesa wyjaśniały wyniki eksperymentów do roku 1624. Gdy próbowano je wykorzystać do wyjaśnienia nowych wyników (Cabeo, Graya, Desaguliers, i du Fay) prawa te zawiodły i powstała konieczność opracowania nowych (a nawet wprowadzenia nowej zasady, jak zrobił to Benjamin Franklin) które pozwoliłyby nam *wyjaśnić te nowe wyniki*. Jean Piaget przedstawia ten proces wymiany praw, jako proces konstruowania wiedzy i dzieli go na następujące kroki:

1. Sytuacja, w której znane prawa wyjaśniają całość dostępnych wyników eksperymentów. Układ świat *rzeczywisty - reprezentacja mentalna* pozostaje w równowadze.

2. Powstają nowe odkrycia w formie wyników eksperymentów. Próby wyjaśnienia nowych wyników starymi prawami powo-

dują, że prawa te zawodzą, czego wynikiem jest *nierównowaga* pomiędzy zachowaniem się świata rzeczywistego a jego reprezentacją umysłową.

3. W rezultacie tej nierównowagi, konieczny jest nowy zespół praw, który pozwoli naszej reprezentacji mentalnej *dostosować* się do świata rzeczywistego.

4. Ten nowy zespół praw musi wyjaśniać zarówno stare wyniki, jak i nowe.

5. Na zakończenie tego procesu mamy nowy schemat, który *wyjaśnia* większą liczbę wyników eksperymentów. Innymi słowy, wyjaśnia nam więcej rzeczywistości. Ponownie dochodzimy do sytuacji równowagi.

Jednak prawa są tylko prawami, czyli nie zapewniają wyjaśnień dlaczego same istnieją i nigdy nie generują więcej wiedzy, niż same zawierają. Rzeczywiście, możemy powiedzieć że wiedza tworzy się gdy uzyska się rezultat eksperymentu, który przeczy istniejącym prawom i zmusza nas do ich modyfikacji, czy też dostosowania. **Badania naukowe to prawdopodobnie jedyny obszar, gdzie prawa są ustalane po to, żeby je łamać**, a same badania obejmują szukanie wad i luk w istniejących prawach.

Poziom wyższy od praw zajmują teorie. Teoria powstaje z modelu (w naszym przypadku jest to model molekularny) którego elementy podlegają prawom innych, już skonsolidowanych dyscyplin.

Jak powiedzieliśmy, model mentalny stanowi reprezentację świata za pomocą ikon bądź obrazów symbolicznych. Wykorzystaliśmy kulki szklane i samych uczniów do reprezentacji cząsteczek i wiązań między sobą nawzajem i między sobą a stołem, do reprezentacji oddziaływań międzycząsteczkowych.

BW oparciu o te modele możemy wydedukować znane już prawa, które są relacjami ilościowymi spełnionymi przez wielkości tworzące model.

Dlatego też cząsteczki, które posiadają ładunki elektryczne, przestrzegają praw elektryczności i poruszają się i zderzają zgodnie z prawami mechaniki. Aby uznać teorię za odpowiednią, powinno dać się z niej wydedukować prawa niższego rzędu (a ponadto także wszelkie nowe procesy i prawa, które mogły jeszcze nie zostać odkryte). W badanym przypadku ponad teorią molekularną znajduje się teoria atomowa, a na poziomie jeszcze wyższym tzw. model standardowy (w rzeczywistości będący teorią). W ten sposób teorie (czasem zwane modelami teoretycznymi) są ułożone jak warstwy cebuli. Na zewnątrz są najświeższe dokonania nauki, a schodząc coraz bardziej w głąb dojdziemy do poziomu podręczników, które robią się coraz bardziej podstawowe im głębiej schodzimy[1].

3.2. CO WYJAŚNIAJĄ PRAWA?

Prawa nie wyjaśniają niczego: służą do przewidywania wyników eksperymentów. Widzimy jednak, że nie robią tego bezpośrednio, ponieważ łańcuch procesów pośrednich występujących w tak prostym z pozoru zjawisku jak przyciąganie confetti przez naelektryzowany pręt może wymagać stosowania kilku praw i właściwości.

[1] Czasami rozróżnia się gazy i pary w zależności od ich temperatury. Parę można skroplić zwiększając ciśnienie, aby natomiast skroplić gaz, należy najpierw obniżyć jego temperaturę. Jednak w naszym przypadku rozróżnienie to nie jest istotne.

4. WNIOSKI

W ramach projektu mogliśmy zbadać zdolność dzieci do wizualizacji świata, którego nie są w stanie dostrzec własnymi oczami. Z tego powodu wszystkie opisane zajęcia skupiają się na różnicy pomiędzy światem mikroskopowym i makroskopowym. Odkrywamy jak działa świat i z czego jest zrobiony. Innymi słowy, wyruszamy w podróż poprzez materię, którą postrzegamy jako ciała stałe, ciecze, gazy, a także plazmę.

W przeprowadzonych przez siebie badaniach, uczniowie dowiadują się z czego składa się woda, jakie siły działają gdy kropla przykleja się do innej substancji, co dzieje się podczas parowania, a także jak spinacz może opierać się na powierzchni wody. Dzięki temu dzieci odkrywają w prosty sposób, że świat składa się z atomów, cząsteczek i kryształów, których nasze oko nie widzi, ale które istnieją, a ich działanie musimy zrozumieć

.

CZĘŚĆ DRUGA

ZE SZKOLENIA DO SALI LEKCYJNEJ: ZASTOSOWANIA PRAKTYCZNE

WSTĘP

W części drugiej przewodnika «Jak wprowadzić naukę na zajęciach w przedszkolu: *Z czego zrobiony jest świat?»* pokażemy co naprawdę zaszło się w praktyce w naszych partnerskich ośrodkach edukacyjnych i ustalimy wspólną metodę w oparciu o badania przeprowadzone w salach lekcyjnych.

Począwszy od prostych eksperymentów, wyruszyliśmy ścieżką stawiania pytań o obserwowane fakty, co pozwoliło dzieciom budować teorie i modele, aby wyjaśnić otaczający je świat. W opisanych poniżej przykładach, uczniowie podejmowali aktywne role w całych badaniach nad zachowaniem się wody w różnych sytuacjach w świecie fizycznym.

Od pierwszych bezpośrednich szkoleń, które nasi partnerzy odbyli na początku projektu, a które zostały opisane w pierwszej części przewodnika, proponowane doświadczenia odpowiadały kryteriom pedagogicznym oraz zdolnościom poznawczym uczniów. Podział tematów przedstawiał się następująco:

- **Przedszkole 34 (Polska)**. Co przykleja się do innych przedmiotów? Eksperymenty z kohezją i adhezją. Głównym celem doświadczeń badawczych w tym przypadku było odkrycie sił, których nie dostrzegamy gołym okiem.

- **Szkoła Publiczna San Francisco (Hiszpania)**. Woda w obecności innych przedmiotów. Tutaj celem było również odkrycie sił adhezji i kohezji. Przeprowadzone eksperymenty wiązały się z odkryciem tych sił.

- **Tallina Asunduse (Estonia)**. Cel eksperymentów przeprowadzonych w placówce estońskiej nakierowany był na odkrycie istnienia rzeczy, których nie dostrzegamy oczami. Aby to zrobić, prowadzono eksperymenty umożliwiające odkrycie cząsteczek i ładunków elektrycznych.

- **Zilvitis (Litwa)**. Szkoła na Litwie prowadziła eksperymenty z wodą, aby dowiedzieć się o skraplaniu i parowaniu, odkryć model molekularny i dojść aż do obiegu wody w przyrodzie.

- **Zespół Szkół CPR w Gijón (Hiszpania)**. Tu celem było odkrycie, że siły adhezji i kohezji mają charakter elektryczny.

- **KPCEN w Bydgoszczy**. Opracowanie materiałów wspierających nauczycieli dla projektu “Z czego zrobiony jest świat?”

W części pierwszej opisujemy ogólny schemat zbierania przez nauczycieli materiałów powstałych podczas badań naukowych podjętych w klasie, Schemat ten został rozesłany do wszystkich naszych partnerów celem wykorzystania jako szablon.

W części drugiej przedstawiamy wnioski z przeprowczonych obserwacji i badań.

W części trzeciej każdy partner przedstawia wyniki własnych projektów, jako praktyczne przykłady przeniesienia zaleceń z pierwszej części przewodnika do sali lekcyjnej, zgodnie z proponowanym schematem ogólnym.

CZĘŚĆ I

SZABLON DO WYKORZYSTANIA W DOKUMENTACJI WSZYSTKICH ZAJĘĆ

Każdy dokument musi zawierać następujące sekcje:

1. Tytuł projektu badawczego

Przykład: *Odkrywanie napięcia powierzchniowego*.

2. Opis działania

Powinien on obejmować całkowitą liczbę godzin spędzonych nad projektem, szkołę, w której projekt został przeprowadzony, liczbę i charakter zaangażowanych nauczycieli, wykorzystane materiały, metodologię, literaturę, opis grup uczniów, i tak dalej.

Poniżej znajdują się przykładowe informacje wymagane do opisu grupy uczniów:

Liczba uczniów (chłopców i dziewcząt), przedział wiekowy, warunki szczególne i wszelkie inne informacje opisujące cechy danej grupy.

3. Cel projektu badawczego

Cel powinien zawsze zawierać treść naukową, zastosowane metody eksperymentalne, a także strukturę wiedzy naukowej. Cel może być szczegółowy (*jak pomiar napięcia powierzchniowego*) lub bardziej ogólny (*jak odkrycie praw elektryczności, struktura wiedzy naukowej z wielkościami, prawami, modelami, i teoriami, bądź opis sposobu, w jaki naukowcy organizują i wykonują prace badawcze*).

4. Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Opis tego, jak uczniowie odbyli dane zajęcia, bądź działania.

4.1 Ocena stanu dotychczasowej wiedzy uczniów przed rozpoczęciem zajęć, obejmująca zarówno treść jak i strukturę wiedzy naukowej (NOS).

4.2 Opis wykorzystanej metodologii. Dla większej jasności podajemy przykład opisu stosowanej metodologii:

a) Pierwszym zadaniem jest **analiza ontologii (zestawu niezbędnych pojęć)** zorganizowana w formie mapy pojęciowej Novaka:

b) Mapę pojęciową należy następnie rozrysować.

Na mapie pojęciowej, poziom najwyższy (finalny) odpowiada pojęciom niezbędnym do opisu procesu będącego obiektem naszych działań, z użyciem wielkości naukowych. Najniższy (początkowy) poziom musi odzwierciedlać pojęcia, które są dla uczniów zrozumiałe *ab initio* (poziom Ausubela). Aby spełnić warunki efektywnego uczenia się (ang. meaningful learning), nauczyciel powinien zaprojektować konstruktywną ścieżkę łączącą poziom Ausubela z poziomem finalnym.

Jeśli wiek uczniów na to pozwala, nauczyciel może wprost wskazać sposób, w jaki pojęcie staje się wielkością: procesy pomiarowe, ustalenie jednostek, itd.

c) Doniosłość dociekań w pracy naukowej: Natura dociekań naukowych (NOSI).

Na początek, nauczyciel powinien wybrać prowokujący eksperyment, stanowiący dla uczniów pewne wyzwanie. Posłuży on zarówno do rozbudzenia ich ciekawości, jak i do oceny ich dotychczasowej wiedzy na interesujący nas temat. Dla przykładu, gdy badamy elektryczność, takim stymulującym eksperymentem może być doświadczenie Talesa.

Po przeprowadzeniu prowokującego eksperymentu, uczniów należy poprosić, aby opisali cały proces własnymi słowami, odpowiadając na standardowe pytania:

Co się stało?
Jak to się dzieje?
Dlaczego tak się dzieje?

d) Wykrywanie błędnych przekonań

Na podstawie udzielonych przez uczniów odpowiedzi, nauczyciel powinien ocenić ich dotychczasową wiedzę, poziom wg. skali Ausubela oraz zdolność do użycia języka aby precyzyjnie opisać, co zobaczyli. W tym samym czasie należy też sprawdzać, czy uczniowie mają jakieś błędne przekonania. Te błędne przekonania należy rozwiewać w toku dyskusji klasowych, przy wsparciu odpowiednich eksperymentów zaprojektowanych ad hoc.

e) Ścieżka eksperymentalna

Nauczyciel, wykorzystując metodę sokratejską powinien nakierowywać uczniów na projektowanie eksperymentów koniecznych do odpowiedzi na standardowe pytania, co będzie też przydatne u konstrukcji pojęć i w odkrywaniu praw i modeli dostosowanych do wieku uczniów. Ta podróż ścieżką eksperymentów, w kierunku jaki nadają podane wyżej pytania to esencja pracy naukowej.

Na ile to możliwe, trzeba ją dostosować do historycznej ścieżki rozwoju nauki.

W całej edukacyjnej podróży będą też wprowadzane eksperymenty nadające się na ćwiczenia ewaluacyjne, które pomogą sprawdzić przyswojenie przez uczniów zdobytej wiedzy. Ćwiczenia te należy wykonywać po prezentacji najistotniejszych bądź szczególnie trudnych pojęć.

5. Końcowa ocena działań

Aby upewnić się, że proces nauczania przyniósł oczekiwane rezultaty, nauczyciel musi zaproponować nowy eksperyment, którego uczniowie dotąd nie znali, a którego wyjaśnienie będzie wymagać pojęć z samej góry mapy Novaka. Uczniowie powinni nie tylko zidentyfikować pojęcia, ale też zastosować prawa, modele, i teorie (zgodnie z testami kompetencji PISA) potrzebne do teoretycznego wyjaśnienia dlaczego i jak dany proces zaszedł.

Dla oceny elektryczności, odpowiedni byłby eksperyment z dzwonkami Franklina, w którym by wyjaśnić co się dzieje potrzebujemy każdego z pojęć. Ocena obejmuje porównanie poziomu wiedzy zdobytej przez uczniów z ich wiedzą na wstępie. Na tym etapie nie powinny już być zauważalne żadne błędne przekonania.

6. Rozważania podsumowujące

Wszelkie rysunki, zdjęcia, diagramy, czy zapisy sporządzone przez uczniów w toku zajęć należy załączyć do sprawozdania. Materiałom graficznym musi towarzyszyć odpowiedni opis tekstowy.

Każdy z partnerów projektu musi uzyskać pozwolenia rodziców na publikację wizerunków dzieci.

CZĘŚĆ 2

WYNIKI I WNIOSKI Z ZAJĘĆ PRZEDSTAWIONE ZGODNIE Z ZAŁOŻENIAMI OGÓLNYMI

Jak pisaliśmy we wstępie, nasi partnerzy wprowadzili w praktyce propozycje koordynatorów, w oparciu o odbyte szkolenia, aby zademonstrować, że niezależnie z którego kraju Unii Europejskiej pochodzą, bez względu na uwarunkowania społeczne i gospodarcze, język, kulturę, religię, płeć, etc., przy solidnym przeszkoleniu naukowym, stosując odpowiednią metodę, nauczyciele mogą wprowadzać wiedzę naukową do klas od najwcześniejszych etapów edukacji. Zadaniem nauczycieli jest zrozumieć, jaki poziom wiedzy są w stanie osiągnąć u uczniów, w oparciu o ich obecny etap poznawczy, zgodnie z opisem Piageta.

Wszystkie te rozważania można znaleźć w przewodniku *Wiedza naukowa w przedszkolu i szkole: propozycja nowej metodologii*, wraz z zaleceniami dotyczącymi stworzenia wspólnych kryteriów nauczania wiedzy naukowej do zastosowania na terytorium Unii Europejskiej.

Wracając do klas naszych partnerów, wyniki uzyskane we wszystkich doświadczeniach wskazują jak, prowadząc eksperymenty i podążając po różnych ścieżkach, osiągnięto wspólne wnioski, przy czym dzieci były prawdziwymi badaczami i samodzielnie odkrywały prawa, modele i teorie dostosowane do własnego etapu rozwoju poznawczego.

Wnioski, które można wyciągnąć z klasowych zastosowań zgodnie z oczekiwanymi wynikami projektu są następujące:

1. Nauczyciele przyznali, że zaszła u nich zmiana podejścia do nauki, co uzasadnia potrzebę prowadzenia szkoleń.

2. Nauczyciele odbyli i ocenili szkolenie przeprowadzone na początku projektu, w dwóch proponowanych obszarach tematycznych: *Z czego zrobiony jest świat? i Archeologia w klasie*.

3. Pozytywnie odebrany został nowy sposób patrzenia na świat w skali mikro; możemy uczyć o przyrodzie i odkrywać, czym jest, prowadząc proste eksperymenty związane z życiem codziennym.

4. W odniesieniu do samych uczniów, nauczyciele przekonali się, że kwestie te można omawiać w klasie i że dzieci mają ogromną zdolność konstruowania modeli naukowych dostosowanych do własnego poziomu edukacyjnego.

5. Dzieci pokazały inny sposób patrzenia na świat poprzez swoje rysunki, co miało szczególne znaczenie dla zjawisk niewidocznych gołym okiem.

6. Coraz bardziej istotne jest wprowadzanie nauczania wiedzy naukowej od wczesnego dzieciństwa, ponieważ dzieci chcą zadawać pytania, rozwiązywać problemy i zastanawiać się nad wszystkim, co zaobserwują.

7. Nauczyciele potwierdzili zmianę w myśleniu dzieci, które spotkały się z wiedzą naukową: „To już nie “magia”, tylko “nauka”.”

8. Rozwiewamy mit, że nauka to zabawa; owszem, nauka może być przyjemna, przekazywanie wiedzy naukowej ma jednak na celu pokazanie sposobu myślenia i rozwiązywania problemów. Innymi słowy, obejmuje zmianę tego jak myślimy, aby konstruować wiedzę.

9. Zaobserwowaliśmy, że chłopcy i dziewczynki reagują w ten sam sposób i z takim samym zainteresowaniem na wiedzę naukową, co jest zgodne z wynikami najnowszych badań[1].

10. Z odpowiedzi nauczycieli na kwestionariusze Ledermana jasno wynika potrzeba zdobycia przez nich głębszej wizji nauki, opartej na strukturze niej samej (natura dociekań nauk.). Niezbędne jest określenie kluczowych treści naukowych w programach nauczania w Unii Europejskiej w celu szkolenia nauczycieli przedszkoli, szkół podstawowych i średnich.

Podsumowując tę część, podzielimy się następującą refleksją. Nauczyciele mają przywilej wpływania na społeczeństwo, ponieważ ich rolą jest przekazywanie przyszłym obywatelom wiedzy i postaw koniecznych do życia w społeczeństwie zaawansowanym technologicznie, czyli zapewnienie, że uczniowie posiądą to, co Lederman i Charpak nazywają *kulturą naukową*.

Jako że nauczanie na wczesnych etapach edukacji wymaga aktywnego udziału rodzin uczniów, sposoby skupienia się na problemach i jednolita filozofia nauczania docierają praktycznie do wszystkich obywateli Unii Europejskiej. Wiedza szczegółowa zorganizowana jest wokół sposobu myślenia i zestawu wartości, które nabywa się wyłącznie w sposób naturalny w młodym wieku, który zbiega się też z wiekiem socjalizacji uczniów.

Sygnał radiowy przesyłany jest do naszych telewizorów, telefonów komórkowych i radioodbiorników, albo pozwala urządzeniom łączyć się ze sobą za pomocą technologii *bluetooth*; ultradźwięki otwierają i zamykają drzwi naszych garaży i umożliwiają nam oglądanie obrazów w aparatach USG; promienie RTG natomiast także pozwalają nam zaglądać do wnętrza naszych ciał. Wszystkie te zjawiska są częścią codziennego życia uczniów na wczesnych etapach kształcenia. Celem naszego przewodnika jest pomóc dzieciom rozwijać się w świecie, którego działanie w znacznej mierze wymyka się naszym zmysłom..

[1] Związane z płcią stereotypy co do zdolności intelektualnych pojawiają się wcześnie i mają wpływ na zainteresowania dzieci. Lin Bian, Sarah-Jane Leslie i Andrei Cimpian. Science 355 (6323), 389-391

CZĘŚĆ 3

BADANIA PRZEPROWADZONE PRZEZ PARTNERÓW

OŚRODEK DOSKONALENIA NAUCZYCIELI GIJÓN--ORIENTE (GIJÓN, HISZPANIA). **ODKRYWANIE PRAW ELEKTROSTATYKI**

1. WSTĘP KOORDYNATORA

Przykład wybrany z Centrum CPR Gijón to badania przeprowadzone przez ośrodek Centro Rural Agrupado, (CRA) w Eugenia Astur-La Espina, w Asturias. Badania przeprowadził nauczyciel z uczniami w różnym wieku, ponieważ ten wiejski ośrodek edukacji grupuje kilka roczników razem.

Projekt zatytułowano "Niewidzialne Siły". Celem było przedstawienie pojęć modeli elektrostatycznych, praw, oraz teorii dzieciom. Na początku nauczyciel przeprowadził prowokujący do myślenia eksperyment, polegający na potarciu plastikowego długopisu i zbliżeniu go do małych kawałków papieru. Od tego dzieci rozpoczęły swoją podróż badawczą. Prowadząc inne powiązane eksperymenty, nauczyciel nakierował dzieci na odkrycie praw elektryczności, jednak zawsze to same dzieci je odkrywały, zgodnie z podejściem konstruktywistycznym i eksperymentalnym.

2. METODY WYKORZYSTANE W BADANIU

Przed rozpoczęciem badań, nauczyciele opracowali mapę Novaka, czyli mapę pojęciową zjawisk, które chcieliśmy zbadać w ramach projektu. Struktura mapy oparta była na założeniach konstruktywistycznych i nakreśliła naszą ścieżkę eksperymentalną. Opracowaliśmy też przewodnik zawierający kroki badawcze prowadzące uczniów do odkrycia praw elektryczności. Przewodnik składał się z następujących części:

- Luźne spostrzeżenia: rozbudzanie ciekawości.
- Eksperymenty 1, 2, i 3.
- Wymyślenie nazwy dla nowoodkrytego zjawiska.
- Wprowadzenie nowych pojęć.
- Eksperyment 4 w celu przyswojenia wiedzy.
- Nowe pojęcia.
- Wnioski.

3. OPRACOWANIE PROJEKTU BADAWCZEGO: ODKRYWANIE PRAW ELEKTROSTATYKI

Badania przeprowadził w czasie roku szkolnego nauczyciel Miguel Ángel Moreno w swojej klasie, w grupie trzynaściorga dzieci.

3.1. POTRZEBNE PRZEDMIOTY

Wykorzystaliśmy następujące przedmioty: długopisy, małe kawałki papieru, serwetki, spinacze do papieru, linkę nylonową, balony, puszki po napojach, pręty PCV, folię aluminiową i patyczki do szaszłyków.

3.2. GŁÓWNE ŹRÓDŁA

Najważniejsze wykorzystane źródła to Wirtualna Klasa CSIC (www.aulavirtual.csic.es), strona CSIC at School (www. csicenlaescuela.csic.es) oraz portal internetowy KIDS.CSIC.es (www.kids.csic.es).

3.3. CEL BADAŃ

Celem badań było wykorzystanie modeli, teorii, i praw do przedstawienia dzieciom praw elektrostatyki.

3.4. POCZĄTEK BADAŃ: OPIS SKŁANIAJĄCYCH DO MYŚLENIA EKSPERYMENTÓW I WYNIKÓW

Rozpoczęliśmy badania od eksperymentu, który przykuł uwagę dzieci i je zmotywował. Potarliśmy długopis o nasze ubrania i zbliżyliśmy go do małych kawałków papieru. Zjawiskiem tym bawiliśmy się w klasie już wcześniej, nigdy jednak nie zadając sobie pytania, co się właściwie dzieje. Dzieci udzieliły różnych odpowiedzi:

> *— Ja myślę, że pocieranie długopisu generuje elektryczność statyczną. To nie magia, tylko nauka.*
>
> *— Pocieranie długopisu generuje elektryczność statyczną.*
>
> *— Pocieranie długopisem o ubrania wytwarza siłę i dlatego kawałki papieru się do niego przyklejają* — Tu ciekawy jest fakt, że uczeń wskazał, że mamy do czynienia z „siłą".

Wszyscy uczniowie mieli jakieś pojęcie o elektryczności statycznej, ale trzeba było przeprowadzić więcej badań, aby odkryć naturę tej siły.

Korzystając z okazji, przedstawmy definicję eksperymentu: jest to zespół procesów przygotowanych bądź zaprojektowanych (w laboratorium) aby zwiększyć naszą wiedzę, w celu wyjaśnienia naturalnie występujących zjawisk.

To, co przeprowadziliśmy wcześniej w sposób nieformalny, było właśnie eksperymentem. Następnie zajęliśmy się tym z większą uwagą.

3.5. OPIS EKSPERYMENTU NR 1: PRZYGLĄDAMY SIĘ SZCZEGÓŁOWO PROWOKUJĄCEMU EKSPERYMENTOWI

Poprzednio od razu pocieraliśmy długopisem o ubrania. Tym razem chcieliśmy powtórzyć ten eksperyment zbliżając długopis do kawałków papieru bez pocierania. Wyniki zapisaliśmy w zeszytach.

Następnie potarliśmy długopis o ubranie i zbliżaliśmy go do kawałków papieru, papierowej serwetki, włosów kolegów z klasy, i tak dalej. Obserwowaliśmy co się działo i skrzętnie notowaliśmy wyniki.

Zaobserwowaliśmy, że aby nasza „siła" zadziałała, konieczne jest potarcie długopisu. Ale dlaczego?

3.6. OPIS EKSPERYMENTU 2: CZY DŁUGOPIS PRZYCIĄGA INNE RZECZY?

W tym eksperymencie przywiązaliśmy linkę nylonową do spinacza biurowego, a następnie, po potarciu długopisu zobaczyliśmy, że długopis i spinacz zbliżają się do siebie. Zaobserwowaliśmy, że dzieje się to samo, co z długopisem i małymi kawałkami papieru.

Żeby zbadać sprawę głębiej, przeprowadziliśmy trzeci eksperyment.

3.7. OPIS EKSPERYMENTU 3: BALON I PUSZKA

Wzięliśmy nadmuchany balon, którego wcześniej nie pocieraliśmy, i zbliżyliśmy go do pustej puszki po napoju. Jak zaobserwowaliśmy, nic się nie stało.

To samo powtórzyliśmy z długopisem. Następnie potarliśmy balon i zbliżyliśmy go ponownie do puszki. Puszka przemieściła się w stronę balonu. Zaobserwowaliśmy, że puszka zbliża się do balonu.

Ten sam potarty balon przybliżyliśmy następnie do spinacza. Zauważyliśmy, że on również zbliżył się do balonu.

Po przeprowadzeniu tych trzech eksperymentów, przyszedł czas na analizę ich wyników. Zadaliśmy dzieciom następujące pytania:

- *Jaką widzisz różnicę między potartym i niepotartym balonem?*
- *Jak możesz nazwać to co zaobserwowaliśmy?*
- *Co twoim zdaniem łączy te zjawiska z prądem w gniazdku w naszych domach?*

Uczniowie udzielili różnych odpowiedzi. Po eksperymencie z balonem i spinaczem:

— Zauważyłem, że balon i spinacz nie zbliżają się, jeżeli nie potrzemy balonu, ale jeżeli potrzemy, to już tak. Nazwałbym to „siłą energii" i myślę, że ma to związek prądem w naszych domach ponieważ jest coś, co przyciąga prąd do naszego domu, jak spinacz do balonu.

Inny uczeń powiedział:

— Nazwałbym to „zjawiskiem spinacza" i sądzę, że jego związek z elektrycznością w moim domu polega na tym, że w obu jest prąd elektryczny.

3.8. ROZWIEWANIE BŁĘDNYCH PRZEKONAŃ

Wyjaśniliśmy dzieciom, że kiedy przedmiot po potarciu szmatką lub papierem może przyciągać mniejsze przedmioty (użyliśmy tu prawidłowego określenia „przyciągać"), mówimy, że jest on naelektryzowany. Jeżeli natomiast przedmiot nie posiada tej własności, (nie przyciąga małych rzeczy), wtedy mówimy, że jest obojętny elektrycznie. Następnie musieliśmy głębiej zbadać te właściwości.

Aby to zrobić, kontynuowaliśmy eksperymenty, pocierając inne przedmioty i patrząc co się działo: drewniany ołówek, pręt miedziany, etc.

Natychmiast pojawiły się nowe pytania:

- *Czy istnieją materiały, które elektryzują się przez tarcie i inne, które tego nie robią?*
- *Co to znaczy „przyciągać"?*
- *Czym jest przyciąganie między dwoma ciałami? Czy to siła? Czy jest widoczna gołym okiem?*
- *Jeżeli potrzemy długopis lub balon jeszcze mocniej, czy przyciągnie wtedy więcej kawałeczków papieru? Czy puszka potoczy się jeszcze szybciej?*
- *Czy to oznacza, że naelektryzowany przedmiot zwiększa swoją siłę przyciągania?*

Wszystkie odpowiedzi dzieci były podobne. Widziały one jasno, że niektóre przedmioty elektryzują się pod wpływem tarcia, a inne nie. Wszyscy byli zgodni, że przyciąganie między dwoma przedmiotami jest siłą. Samo przyciąganie uczniowie definiowali na różne sposoby, ale wspólną ideą było to, że jedno ciało zbliża się do drugiego bez potrzeby kontaktu. Dwa ostatnie pytania wywołały największe kontrowersje, ponieważ w klasie pojawiła się różnica zdań.

3.9. WPROWADZAMY NOWE POJĘCIA

Uczniowie musieli przyznać, że w badanych materiałach było „coś", co powodowało, że pewne przedmioty elektryzowały się, a inne nie.

Po przeprowadzeniu eksperymentów, wprowadziliśmy pojęcie ładunku elektrycznego, definiując go jako ilość elektryczności, którą posiada dane ciało. Wprowadziliśmy nową wielkość: siłę wywieraną przez naelektryzowane ciało na inne, obojętne ciało, nazywaną siłą elektryczną. Im większy ładunek elektryczny, tym więcej siły elektrycznej. Siła jest wielkością, ponieważ możemy ją mierzyć.

Zrobiliśmy przystanek w naszej naukowej podróży, żeby przyjrzeć się pojęciu prawa, skupiając się na prawie ciążenia, odkrytym przez Izaaka Newtona. Mówiąc najprościej ciążenie to ta siła, z którą ziemia przyciąga inne masy. Powszechne ciążenie jest prawem, ponieważ zawsze zachodzi.

3.10. KONTYNUOWALIŚMY BADANIA, ABY DOJŚĆ DO PRAW

Niektórzy z uczniów zauważyli, że z upływem czasu naelektryzowany przedmiot przestawał przyciągać przedmiot obojętny:

- *Co się stało?*
- *Dlaczego tak się stało?*

Niektóre z odpowiedzi:

— *Bo przekazuje energię innemu ciału.*

— *Bo traci ładunek elektryczny.*

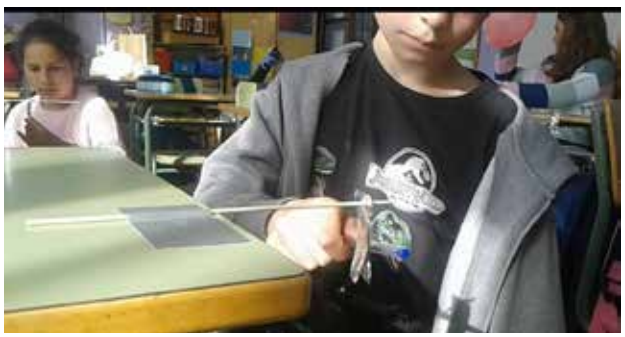
— *Bo ładunek elektryczny przechodzi na małe kawałeczki papieru.*

Aby sprawdzić, co rzeczywiście ma miejsce, przeprowadziliśmy więcej eksperymentów, tym razem zbliżając balon i długopis do dwóch kawałków folii aluminiowej zagiętych na szpikulcu do szaszłyków, jak widać na zdjęciach.

Fot. 1.

Fot. 2.

Fot. 3.



Fot. 4.

Uczniowie zastanawiali się, czy kawałki papieru przyciągnie balon bądź długopis. Po powtórzeniu eksperymentu z różnymi balonami, długopisami, i kawałkami folii aluminiowej, zaobserwowali, że folia aluminiowa zawsze się odsuwa.

Stosując tę metodę eksperymentalną uczniowie sami zdali sobie sprawę z istnienia jeszcze innej siły. Nadali jej nazwę: siła odpychania.

3.11. WNIOSKI Z BADAŃ

Krok po kroku byliśmy w stanie dojść do następujących wniosków, dzięki obranej przez nas ścieżce prowadzenia eksperymentów:

1. Gdy potrzemy jakieś ciało, ono się **elektryzuje** (innymi słowy, posiada ładunek elektryczny).

2. Gdy przybliżymy naelektryzowane ciało do ciała obojętnego (nienaelektryzowanego) pojawia się coś, co nazywamy **siłą elektryczną**. Może to by:

   - **Przyciąganie.**
   - **Odpychanie.**

   Ponadto zaobserwowaliśmy też różne sposoby elektryzowania ciał:

   - przez tarcie.
   - przez indukcję.
   - przez dotyk.

   Następne pytanie brzmiało: Czy wszystkie ciała mają ładunek elektryczny? Uczniowie odpowiedzieli twierdząco, dodając komentarze na temat powszechnie występującego uczucia przeskoku „iskry” gdy czegoś dotkniemy.

   Wyjaśniliśmy dzieciom, że istnieją dwa rodzaje ładunków: dodatnie i ujemne. zwykle ciała są elektrycznie obojętne, czyli mają tyle samo ładunków dodatnich i ujemnych. Aby ciało mogło się naładować elektrycznie, albo ładunki dodatnie muszą przewyższyć ładunki ujemne, albo vice versa. Kiedy potrzemy ciało i straci ono część swojego

ujemnego ładunku i powiemy, że jest naładowane dodatnio.

Kiedy natomiast ciało uzyska ładunek ujemny, powiemy, że jest naładowane ujemnie.

Następnym krokiem naszych badań była analiza eksperymentów i zastanowienie się, co zachodzi, wyobrażając sobie strukturę materii z perspektywy submikroskopowej.

Dzieci zauważyły, że kiedy potarły długopis, że naładował się on elektrycznie, czy to dodatnio, czy ujemnie.

Jednak aby przyciągać papier, bądź odpychać folię aluminiową, musiało się wydarzyć coś związanego z ładunkami. W ten sposób, dzieci same odkryły prawa elektryczności:

- Ładunki o tych samych znakach odpychają się.
- Ładunki o przeciwnych znakach przyciągają się.

Powstają w ten sposób siły przyciągania i odpychania pomiędzy ciałami. Ponownie sformułowaliśmy prawa:

- Dwa naelektryzowane ciała o takim samym znaku odpychają się (patrz: folia aluminiowa).
- Dwa naelektryzowane ciała o przeciwnych znakach przyciągają się (kawałki papieru i długopis).

PRZEDSZKOLE KEDAINIU LOPSELIS-DARZELIS „ZILVITIS” (KEDAINIAI, LITWA).
PAROWANIE I KONDENSACJA: OBIEG WODY

W ramach projektu badawczego w litewskim przedszkolu, dzieci odkryły obieg wody w przyrodzie, dochodząc aż do modelu molekularnego tej substancji. Zastosowana ścieżka badawcza miała charakter konstruktywistyczny, a dzieci przejęły na niej wiodącą rolę.

Dzięki odpowiedniemu przeszkoleniu, nauczyciele prowadzący eksperymenty z uczniami byli w stanie poprowadzić dzieci do odkrycia parowania i skraplania, zaczynając od prostego, prowokującego eksperymentu, jakim była obserwacja kałuż w deszczowy dzień. Takie podejście ułatwiło wprowadzenie pojęcia cząsteczki wody, jednocześnie przybliżając dzieciom naturalne zjawisko i odpowiadając na pytanie: *Dlaczego pada deszcz?* Nauka w rzeczywistości nie zajmuje się pytaniami *dlaczego*, ale *jak*, toteż kiedy uczniowie odkrywają obieg wody, w rzeczywistości odkrywają jak powstaje deszcz.

2.WSPÓLNA METODOLOGIA WYKORZYSTYWANA W PROJEKCIE

Przed wyruszeniem na ścieżkę badawczą, nauczyciele opracowali mapę pojęciową badanego zjawiska. Mapa ta ma strukturę konstruktywistyczną i wskazuje ścieżkę eksperymentalną konieczną do wprowadzenia różnych pojęć, odpowiednio do etapu rozwoju poznawczego dzieci, wg. opisu Piageta.

Opracowana mapa obejmowała następujące elementy, w podanej kolejności:

1. Konkretne właściwości odróżniające ciała stałe od cieczy.
2. Konkretne właściwości wody.
3. Stany skupienia materii: stały, ciekły i gazowy.
4. Zmiany stanu skupienia wody: parowanie i skraplanie (kondensacja).
5. Przejście ze świata makro- do mikroskopowego (wodę tworzą cząsteczki).
6. Obieg wody w przyrodzie.

3. OPRACOWANIE PROJEKTU BADAWCZEGO: “PAROWANIE I SKRAPLANIE: OBIEG WODY”

3.1. OPIS ZAJĘĆ 1: CO DZIEJE SIĘ W KAŁUŻY?

Co dzieje się w kałuży?

Projekt zajął dwa dni. Jeden nauczyciel z przedszkola zorganizował zajęcia. Szesnaścioro kre-

atywnych i entuzjastycznych dzieci wzięło w nich udział. Dzieci miały od pięciu do sześciu lat.

Dzieci podawały coraz bardziej twórcze pomysły na prowadzenie badań, konstruowanie potrzebnej aparatury i rozwiązywanie problemów zaawansowanych i abstrakcyjnych. Chętnie też uczestniczyły w zajęciach, zdobywając całe spektrum nowych doświadczeń.

W trakcie projektu wykorzystaliśmy następujące materiały i źródła:

- kreda, taśma pomiarowa
- http://www.kidzone.ws/woda/bactivity1.htm
- https://www.aulavirtual.csic.es/
- http://www.csicenlaescuela.csic.es/
- https://www.youtube.com/watch?v=FAnDIYRycqs
- https://www.youtube.com/watch?v=_TwKDuozJC4
- https://www.youtube.com/watch?v=Vm6HthxtzPw

Cel zajęć

Podążając ścieżką eksperymentalną, rozpoczęliśmy projekt badawczy od prowokującego eksperymentu związanego z obserwacją przyrody. Chodziło o odkrycie czy i w jaki sposób woda znika z kałuży, żeby naprowadzić dzieci na pojęcie parowania.

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Aby przeprowadzić projekt badawczy, zastosowaliśmy naukową metodę obserwacji, zadawania pytań, tworzenia hipotez, eksperymentów i analiz. Wnioski wyciągaliśmy po zakończeniu badań.

Rano dzieci wyszły na dwór, a tam było dużo kałuż. Kilkoro miało kalosze i z radością rozpryskiwało wodę wbiegając w kałuże.

Dzieci obserwowały rozmiary kałuż.

Fot. 1. Etapy zajęć.

Dzieci pamiętały, że poprzedniego dnia na ziemi też były kałuże i że wtedy były one większe. Pojawiło się więcej pytań (fot. 2).

Nauczyciel wykorzystał metodę sokratejską i w formie dialogu zadał dzieciom następujące pytania:

- *Co dzieje się z mokrym praniem?*
- *Co robicie, kiedy zamoczą się wam buty?*
- *Gdzie kładziecie parasol, kiedy jest mokry?*

Dzieci były bardzo ciekawe, gdzie znika woda z kałuży i ile czasu to zajmuje. Aby poznać odpowiedzi, rozpoczęliśmy eksperyment, Najpierw kredą obrysowaliśmy kałużę. Każde dziecko wzięło miarę i zmierzyło długość kałuży i zapisało wynik.

Fot. 2. Pojawiło się więcej pytań.

Po południu dzieci ponownie zmierzyły kałużę. Porównaliśmy pomiary i okazało się, że kałuża zmalała.

Dzieci zagrały w wyliczankę skacząc przez kałużę, a następnie wszystkie przyznały, że łatwiej było przeskoczyć przez kałużę po południu, ponieważ była mniejsza. Po powrocie, przeprowadziliśmy w grupie dyskusję o parowaniu. Obejrzeliśmy historię o małej kropelce deszczu, przypomnieliśmy sobie materiał z poprzednich lekcji o obiegu wody, a następnie dzieci przedstawiły wszystko na rysunkach. Dzięki rozmowie i użytym przykładom dzieci same podały prawidłowe odpowiedzi: *kiedy coś jest mokre, musimy to wysuszyć i woda z powrotem znika w powietrzu, czyli paruje*.

Dzieci zdały sobie sprawę, że woda paruje. Dwa dni później dzieci wyszły na dwór i zobaczyły, że woda z kałuży zniknęła i widać tylko mokrą ziemię.

Końcowa ocena zajęć

Dzieci własnymi słowami wyjaśniły, co dzieje się kiedy woda znika z kałuży. Zdawały sobie sprawę, że parowanie jest ważne w obiegu wody na Ziemi. Woda spada z nieba w formie deszczu (a jeżeli jest zimno, także gradu, śniegu, bądź gołoledzi). Woda odparowuje z powrotem do powietrza, kiedy robi się cieplej – chociaż, jak wiemy, woda paruje przez cały czas (fot. 3).

Fot. 3. Rysunki dzieci.

3.2. OPIS ZAJĘĆ NR 2: GDZIE PODZIAŁA SIĘ WODA, KTÓRA ZNIKŁA Z PRANIA?

Jest to kontynuacja poprzednich zajęć, w celu utrwalenia głównych idei. Projekt badawczy zajął dwa dni. Dwoje nauczycieli przedszkolnych zorganizowało zajęcia. Dwadzieścioro energicznych, rozmownych i zaciekawionych dzieci uczestniczyło w projekcie. Było 11 dziewczynek i 9 chłopców. Dzieci stale testują swoje środowisko. Uczą się nowych rzeczy poprzez gry i w trakcie zabaw.

W zajęciach wykorzystano następujące materiały i źródła:

- miski
- woda
- lalki
- ubranka
- linka
- www.youtube.com/watch?v=Y9uOLkivcfw
- www.youtube.com/watch?v=TWb4KlM2vts
- www.delfi.lt/video/laidos/animacija/animacinis-filmas-vandens-lasas.d?id=62473607
- www.aulavirtual.csic.es
- www.csicenlaescuela.csic.es

Cel projektu badawczego

W celu utrwalenia pojęć, które dzieci nabyły w toku poprzedniego ćwiczenia przeprowadziliśmy kolejne zajęcia związane z procesem parowania. Ponownie punktem wyjścia było codzienne zjawisko: jak suszy się pranie. Badaliśmy zatem proces parowania wody.

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Po badaniu kałuż, zainteresowanie dzieci było już rozbudzone. Nauczyciel wziął arkusz folii i poprosił dzieci, żeby upuszczały na nią krople wody z zakraplacza. Następnie arkusz z kroplami został przeniesiony na parapet. Nauczyciel zapytał dzieci:

- *Co stanie się z kroplami?*
- *Dlaczego położyliśmy je właśnie na parapecie?*

Zaciekawione dzieci udzieliły odpowiedzi.

Wykrywanie błędnych przekonań

Kilkoro dzieci wyjaśniło, że krople zostaną i utworzą kałużę, inne mówiły, że nic się nie stanie, kilkoro powiedziało, że krople *uciekną*. Nauczyciel powiedział dzieciom, że wynik zobaczą za godzinę. Następnie dzieci, siedząc w kółku, wysłuchały opowieści o podróży kropelki, w języku litewskim. Potem dzieci bawiły się w "Jesteśmy kropelki" a później wybrały i przygotowały ubranka dla lalek.

Etapy zajęć

Nauczyciel, wraz z dziećmi, nalał ciepłą wodę do misek. Następnie dzieci zdjęły z lalek ubrania i wyprały je.

Dzieci wypłukały ubranka czystą wodą i próbowały je wyżymać z pomocą dorosłego. Niektóre ubrania powiesiliśmy w pralni, a kilka sukienek i szal zawisło na zewnątrz, na lince do suszenia ubrań.

Po południu dzieci sprawdziły ubranka powieszone w pralni.

Fot. 4. Pierzemy ubranka.

Ubranka były nadal mokre. Dzieci wyjaśniły:

— *Nie ma słońca.*

— *Miały tu zimno.*

— *Tu nie jest gorąco.*

— *Nie ma wiatru.*

— *Nie było chmur.*

Zdecydowaliśmy się wywiesić ubranka na dworze. Dzień był słoneczny.

Bardzo ważne były tu odpowiedzi dzieci. Obejrzeliśmy pranie na dworze. Było suche. Dzieci powiedziały:

— *Słońce ogrzało pranie i woda wyparowała.*

— *Wiatr wywiał wodę.*

— *Teraz woda mieszka w chmurze.*

— *Nie mogłem zobaczyć jak wyparowała woda.*

— *Para jest niewidzialna.*

Końcowa ocena zajęć

Dzieci wyjaśniły:

— *Woda może być w stanie gazowym, który jest niewidzialny. Woda paruje*.

Dzieci wyciągnęły następujące wnioski:

— *Para jest w powietrzu.*

— *Para tworzy się gdy temperatura rośnie.*

— *Pary nie widać.*

Następny krok polegał na pomocy dzieciom w zrozumieniu, że pranie w pralni też wyschnie, tylko że proces ten zajmie dużo więcej czasu, bo nie dochodzi do niej bezpośrednio światło słoneczne. Wysoka temperatura przyśpiesza parowanie, ale zachodzi ono cały czas.

3.3. OPIS ZAJĘĆ NR 3: ODKRYWANIE CZĄSTECZEK

Projekt badawczy zajął dwa dni. Dwoje nauczycieli przedszkolnych zorganizowało zajęcia. 34 kreatywnych i entuzjastycznych dzieci w wieku od 4 do 6 wzięło udział w projekcie. Dzieci były pełne wyobraźni, ciekawe świata i chętnie znajdowały odpowiedzi na stawiane przez siebie pytania. Dzieci lubią uczestniczyć w różnych nowych zajęciach.

W projekcie wykorzystano następujące materiały i źródła:

- ołówki
- okulary jednorazowe
- papier
- woda
- www.youtube.com/watch? V = FFbJ8REc9jo
- www.aulavirtual.csic.es
- www.csicenlaescuela.csic.es

Cel projektu badawczego

Po odkryciu, że woda paruje, a ciepło przyśpiesza ten proces, następnym krokiem badań było odkrycie natury wody i dojście do pojęcia cząsteczki.

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Badania rozpoczęliśmy wcześnie rano. Wyszliśmy na dwór i obserwowaliśmy krople deszczu kapiące z dachu. Dzieci wzięły szklanki i zaczęły zbierać do nich spływającą z dachu wodę. Szklanki były przezroczyste, toteż bez trudu można było liczyć wpadające krople i je obserwować.

Są one zbyt małe dla naszych oczu. W ten sposób przeszliśmy ze świata makroskopowego do świata w skali mikro.

Nauczyciele powiedzieli dzieciom, że te krople w ich szklankach miały w sobie bardzo dużo cząsteczek.

Kiedy wróciliśmy do klasy, dzieci narysowały krople deszczu. Na rysunkach krople były żywe, kolorowe, miały ręce i nogi. Przygotowaliśmy wystawę rysunków.

W klasie zademonstrowaliśmy, jak poruszają się cząsteczki wody w kroplach. Nauczyciel wyjaśnił, że cząsteczki są zebrane razem w wodzie w stanie ciekłym, ale podczas parowania oddzielają się od siebie.

Dzieci zrobiły płaszcze z papieru, wyobraziły sobie, że są cząsteczkami wody zagrały w grę o nazwie *Przyjaźń*.

Fot. 5. Dzieci bawią się w grę *Przyjaźń*.

Końcowa ocena zajęć

Temat badań był dla dzieci dość trudny, ponieważ termin *cząsteczki* był dla nich nowością. Próbowaliśmy ustalić jego znaczenie i objaśnić je w taki sposób, żeby dzieci mogły je zrozumieć. Dzieci zdały sobie sprawę, że cząsteczek nie można zobaczyć, ale mówiły, że naprawdę istnieją w szklankach w formie kropel. Jeden chłopiec, imieniem Pijus, wyjaśnił, że krople wody zbierają się razem i ich liczba rośnie. Tak więc dzieci dowiedziały się, że istnieje świat,

którego nie dostrzegamy na własne oczy, choć mimo to jest on rzeczywisty.

3.4. OPIS ZAJĘĆ 4: KONDENSACJA PARY WODNEJ

Projekt badawczy zajął dwie godziny. Zajęcia zorganizowało dwoje nauczycieli przedszkolnych. Uczestniczyło 35 energicznych, radosnych dzieci w wieku 4-6 lat. Dzieci interesują się wszystkim, co nowe, są kreatywne i entuzjastyczne. Oferują wspaniałe pomysły na wykonywanie zadań i konstruowanie potrzebnych przedmiotów. Dzieci bardzo lubią uczestniczyć w różnych nowych doświadczeniach.

Przy realizacji projektu wykorzystano następujące materiały i źródła:

- schłodzona puszka do napojów
- szklanka
- woda
- www.youtube.com / watch? V = UbgGbfY-Vx-E
- www.aulavirtual.csic.es
- www.csicenlaescuela.csic.es

Cel projektu badawczego

Kiedy dzieci odkryją parowanie i koncepcję wody, jako złożonej z cząsteczek, można je pokierować do odkrycia kolejnego fundamentalnego zjawiska obecnego w obiegu wody: skraplania.

Przygotowanie i rozwinięcie zajęć badawczych

Nauczyciele przeprowadzili rozmowę z dziećmi. Zadali następujące pytania:

- *Co to jest eksperyment?*
- *Dlaczego ludzie prowadzą eksperymenty?*
- *Gdzie można przeprowadzić eksperyment?*
- *Do czego eksperymenty są nam potrzebne?*

Dzieci były bardzo zaciekawione i udzieliły różnych odpowiedzi na zadane pytania.

Fot. 6. Etapy badań.

Ścieżka eksperymentalna; ujawnianie błędnych przekonań

Przeprowadziliśmy eksperyment z puszką trzymaną wcześniej w lodówce. Wyjęliśmy puszkę z lodówki i umieściliśmy ją na stole. Dzieci obserwowały puszkę. Wkrótce zauważyły na niej krople wody.

Nauczyciele zapytali:

- *Skąd wzięła się woda?*

Jako że dzieci odbyły wcześniej zajęcia związane z parowaniem i faktem, że woda składa się z cząsteczek, odpowiedziały, że to cząsteczki wody w powietrzu przylegają do puszki tworząc krople.

Fot. 7. Obserwacja skraplania wody.

Nauczyciel nadał nazwę **temu procesowi**: skraplanie.

1. Przedstawiliśmy proces skraplania na rysunkach.

2. Wzięliśmy szklankę, umieściliśmy w niej kawałki lodu i zalaliśmy je zimną wodą. Krople wody pojawiły się na zewnątrz szklanki. Zimna szklanka schłodziła powietrze wokół siebie i para wodna z powietrza skropliła się na szklance. Zagraliśmy w grę o nazwie *Ciepło Zimno*.

Fot. 8. Rysunek przedstawiający skraplanie wody.

Końcowa ocena zajęć

Dzieci dowiedziały się, że para zamienia się w krople wody. Na początku dzieci z pewną trudnością rozumiały znaczenie parowania i skraplania, z powodu błędnych przekonań, ale eksperymenty pomogły zrozumieć te pojęcia. Zagraliśmy w grę o nazwie *Para i kropelki*.

3.5. OPIS ZAJĘĆ 5: SKĄD SIĘ BIERZE WODA?

Projekt badawczy zajął 3 dni. Zajęcia zorganizowało 2 nauczycieli przedszkolnych. Udział wzięło 38 kreatywnych i entuzjastycznych dzieci w wieku 4-6 lat. Dzieci te są świadome zasad i chętnie wyjaśniają je innym. Lubią zajęcia wymagające zdolności manualnych. Są w stanie pracować w grupach od 2 do 5 osób.

Przy realizacji projektu wykorzystano następujące źródła i materiały:

- www.imandra.lt/project/zydrojo-laselio-kelione-i-zeme/
- Książka Žydrojo lašelio kelionė
- http://eilerastukaivaikams.blogspot.lt/2014/11/pasaka-apie-debeseli.html
- www.youtube.com/watch?v=fKCXU8P6aaQhttp://www.kidzone.ws/water/bactivity1.htm
- www.youtube.com/watch?v=TWb4KlM2vts
- www.aulavirtual.csic.es/
- www.csicenlaescuela.csic.es/
- słoik
- wrzątek
- talerz
- przezroczysta torebka foliowa
- flamastry
- kostki lodu

Cel projektu badawczego

Z uwagi na to, że wybraliśmy ścieżkę konstruktywistyczną w poprzednich eksperymentach, użyliśmy wypracowanego modelu do opisu przyrody, aby zrozumieć jak powstaje obieg wody w przyrodzie i w jaki sposób parowanie, skraplanie i opady atmosferyczne są częściami tego cyklu.

Przygotowanie i rozwinięcie zajęć badawczych

Główne kroki i wykrywanie błędnych przekonań:

- Dyskusja: Nauczyciele rozpoczęli z dziećmi rozmowę, aby dowiedzieć się, co dzieci wiedzą o obiegu wody.

- Nauczycielka przeczytała opowiadanie *Podróż kropli* i krótki wiersz *Chmura*. Dzieci były bardzo zainteresowane zajęciami i nauczyciel zaprosił je do zabawy.

Fot. 9 i 10. Eksperyment *Jak się robi deszcz?*

- Ponieważ dzieci wcześniej pracowały z parowaniem i skraplaniem, miały już jasne pojęcie, co dzieje się w przyrodzie.

Ścieżka eksperymentalna

Przeprowadziliśmy eksperyment *Jak się robi deszcz?* Dzieci wzięły słoik wypełniony ciepłą wodą, zakryły go talerzykiem, a następnie nasypały kostki lodu na talerzyku. Zaobserwowaliśmy powstawanie kropli wody. Dzieci wzięły pisaki i narysowały słońce, chmury, i wodę na przezroczystych torebkach. Wlaliśmy kolorową wodę do torebek. Następnego dnia mieliśmy okazję obserwować proces.

Fot. 11. Prace plastyczne na temat obiegu wody.

Końcowa ocena zajęć

- Dzieci prowadziły eksperymenty uczestnicząc w nich aktywnie. Rozumiały proces parowania skraplania. Kiedy nauczyciel zadał te same pytania do dyskusji pod koniec zajęć uzyskał więcej odpowiedzi, a dzieci z większą łatwością wyjaśniły proces parowania i skraplania.

- Woda paruje przez cały czas, ale proces ten przyśpiesza, gdy jest słoneczna pogoda.
- Cząsteczki wody parują i mieszają się z powietrzem. Cząsteczki łączą się ze sobą tworząc krople, z których powstają chmury.
- Wewnątrz chmur jest niska temperatura, a kiedy krople robią się zbyt duże, dochodzi do opadów atmosferycznych w formie deszczu, czy też śniegu.
- Opady wsiąkają w ziemię i spływają z powrotem do rzek i mórz;
- Obieg wody powtarza się.

Fot. 12. Prace plastyczne na temat obiegu wody.

KPCEN (BYDGOSZCZ, POLSKA),
CSIC W SZKOLE (HISZPANIA).

Z CZEGO ZROBIONY JEST ŚWIAT?

1. WSTĘP

Materiał ten jest propozycją skierowaną do nauczycieli na wczesnych etapach edukacji, w celu zorganizowania nauczania treści matematyczno-przyrodniczych w klasie.

Projekt *Z czego zrobiony jest świat?* jest skierowany do dzieci w celu tworzenia reprezentacji mentalnych części świata przyrody, których oczy nie widzą, takich jak pojęcie siły. Woda, na przykład, jest bardzo bliska dzieciom. Dzieci odkryją własności i zachowanie wody z innymi materiałami poprzez eksperymentowanie i zastosowanie podejścia konstruktywistycznego.

Uwaga dla nauczycieli: Zaproponowane zadania muszą być wykonane przez dzieci. Na zakończenie procesu, dzieci muszą przedstawić wiedzę, którą zdobyły w swoich zeszytach, za pomocą rysunków, nawet, jeżeli na tych etapach nie wiedzą, jak rysować; z pewnością będą potrafiły przedstawić, co myślą. Bardzo ważne jest dowiedzieć się, czy dzieci zbudowały wiedzę związaną z zachowaniem wody; to w ich umysłach zachodzą zmiany i postęp w sposobie myślenia o świecie przyrody.

2. DOŚWIADCZENIA

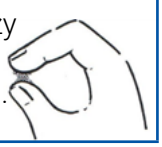
2.1. DOŚWIADCZENIE 1. WODA

CEL

Odkryć i skonceptualizować siły kohezji i adhezji.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały: Szklanka z wodą.

ZADANIE
Weź trochę wody w dwa palce
PYTANIA BADAWCZE
— *Co zauważasz?* — *Czy możemy złapać wodę palcami?* — *Dlaczego woda utrzymuje się między palcami, nie spada?* — *Czy jest jakaś siła w wodzie?*
SPOSTRZEŻENIA
Woda przylepia się do palców.
WYJAŚNIENIA
Woda nieustannie tworzy kroplę, która nie dzieli się na mniejsze krople. Muszą być siły pomiędzy wodą i palcem. Poza tym, muszą być siły wewnątrz kropli. 

2.2. DOŚWIADCZENIE 2. WODA I KARTA PLASTIKOWA

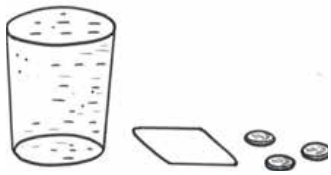
CEL

Rozważyć wielkość sił adhezji poprzez porównanie z wagą monet (liczbą monet).

Fot 1.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:



- szklanka wypełniona po brzegi wodą
- zużyta plastikowa karta, np. bankomatowa
- kilka takich samych monet, np. 1 groszowych.

ZADANIE
1. ***Ułóż kartę na wypełnioną po brzegi wodę w szklance tak, jak pokazuje rysunek.*** 2. ***Połóż monetę na karcie. Następnie dokładaj po jednej monecie.***
PYTANIA BADAWCZE
— *Co zauważasz?* — *Dlaczego karta przykleja się do wody?* — *Co sprawia, że karta przykleja się do wody?* — *Z jaką siłą karta przykleja się do wody?*
SPOSTRZEŻENIA
WYJAŚNIENIA
Działają siły adhezji/przyczepności i kohezji/spójności: • ADHEZJA – siły pomiędzy wodą i kartą. (Jeden typ materiału i inny typ materiału). • KOHEZJA – siły wewnątrz kropli (wody), które "trzymają" wodę tworzącą kroplę.

2.3. DOŚWIADCZENIE 3. WODA I MONETA

CEL

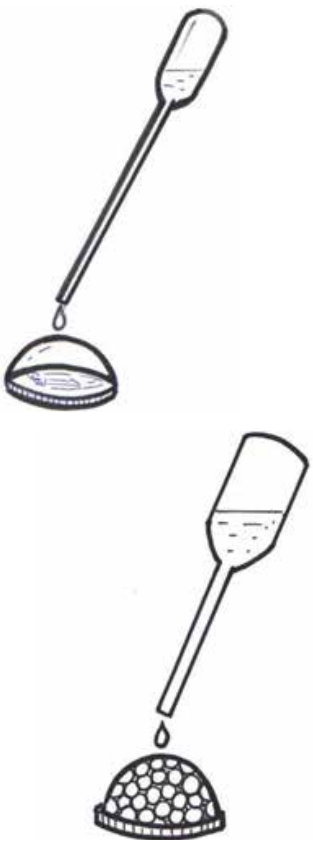
Oszacować siły kohezji i adhezji.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- zakraplacz
- moneta, np. 1 grosz
- woda.

Fot. 2.

ZADANIE	
Zakraplaczem upuść kilka kropel wody na monetę.	
PYTANIA BADAWCZE	
— Co zauważasz? *— Ile kropel zmieści się na monecie?* *— Czy istnieją jakieś siły między wodą a monetą?*	
SPOSTRZEŻENIA	
WYJAŚNIENIA	
• Działa siła pomiędzy wodą a monetą, zwana **adhezją**. (Tak samo, jak w doświadczeniu 1, pomiędzy kroplą a palcem; tak samo, jak w doświadczeniu 2, pomiędzy wodą i kartą). - Woda "klei" się z innymi przedmiotami.	

2.4.A. DOŚWIADCZENIE 4.A. OD KROPELKI WODY DO ELEKTRYCZNOŚCI

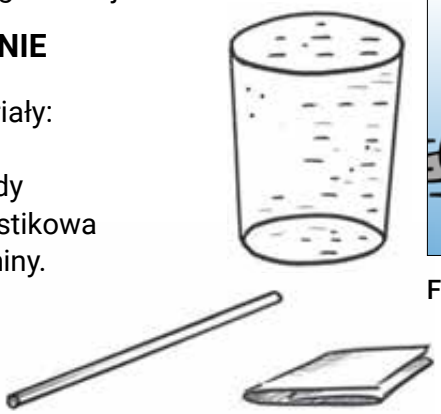
CEL

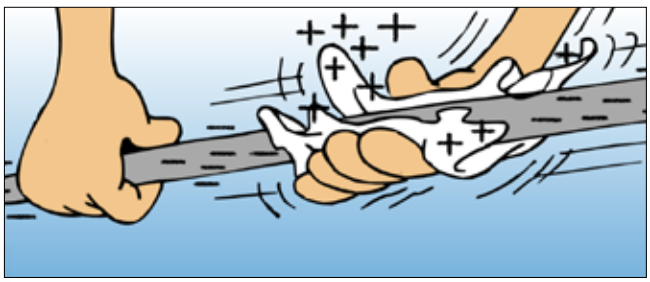
Odkryć naturę tego rodzaju sił.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

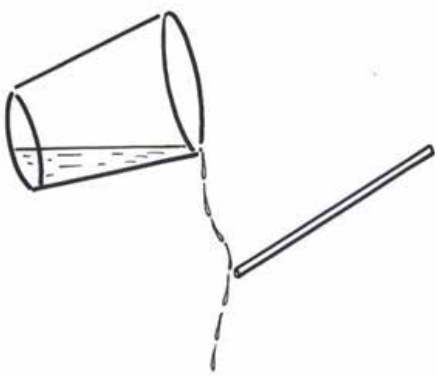
- szklanka wody
- pałeczka plastikowa
- kawałek tkaniny.





Fot. 3.

ZADANIE
1. Potrzyj pałeczkę kawałkiem tkaniny. ***2. Delikatną strużką lej wodę obok naelektryzowanej plastikowej pałeczki.***
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz? *— Dlaczego struga wody przybliża się?*
SPOSTRZEŻENIA
WYJAŚNIENIA
• Pałeczka jest naelektryzowana. • Działa siła pomiędzy wodą a naelektryzowaną pałeczką. • Działa siła przyciągania.



2.4.B. DOŚWIADCZENIE 4.B. OD KROPELKI WODY DO ELEKTRYCZNOŚCI

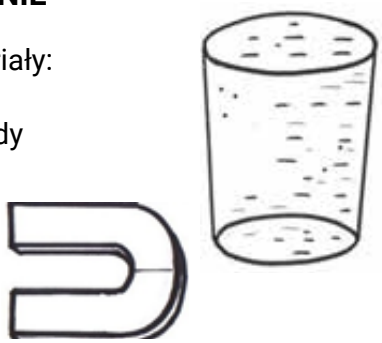
CEL

Odkryć naturę tego rodzaju sił.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- szklanka wody
- magnes.



Fot. 2.

ZADANIE
Delikatną strużką lej wodę obok magnesu.
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz? *— Dlaczego struga wody nie przybliża się do magnesu?*
SPOSTRZEŻENIA
WYJAŚNIENIA
• Magnes nie ma żadnego wpływu na wodę.

2.5.A. DOŚWIADCZENIE 5.A. PAŁECZKA PLASTIKOWA I PAPIER

CEL

Poznać siły elektryczne.

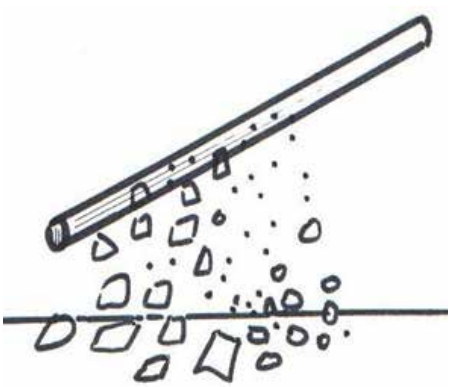
PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- drobne kawałki papieru
- pałeczka plastikowa
- kawałek tkaniny.

Fot. 1.

ZADANIE
1. ***Potrzyj plastikową pałeczkę kawałkiem tkaniny.*** 2. ***Zbliżaj pałeczkę do małych kawałków papieru.***
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz? *— Czy istnieją jakieś siły pomiędzy naelektryzowaną pałeczką i kawałkami papieru?*
SPOSTRZEŻENIA
WYJAŚNIENIA
• Działa jakaś siła pomiędzy naładowaną/ naelektryzowaną pałeczką a kawałkami papieru. • Elektryczność.



2.5.B. DOŚWIADCZENIE 5.B. A MAGNES I PAPIER

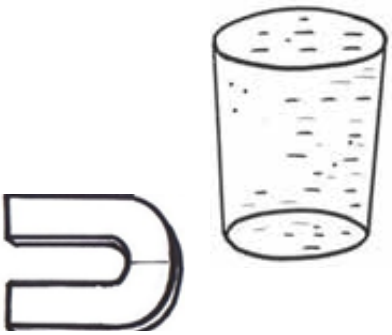
CEL

Poznać siły elektryczne.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- drobne kawałki papieru
- magnes.



ZADANIE	
Zbliżaj magnes do małych kawałków papieru.	
PYTANIA BADAWCZE	
— Co zauważasz? *— Czy istnieją jakieś siły między magnesem i kawałkami papieru?*	
SPOSTRZEŻENIA	
WYJAŚNIENIA	
• Nic się nie dzieje, ponieważ siły magnetyczne nie mogą być zastosowane w tym przypadku.	

2.6.A. DOŚWIADCZENIE 6.A. NAELEKTRYZOWANE SŁOMKI PLASTIKOWE

CEL

Odkryć prawa elektryczności.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- plastikowe słomki
- kawałek czystego ręcznika papierowego lub serwetki
- cienki sznurek
- pisak.

ZADANIE
1. ***Zawiąż cienki sznurek w połowie słomki tak, jak pokazuje rysunek. Zaznacz koniec słomki pisakiem.***
2. ***Kawałkiem czystego ręcznika papierowego lub serwetki potrzyj drugą słomkę.***
3. ***Przysuń ją do zawieszonej na sznureczku słomki.***
4. ***Potrzyj zaznaczoną połowę słomki innym kawałkiem ręcznika papierowego lub serwetki.***
5. ***Potrzyj drugą słomkę nową serwetką.***
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz? *— Dlaczego dwie takie same słomki plastikowe działają na siebie?*
SPOSTRZEŻENIA
Dwie takie same słomki plastikowe odpychają się albo przyciągają.
WYJAŚNIENIA
• Działa siła pomiędzy dwiema potartymi słomkami plastikowymi. • Ta siła jest negatywna/ ujemna.

2.6.B. EDOŚWIADZCENIE 6.B. NAELEKTRYZOWANE SŁOMKI PLASTIKOWE

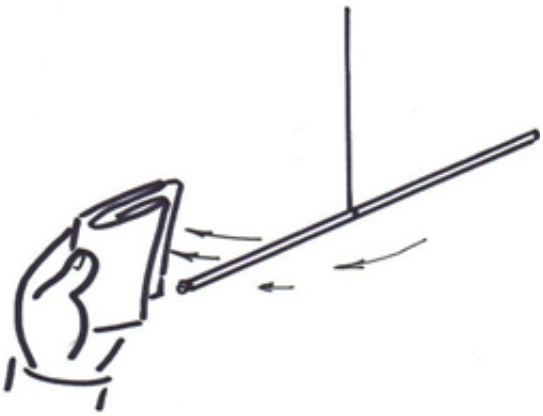
CEL

Odkryć prawa elektryczności.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- plastikowa słomka
- kawałek czystego ręcznika papierowego lub serwetki
- cienki sznurek.



ZADANIE
1. *Zawiąż cienki sznurek w połowie słomki tak, jak pokazuje rysunek. Zaznacz koniec słomki pisakiem.*   **2. *Przysuń kawałek czystego ręcznika do zawieszonej na sznureczku słomki.***
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz?   *— Czy istnieją jakieś siły między papierowym ręcznikiem a słomką?*
SPOSTRZEŻENIA
WYJAŚNIENIA
Papierowy ręcznik zbliżony do wiszącej słomki produkuje siłę przyciągania (przeciwnie do tego, kiedy zbliżają się do siebie dwie potarte słomki).

2.7.A. DOŚWIADCZENIE 7.A. PAŁECZKA PLASTIKOWA I BAŃKI MYDLANE

CEL

Sprawdzić, czy woda jest wrażliwa/ reaguje na siłę elektryczną.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- woda z płynem do mycia naczyń
- pałeczka plastikowa
- kawałek tkaniny
- przyrząd do robienia baniek mydlanych.

ZADANIE
1. ***Zwilż stół wodą z płynem do mycia naczyń.*** 2. ***Zrób kilka baniek mydlanych na stole.*** 3. ***Potrzyj plastikową pałeczkę kawałkiem tkaniny.*** 4. ***Przybliżaj pałeczkę do baniek mydlanych.***
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz? *— Czy istnieją jakieś siły między naelektryzowaną/ potartą pałeczką a bańkami mydlanymi?*
SPOSTRZEŻENIA
WYJAŚNIENIA
• Działa jakaś siła pomiędzy naelektryzowaną pałeczką a bańkami mydlanymi. • Jest to siła przyciągania.

2.7.B. DOŚWIADCZENIE 7.B. MAGNES I BAŃKI MYDLANE

CEL

Sprawdzić, czy woda jest wrażliwa/ reaguje na siłę elektryczną.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- woda z płynem do mycia naczyń
- magnes
- przyrząd do robienia baniek mydlanych.

ZADANIE
1. ***Zwilż stół wodą z płynem do mycia naczyń.*** 2. ***Zrób kilka baniek mydlanych na stole.*** 3. ***Przybliżaj magnes do baniek mydlanych.***

PYTANIA BADAWCZE
— *Co zauważasz?* — *Czy istnieją jakieś siły między magnesem a bańkami mydlanymi?*
SPOSTRZEŻENIA
WYJAŚNIENIA
Nic się nie dzieje, ponieważ siły magnetyczne nie mogą być zastosowane w tym przypadku.

2.8. DOŚWIADCZENIE 8. PAŁECZKA PLASTKOWA I METALOWA PUSZKA

CEL

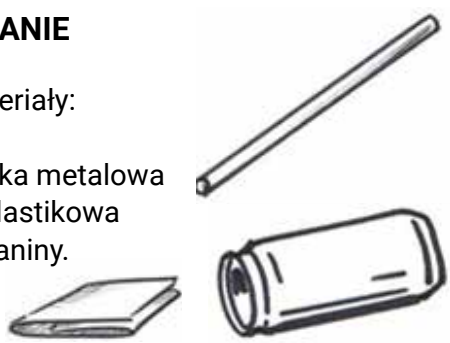
Zbadać działanie/ zachowanie innych rodzajów materiałów (innych niż woda), kiedy zbliża się do nich naelektryzowane ciało.

Fot. 1.

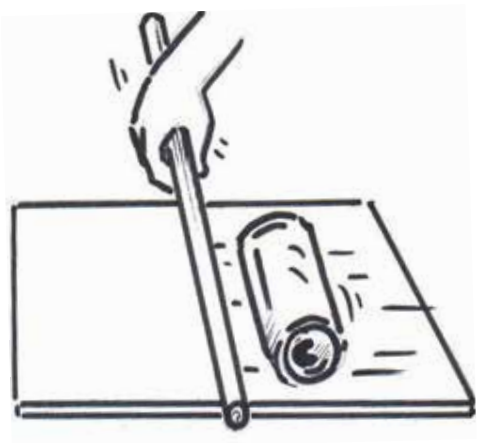
PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- pusta puszka metalowa
- pałeczka plastikowa
- kawałek tkaniny.



ZADANIE
1. **Potrzyj plastikową pałeczkę kawałkiem tkaniny.** 2. **Przysuń pałeczkę do pustej metalowej puszki.**
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz? *— Czy istnieją jakieś siły między naelektryzowaną pałeczką a metalową puszką?*
SPOSTRZEŻENIA
Puszka porusza się, przesuwa, toczy.
WYJAŚNIENIA
• Działa jakaś siła pomiędzy naelektryzowaną pałeczką a metalową puszką. • Jest to siła przyciągania.



2.9. DOŚWIADCZENIE 9. NAELEKTRYZOWANE BALONIKI

CEL

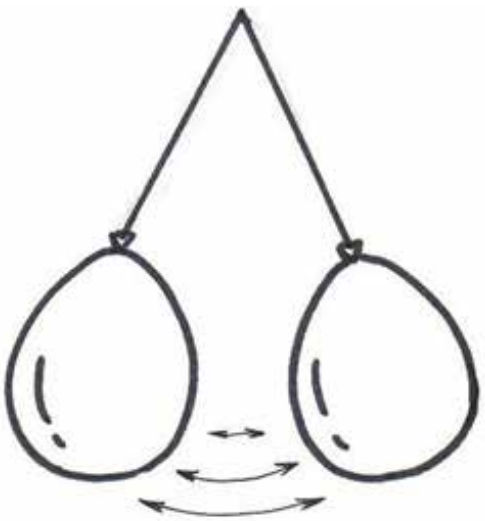
Zbadać siły pomiędzy naelektryzowanymi ciałami.

PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- cienki sznurek
- papierowy ręcznik lub serwetka
- dwa balony.

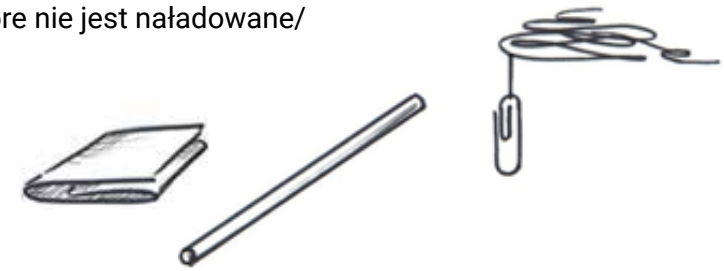
ZADANIE
1. ***Nadmuchaj dwa balony.*** 2. ***Przytrzymaj balony za pomocą kawałka cienkiego sznurka tak, jak pokazuje rysunek.*** 3. ***Pocieraj jeden balon kawałkiem papierowego ręcznika lub serwetki lub nawet swoją ręką.*** 4. ***Przybliż balony do siebie.***
PYTANIA BADAWCZE
— Co zauważasz? *— Dlaczego dwa takie same balony działają na siebie?*
SPOSTRZEŻENIA
Balony przyciągają się albo odpychają.
EXPLICACIÓN
• Działa jakaś siła pomiędzy balonami. • Jest to siła odpychania. • Pomiędzy każdym z pocieranych balonów i twoją ręką (ręcznikiem papierowym, serwetką) pojawia się siła przyciągania.



2.10. DOŚWIADCZENIE 10. PORUSZAJĄCE SIĘ ELEMENTY

CEL

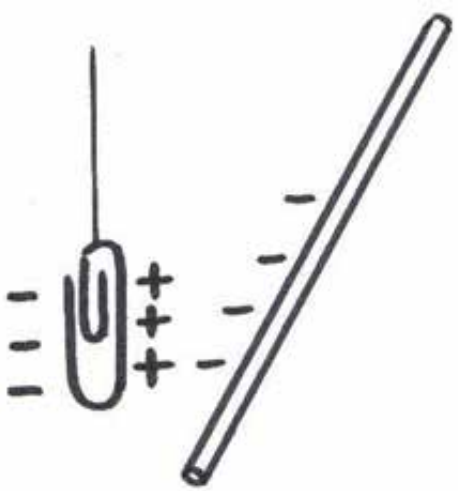
Zbadać siły pomiędzy naelektryzowanym ciałem i nienaelektryzowanym ciałem (ciałem, które nie jest naładowane/ jest neutralne).



PRZYGOTOWANIE

Potrzebne materiały:

- papierowy ręcznik lub serwetka
- pałeczka plastikowa
- metalowy spinacz na sznurku.

ZADANIE	
1. ***Potrzyj plastikową pałeczkę papierowym ręcznikiem lub serwetką.*** 2. ***Przysuń pałeczkę do metalowego spinacza wiszącego ba sznurku.***	
PYTANIA BADAWCZE	
— Co zauważasz? *— Dlaczego spinacz porusza się?*	
SPOSTRZEŻENIA	
WYJAŚNIENIA	
Spinacz jest metalowy i jest neutralny. Kiedy potarta plastikowa pałeczka (ujemna/ negatywna) zbliża się do neutralnego spinacza, elektrony metalu „uciekają" na drugą stronę spinacza (i pojawia się siła przyciągania). Powodem jest to, że elektrony (ładunki ujemne) w ciałach metalowych poruszają się swobodnie wewnątrz metalu.	

2.11. DOŚWIADCZENIE 11. PUSZKA, SPINACZ I PAŁECZKA PLASTIKOWA

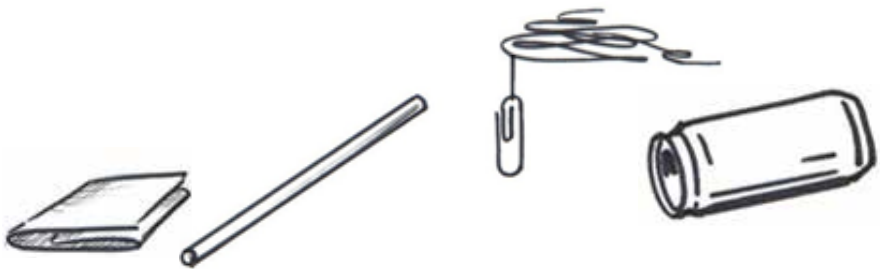
CEL

Wyjaśnić przyciąganie pomiędzy naelektryzowanym przedmiotem i przedmiotem neutralnym/ nienanelektryzowanym.

PRZYGOTOWANIE

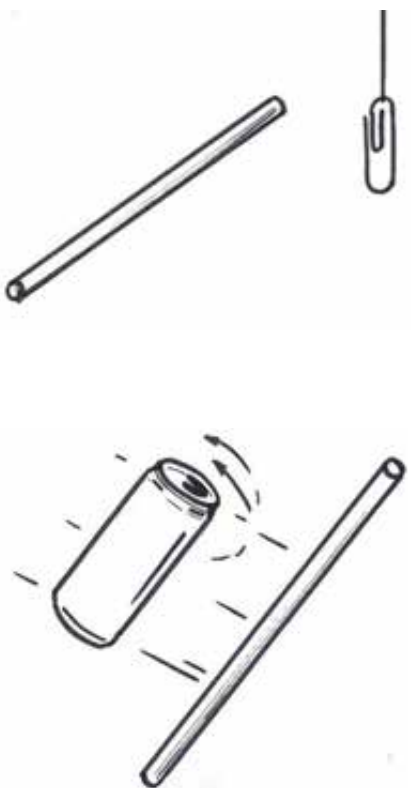
Potrzebne materiały:

- kawałek tkaniny
- pałeczka plastikowa
- spinacz na sznurku
- pusta puszka metalowa.



ZADANIE

1. ***Kawałkiem tkaniny potrzyj pałeczkę.***
2. ***Przysuń pałeczkę do metalowego spinacza wiszącego na sznurku.***
3. ***Przysuń pałeczkę do metalowej puszki.***



PYTANIA BADAWCZE

— *Co zauważasz?*

— *Dlaczego spinacz porusza się?*

— *Dlaczego puszka porusza się?*

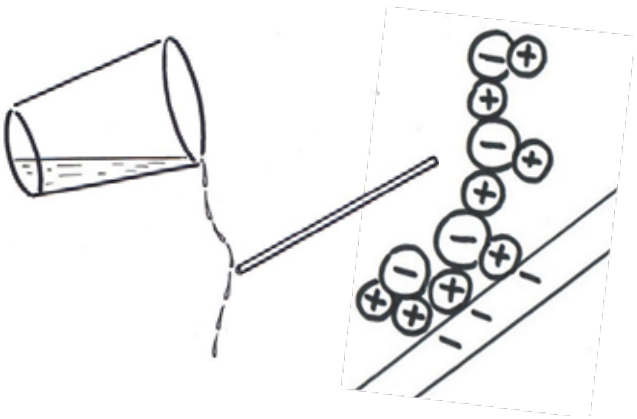
SPOSTRZEŻENIA

WYJAŚNIENIA

Ten sam powód. Kiedy potarta pałeczka zbliża się do każdego ciała metalowego, elektrony „uciekają" na drugą stronę, odpowiednio, metalowej puszki lub metalowego spinacza.

2.12. DOŚWIADCZENIE 12. POWTÓRZ DOŚWIADCZENIE 4.A

Dlaczego potarta pałeczka przyciąga strumień wody? Czy to samo dzieje się z kawałkami papieru, spinaczem lub puszką? Odpowiedź brzmi NIE. Powód leży w naturze cząsteczek wody. Cząsteczki wody są spolaryzowane, więc dwie dodatnie cząsteczki wodoru są przyciągane przez ujemnie potartą pałeczkę.



Aby nauczyć się więcej o cząsteczkach:

Wyobraź sobie kroplę wody. Teraz wyobraź sobie tę kroplę podzieloną na wiele małych kropelek, a te małe kropelki na kolejne mniejsze, bardzo malutkie kropelki, aż dojdziesz do tak bardzo malutkiej kropelki, że nie może być więcej podzielona. Właśnie uzyskałe/aś cząsteczkę wody.

PRZEDSZKOLE 34 (BYDGOSZCZ, POLSKA).

ODKRYWANIE SIŁ ADHEZJI I KOHEZJI

1. WSTĘP KOORDYNATORA

Cel badania przeprowadzonego przez przedszkole Mali Odkrywcy polegał na odkryciu przez uczniów istnienia sił, których nie są w stanie zobaczyć, ale które istnieją w przyrodzie: adhezji i kohezji. Aby do tego doszło, uczniowie przeprowadzili szereg eksperymentów. Stosując metodę konstruktywistyczną, z pomocą zadawanych pytań, uczniowie rozpoczęli od badania właściwości wody, aby następnie w drodze eksperymentów odkryć, jak woda przylega do innych substancji (trzymanie kropli między dwoma palcami i eksperyment z kartą), a także jak woda w stanie ciekłym pozostaje razem dzięki siłom kohezji (eksperyment z kroplą na monecie). Zaobserwowanie tych faktów pomogło wprowadzić pojęcie cząsteczki wody, co pozwoliło dzieciom odkryć istnienie naturalnego zjawiska: napięcia powierzchniowego (eksperyment ze spinaczem na wodzie).

Obrana przez nauczycieli ścieżka wyznacza początek odkrycia naukowego modelu wody: cząsteczki łączą się ze sobą dzięki siłom kohezji, a z innymi substancjami dzięki siłom adhezji.

2. METODOLOGIA WSPÓLNA DLA WSZYSTKICH EKSPERYMENTÓW: MAPA POJĘCIOWA JOSEPHA NOVAKA

W latach siedemdziesiątych XX wieku, Joseph D. Novak opracował wraz z zespołem badawczym na Uniwersytecie Cornella technikę mapowania pojęć w celu reprezentacji formowania się wiedzy naukowej u studentów. Technikę tę wykorzystano następnie jako narzędzie ułatwiające rozumienie nauk ścisłych, a także innych przedmiotów. Wykorzystuje się ją także do reprezentacji wiedzy eksperckiej osób i zespołów w edukacji, instytucjach rządowych i biznesie.

David Ausubel uważał, że przyswajanie nowej wiedzy opiera się na tym, co jest już znane. Czyli konstrukcja wiedzy rozpoczyna się od naszych obserwacji i rozpoznania wydarzeń i przedmiotów przez odniesienie się do pojęć, które już posiadamy. Uczymy się budując sieć pojęć i rozbudowując ją. D. Ausubel podkreśla również rolę nauczania metodą recepcyjną (ang. *reception learning*), którą przeciwstawia metodzie opartej na odkryciach

(ang. *discovery learning*), a także efektywne uczenie (ang. *meaningful learning*) zamiast pamięciowego.

3. PROJEKT BADAWCZY: ODKRYCIE KOHEZJI, ADHEZJI I NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO

3.1. OPIS ZAJĘĆ NR 1: POSZUKIWANIE WŁAŚCIWOŚCI WODY

Tytuł tych zajęć to: *Zabawy z wodą: odkrywanie głównych właściwości wody*.

Zajęcia (1, 2 i 3) przeprowadzono w Przedszkolu nr 34 "Mali Odkrywcy" w Bydgoszczy. Nauczycielkami prowadzącymi w projekcie były Beata Zawada i Barbara Krakowska. Pracowały one z grupą 25 pięcio- i sześciolatków: 11 dziewczynek i 14 chłopców.

Wszystkie dyskusje w trakcie projektu opierały się na metodzie sokratejskiej. Ta metoda oznacza, że nauczyciele zadają dzieciom szereg wydawałoby się niewinnych pytań, które ostatecznie prowadzą respondentów do logicznego wniosku, który nie przystaje do pierwotnie podawanych przez dzieci odpowiedzi.

Materiały wykorzystane w eksperymencie badawczym

Dzbanki z wodą, sok pomarańczowy w przezroczystym kubku, 2 pojemniki o różnych kształtach, 2 kubki (jeden z octem, jeden z wodą), tablica do podsumowania zajęć, monety, pipeta, karta magnetyczna, linijka, spodek.

Wykorzystane źródła

1. S. Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka tym, co świeci, pływa, lata. Warszawa 1994.
2. G. Walter. Woda – żywioły 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.

Eksperyment trwał 24 godzin i obejmował następujące części: przygotowanie, pozyskanie zasobów, badania, przeprowadzenie eksperymentu, sporządzenie przez dzieci rysunków na temat eksperymentu, wnioski.

Cel projektu badawczego

Głównym celem projektu była nauka i konsolidacja wiedzy dzieci na temat wody. Dzieci przeprowadziły eksperymenty z wodą i dowiedziały się o roli tej substancji w przyrodzie.

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Najpierw nauczycielki same zbadały temat. Sporządziły notatki, przeprowadziły wspólnie dyskusje, zaplanowały zajęcia, znalazły potrzebne materiały i ustaliły plan i kolejność zajęć.

Na jeden dzień przed eksperymentem, nauczycielka zapytała dzieci, czym w rzeczywistości jest woda, jaki ma smak, zapach, i kolor. Czy woda ma kształt?

Dzieci podawały różne odpowiedzi. Niektóre mówiły, że woda jest biała bądź niebieska, że smakuje jak zupa, że jest słona, że smakuje okropnie, i że ma kształt dzbanka bądź butelki.

Doniosłość dociekań w pracy naukowej: Natura dociekań naukowych (NOSI)

Następnie dzieci rozpoczęły eksperymenty. Każde dziecko wlało trochę wody butelkowanej do przezroczystego kubka. Za kubkami dzieci umieściły obrazki, żeby sprawdzić, czy nadal są widoczne – były. Następnie dzieci posmakowały wodę i doszły do wniosku, że woda jest bez smaku. Potem dzieci wlały wodę do naczyń o różnych kształtach.

Fot. 1 i 2.

Nauczyciel zapytał: *Jaki kształt ma woda?*

Niektóre dzieci odpowiedziały, że woda nie ma kształtu; inne, że ma kształt dzbanka.

Wykrywanie błędnych przekonań

Nauczycielka wylała wodę z dzbanka na podłogę i zapytała ponownie. Dzieci krzyczały, że *woda nie ma kształtu*. Uczniowie sprawdzali "kształt wody" przelewając ją do naczyń o różnych kształtach.

Końcowa ocena zajęć

Na koniec dzieci znalazły odpowiedzi na pytania o kształt, smak, zapach, i kolor, i prawidłowo rozmieściły je na przygotowanej tablicy.

Fot. 3.

OPIS ZAJĘĆ NR 2: KOHEZJA I ADHEZJA

Wykorzystane przedmioty

Materiały wykorzystane w eksperymencie badawczym to karta magnetyczna, pipeta, monety, linijka, szklanki, oraz oczywiście woda.

Wykorzystane źródła

1. S. Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. Warszawa 1994.
2. G.Walter. Woda – żywioły 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.

Cel projektu badawczego

Poprzez eksperymenty, dzieci dowiedziały się o lepkości wody i siłach adhezji i kohezji. Następnie zrozumiały teorię molekularną. Przeszliśmy następujące etapy:

1. Odkrycie, że istnieją siły adhezji i kohezji.
2. Postawienie odpowiednich pytań.

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Grupa nauczycieli odbyła serię szkoleń przeprowadzonych przez koordynatorów w Madrycie w Hiszpanii oraz w Polsce.

Nauczyciele wymieniali się pomysłami, zaplanowali zajęcia, znaleźli potrzebne materiały i poprowadzili eksperymenty z dziećmi.

Na jeden dzień przed eksperymentem, nauczyciele pokazali uczniom eksperymenty i zapytali dzieci jak woda daje się utrzymać między palcami i dlaczego kropla wody nie spada z karty magnetycznej.

Fot. 4.

Dzieci podały różne odpowiedzi:

— *Palce trzymają kroplę wody;*

— *Kropla przykleja się do palców;*

— *Karta przykleiła się do szklanki;*

— *Woda trzyma kartę.*

Zaczęliśmy szukać odpowiedzi razem, prowadząc eksperymenty.

Doniosłość dociekań w pracy badawczej: Natura dociekań naukowych (NOSI)

Nauczyciele wybrali eksperyment żeby rozbudzić u dzieci zainteresowanie tematem: utrzymywanie kropli wody pomiędzy palcami.

Obserwacja. Dyskusja na temat *Dlaczego woda przykleja się do palców*?

Dzieci odpowiedziały:

— *Woda przylepia się do palców.*

— *Woda jest przyklejona między palcami.*

Dzieje się tak dlatego, że:

— *Woda jest lepka.*

— *Palce są lepkie.*

— *Kropla jest bardzo mała i lekka.*

Wykrywanie błędnych przekonań

Aby wykryć błędne przekonania, nauczyciele wprowadzili kolejny eksperyment. Uczniowie nalali kroplę wody na kartę magnetyczną, a następnie obrócili ją do góry nogami. Kropla pozostała na karcie. Dlaczego tak się stało? Dlaczego nie spadła? Nauczyciele zaprezentowali dzieciom siły adhezji (tendencji różnych cząsteczek do przylegania do siebie) i kohezji (tendencji podobnych bądź identycznych cząsteczek/ powierzchni do przylegania do siebie).

Końcowa ocena zajęć

Dzieci eksperymentowały z dwiema monetami, dużą i małą. Za pomocą pipety dzieci nalewały wodę, kropla po kropli, na powierzchnię monet. Dzieci zapytały: dlaczego krople nie spadają? Dlaczego sklejają się razem? Krople nie spadają z monety dzięki siłom adhezji i kohezji. Adhezja to tendencja różnych cząsteczek do przylegania do siebie, natomiast kohezja to tendencja podobnych takich samych cząsteczek/ do przylegania do siebie. Dzięki tym siłom krople lgną do powierzchni spodka, karty i linijki.

Prowadząc dalsze eksperymenty uczniowie mogli zidentyfikować, nazwać i wskazać siły kohezji i adhezji.

OPIS ZAJĘĆ
3.1: ODKRYWANIE NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO

Wykorzystane przedmioty

Materiały wykorzystane w eksperymencie badawczym: dzbanki z wodą, zlewki, pieprz, pipeta, spinacze biurowe, igły, płyn do mycia naczyń, balony, nartnik.

Wykorzystane źródła

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.

Cel projektu badawczego

Głównym celem projektu było zdobycie i konsolidacja podstawowej wiedzy dzieci na temat wody. Uczniowie dowiedzieli się, że woda ma "skórę", dzięki której pewne owady, np. nartniki, mogą stać na powierzchni wody.

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Przed przystąpieniem do projektu, nauczycielki zbadały temat, sporządziły notatki, wymieniły pomysły, zaplanowały zajęcia, znalazły potrzebne materiały i omówiły planowane zajęcia.

Na dzień przed eksperymentem, nauczycielki zapytały dzieci:

- *Czy igła pozostanie na powierzchni wody?*
- *Czy spinacz może pływać?*
- *"Dlaczego nartnik porusza się po powierzchni wody?"*

Dzieci udzielały różnorodnych odpowiedzi. Niektóre mówiły, że igła utonie, inne, że będzie pływać; spinacz pływa ponieważ jest lekki; niektóre dzieci sądziły, że spinacz utonie ponieważ jest zrobiony z metalu; niektóre dzieci uważały że nartnik może chodzić po wodzie ponieważ ma specjalne buty, bądź duże nogi.

Doniosłość dociekań pracy naukowej: Natura dociekań naukowych (NOSI)

Następnie, dzieci rozpoczęły eksperymentowanie. Każde dziecko nalało trochę wody do zlewki i próbowało położyć na jej powierzchni igłę. Dzieci zaobserwowały co się dzieje i wyciągnęły wnioski. Niektórym dzieciom udało się położyć igłę na wodzie, ale niewielkiej grupce się to nie udawało. Eksperymentowały dalej, patrząc na przykład kolegów i koleżanek.

Fot. 5.

Fot. 6.

Fot. 7.

Nauczycielka zadała pytanie: Dlaczego igła "pływa" na wodzie?

Niektóre dzieci odpowiedziały, że "pływa" ponieważ jest lekka, bądź też cienka – nie waży zbyt wiele i dlatego pozostaje na powierzchni.

Fot. 8.

Wykrywanie błędnych przekonań

Nauczycielki pokazały dzieciom owada, nartnika, który potrafi "chodzić" po wodzie. Wyjaśniły, że woda posiada "skórę". Nie jest ona zbyt mocna. Widzimy jak pod nogami nartnika "skóra" się ugina. Nauczycielka pokazała uczniom model "skóry na wodzie" i wyjaśniła eksperyment.

Następny etap eksperymentu polegał na próbie umieszczenia na powierzchni wody spinacza. Nie wszystkim dzieciom udało się wykonać to zadanie. Nauczycielka zasugerowała skorzystanie z narzędzia wykonanego ze zgiętego spinacza, którego można użyć jako swego rodzaju łyżeczki. Stosując to narzędzie dzieci były w stanie wykonać zadanie. Udał się to każdemu z uczniów.

Końcowa ocena zajęć

Po zakończeniu eksperymentu, dzieci przedstawiły wnioski na rysunkach i podzieliły się spostrzeżeniami z kolegami i nauczycielkami.

Zrozumiały czym jest napięcie powierzchniowe i były w stanie odnieść tę wiedzę do innych sytuacji z życia (np. pieprz na powierzchni wody). Dzieci badały sprawę dalej…

OPIS ZAJĘĆ
3.2: ZRYWANIE NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO

Fot. 9.

Materiały wykorzystane w eksperymencie badawczym

Pieprz, płyn do mycia naczyń, balon.

Wykorzystane źródła

1. S. Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. Warszawa 1994.

2. G.Walter. Woda – żywioły 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.

Cel projektu badawczego

Poprzez eksperymenty, dzieci odświeżyły wiedzę na temat tego, że woda posiada swego rodzaju "skórę" i że nie jest ona zbyt silna, w związku z czym można ją łatwo przerwać.

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Grupa nauczycieli odbyła szereg szkoleń przeprowadzonych przez zespół CSIC at School w Madrycie i w Polsce. Nauczyciele wymienili między sobą pomysły, zaplanowali zajęcia, znaleźli potrzebne materiały i poprowadzili eksperymenty z dziećmi.

Na dzień przed eksperymentem, nauczycielki skonsolidowały wiedzę dzieci zadały im pytania o to, czy skóra na wodzie jest mocna i czy łatwo ją przerwać.

Dzieci podały różne odpowiedzi: jedna grupa twierdziła, że skóra jest mocna i sprężysta i nie da się jej zerwać, Inne dzieci sądziły, że jest bardzo cienka i łatwo ją zerwać.

Nauczycielka zaproponowała dalsze eksperymenty, w celu sprawdzenia jakie cechy ma skóra na wodzie.

Fot. 10.

Fot. 11.

Fot. 12.

Doniosłość dociekań w pracy naukowej: Natura dociekań naukowych (NOSI)

Nauczyciele wybrali eksperyment rozbudzający zainteresowanie tematem u dzieci: sypanie pieprzu na powierzchnię wody.

Obserwacje i dyskusje na temat: *Co się dzieje z pieprzem, gdy sypiemy go na wodę?*

Dzieci odpowiedziały:

— *Pieprz spadnie na dno zlewki*.

— *Pieprz będzie pływać*.

Dzieje się tak, ponieważ:

— *Woda ma skórę*.

— *Jest lekki*.

— *Jest maleńki*.

Wykrywanie błędnych przekonań

Aby wykryć błędne przekonania, nauczyciele przeprowadzili kolejny eksperyment. Uczniowie wsypali trochę pieprzu do zlewki. Następnie sprawdzili, co się stanie. Poten dodali trochę płynu do mycia naczyń za pomocą pipety.

Nauczycielka zapytała co stało się z pieprzem i dlaczego pieprz opadł na dno zlewki. Wszystkie dzieci odpowiedziały prawidłowo. „Skóra wody" uległa zerwaniu i uszkodzeniu.

Końcowa ocena zajęć

W ramach utrwalenia, uczniowie eksperymentowali z monetami. Włożyli monety do napełnionych wodą zlewek. Nauczycielka wprowadziła pojęcie menisku. Wszyscy uczniowie liczyli monety i obserwowali tworzące się meniski wypukłe. Po wrzuceniu do zlewki pewnej liczby monet, woda zaczęła się wylewać. Nauczycielka zapytała, co się stało. Wszyscy uczniowie odpowiedzieli, że „skóra wody" pękła.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Po przeprowadzeniu dalszych eksperymentów, uczniowie mogli wyciągnąć wniosek że "skóra" pokrywająca wodę nie jest zbyt mocna, a cięższe przedmioty spadają na dno. Niektóre lekkie przedmioty można położyć na "skórze" bez zrywania napięcia powierzchniowego. Na koniec powstał model oparty na annalogii: *woda posiada skórę*.

SZKOŁA PUBLICZNA SAN FRANCISCO (PAMPELUNA, HISZPANIA).

ODKRYWANIE SIŁ ADHEZJI I KOHEZJI

1. WSTĘP KOORDYNATORA

Szkoła San Francisco w Pamplonie, to przykład edukacji dwujęzycznej w Hiszpanii, w języku baskijskim i hiszpańskim, z angielskim, jako językiem obcym. Ciekawa jest możliwość obserwacji, jak w centrum tym, niezależnie od modelu nauczania, nauka łączy kultury i promuje równość płci. W tym przypadku, ponieważ zaangażowani w projekt uczniowie byli ze szkoły podstawowej, nauczyciele podeszli do wielkości fizycznych istotnych dla badanych zjawisk – adhezji i kohezji – nie tylko jakościowo, lecz również perspektywy ilościowej. Rozpoczęli od konceptualizacji siły, za pomocą eksperymentu ze spinaczem i magnesem. Kontynuowali proces badawczy eksperymentując z utrzymywaniem kropli między palcami, aby odkryć siły adhezji i kohezji. Aby pogłębić rozumienie sił, uczniowie przeprowadzili też inne eksperymenty (z kartą i kroplami wody na monecie), używając odpowiedniego języka i stosując odpowiednie prawa. Następnie, używając dynamometru, określili siłę adhezji między płytką szklaną a stołem oraz między płytą CD a stołem. W ten sposób przeszliśmy od obserwacji do wielkości. W drugiej fazie dociekań i w ramach oceny stanu wiedzy, studenci przedstawili analogowy model (obserwując co dzieje się, kiedy puszkę do napojów wyjmiemy z lodówki), co pozwoliło dzieciom zrozumieć zachowanie powierzchni wody. Zakończyliśmy inscenizacją sił kohezji i adhezji. Dzięki, wykorzystanej ścieżce konstruktywistycznej dzieci dotarły do wiedzy o molekularnym modelu wody, a obserwując świat makroskopowy, widoczny dla zmysłów, były też w stanie zrozumieć to, co dzieje się także w skali mikro.

2. METODOLOGIA WSPÓLNA DLA WSZYSTKICH ZAJĘĆ

Przed przystąpieniem do procesu badawczego z dziećmi, przygotowano mapę pojęciową na badany temat, ze wskazaniem najniższego wymaganego poziomu, (poziomu Ausubela). Mapa miała strukturę konstruktywistyczną i wskazywała ścieżkę eksperymentalną konieczną do wprowadzenia poszczególnych pojęć. Dotychczasowa wiedza dzieci niezbędna do uczestniczenia w projekcie badawczym zbiegała się z poziomem Ausubela.

Uczniowie musieli rozumieć następujące pojęcia przed rozpoczęciem: odległość, długość, powierzchnie i objętości (zgodnie z etapem rozwoju dzieci).

Stany materii: stały, ciekły, gazowy; zmiany stanu skupienia: parowanie i skraplanie.

Własności cieczy, które odróżniają je od ciał stałych i gazów.

Charakterystyczne właściwości wody.

Czym jest siła?

Konceptualizacja siły.

3. OPIS PROJEKTU BADAWCZEGO ODKRYWANIE SIŁ ADHEZJI I KOHEZJI

Opis badań

Badania przeprowadzono w czterech oddziałach trzeciego cyklu szkolnictwa podstawowego (5 i 6 klasa szk. podst.; wiek dzieci: 9-12 lat), jak również w jednym oddziale cyklu drugiego (3 klasa szk. podst; wiek dzieci: 7-9 lat) w obu modelach językowych wykorzystywanych w szkole: baskijskim i hiszpańskim. Z 95 uczniów, którzy wzięli udział 50 mówiło po baskijsku a 45 po hiszpańsku. Wyniki badań w obu modelach językowych były takie same. Uważamy za zasadne zaznaczyć, że 45 uczniów używających modelu AG (hiszpański) to dzieci społecznie poszkodowane, o niskim indeksie IESC (ang. Index of Economic, Social and Cultural Status), niektóre z nich nie znają języka przekazywania wiedzy (hiszpański), a niektóre zakłócają spokój i mają wysoka absencję.

50 uczniów w modelu D (baskijski) pochodzi z rodzin znormalizowanych i nie wykazuje zawyżonej absencji i zachowań dezorganizujących zajęcia. Dzieci te mają średni/średnio wysoki poziom indeksu IESC.

Również uważamy za istotne dodać, że nie zaobserwowano żadnych znaczących różnic związanych z płcią uczniów: w projekcie badawczym wzięło udział w przybliżeniu po 50% chłopców i dziewcząt.

Zajęcia odbyły się podczas roku szkolnego, a prowadzący je nauczyciele uczą w szkole przedmiotów ścisłych. Eksperymenty przeprowadzono w grupach o mieszanym poziomie, z dziećmi w wieku od 7 do 12 lat. Pozwoliło to starszym dzieciom pomagać młodszym, a przy tym młodsze dzieci motywowały starsze. Wszystkie dzieci wykazywały duży poziom motywacji przez całe zajęcia.

Pełen tytuł badań to: *Z czego zrobiony jest świat?* Opis sił adhezji i kohezji w przypadku wody i zastosowanie prostej teorii molekularnej w celu wyjaśnienia tych zjawisk.

Cel badań

Naszym głównym celem było przejście po ścieżce prowadzącej od odkrycia sił adhezji i kohezji do molekularnej teorii w odniesieniu do wody. Obejmowało to odkrycie "z czego zrobiony jest świat" poprzez obserwację zachowania sił adhezji i kohezji w wodzie.

Pytania postawione na ścieżce badawczej brzmiały:

- *Jakiego rodzaju siły odpowiadają za kohezję i adhezję?*
- *W jakich procesach występują?*
- *Czy istnieją prawa, które podsumowują zachowanie się wody w odniesieniu do tych sił?*

Aby odpowiedzieć na te pytania, musieliśmy wymyślić eksperymenty, których wyniki pozwoliłyby nam znaleźć odpowiedzi (metoda zadawania pytań):

- *Jakie eksperymenty możemy przeprowadzić, aby odpowiedzieć na te pytania?*
- *Jaka naprawdę jest woda na poziomie submikroskopowym?*

Wykorzystane źródła

Materiały wykorzystane podczas zajęć: zakraplacze, woda, karty, spinacze, monety, magnes, puszki po napojach, siłomierze, szkiełka, płyty CD.

Literaturą podstawową była wirtualna klasa CSIC (www.aulavirtual.csic.es) zawierająca treści szkoleniowe podane na początku projektu, a także portal internetowy CSIC at school (www.csicenlaescuela.csic.es).

Opis ścieżki badawczej. Z czego zrobiony jest świat? Opis sił adhezji i kohezji dla wody, i zastosowanie prostej teorii molekularnej do ich wyjaśnienia

Przebyliśmy ścieżkę konstruktywistyczną, w ramach której, prowadząc sukcesywnie różnorodne eksperymenty, zaobserwowaliśmy zjawisko naturalne, co pozwoliło nam na dalsze badania.

Po pierwsze wprowadziliśmy pojęcie siły, aby odkryć dotychczasową wiedzę dzieci, wprowadzić nowe pojęcia (siły adhezji i kohezji), i ocenić zdobytą wiedzę prowadząc inne eksperymenty i wprowadzając pomiar wielkości badanych wielkości.

Część pierwsza: obserwacja naturalnego, codziennego procesu

Korzystając z deszczowego dnia, dzieci obserwowały zjawisko naturalne: krople deszczu na oknie.

Nastepnie zadały poniższe pytania:

- *Jakie są krople?*
- *Dlaczego mają kulisty kształt?*
- *W jaki sposób przyklejają się do okna?*
- *Dlaczego ściekają w dół?*

Nastepnie założyliśmy sobie zeszyty naukowe. Kiedy dzieci same zdały sobie sprawę, że krople zawsze przyjmują zaokrąglony, kulisty kształt, zapisały to spostrzeżenie w swoich zeszytach. Zeszyty pomogły także w rozwoju innych umiejętności, jak kompetencje językowe, ponieważ dzieci musiały opisać obserwowane zjawisko.

EKSPERYMENT 1. KONCEPTUALIZACJA SIŁY: WSTĘP DO POJĘCIA SIŁY – MAGNES I SPINACZ

Eksperyment polegał na umieszczeniu magnesu w pobliżu spinacza przywiązanego do nitki i trzymaniu spinacza palcami, jak widać na fotografii. Po wypuszczeniu spinacza, został on przyciągnięty przez magnes i przemieścił się w jego kierunku, a następnie przywarł do niego. Gdy odsuwaliśmy magnes, spinacz spadał na ziemię z powodu siły grawitacji.

Nauczyciele zapytali uczniów o to, jakie siły działały na spinacz. Uczniowie udzielili różnych odpowiedzi.

Niektórzy podali prawidłową odpowiedź, inni jednak nie wiedzieli co się dzieje. W rzeczywistości działały tu dwie siły: grawitacja i magnetyzm. Obie są siłami działającymi na odległość, ponieważ ani magnes, ani nasza planeta nie są w kontakcie ze spinaczem. Nić natomiast działa na spinacz poprzez kontakt, podobnie, jak palce na nić. Kiedy spinacz jest nieruchomy, dzieje się tak dlatego, że siły grawitacji (ciężar), przyciągania magnetycznego i nici są w równowadze, zerując się nawzajem.

Ponieważ mieliśmy tu do czynienia z uczniami szkoły podstawowej, mogliśmy dojść aż do odkrycia, że siła jest wielkością wektorową, która wywołuje ruch (przyśpieszenie) ciał fizycznych. Kiedy ciało jest w spoczynku, dzieje się tak, ponieważ suma siła działających na to ciało jest zerowa.

EKSPERYMENT 2. OCENA DOTYCHCZASOWEJ WIEDZY: TRZYMANIE KROPLI WODY MIEDZY PALCEM WSKAZUJĄCYM A KCIUKIEM

Dzieci poproszono o opis eksperymentu własnymi słowami. W ten sposób ustaliliśmy ich poziom dotychczasowej wiedzy i istnienie wszelkich błędnych przekonań. Występujące błędne przekonania należało rozwiać z użyciem metod eksperymentalnych.

Zastosowaliśmy pojęcie sił działających przez kontakt do opisu procesów kohezji i adhezji, jakkolwiek uczniowie nie poznali jeszcze nazw tych sił, które sami opisywali jako:

Siły kohezji: siły, które spajają dany materiał razem, na przykład kroplę wody z inną kroplą wody.

Siły adhezji: siły pojawiające się między dwoma różnymi materiałami, na przykład siła przyklejająca kroplę wody do skóry palców. Występuje gdy woda przyczepia się do innego materiału.

Opis wyników eksperymentu: dzieci opisały zaobserwowane wyniki:

— *Kropla wody przykleja się do skóry palców.*

— *Kropla wody nie pęka, ale zachowuje się jak ciało sprężyste.*

Nowe pojęcia przedstawione dzieciom to siła adhezji, występująca między wodą a skórą palców oraz siłą kohezji, występująca między jedną porcją wody, a inną.

EKSPERYMENT 3. PRZYSWOJENIE SIŁ KOHEZJI I ADHEZJI

Uczniowie muszą zrozumieć istnienie dwóch sił działających w przeciwnych kierunkach. Kiedy krople robią się zbyt długie, siły adhezji, które przyklejają wodę do palców przewyższają siły kohezji. Wtedy kropla rozdziela się na dwie części. Dwie połowy kropli są przyczepione do palców.

W ten sposób wyrażamy dwa prawa rządzące obserwowanymi zachowaniami:

- Prawo pierwsze: krople wody mają tendencję do przylegania do powierzchni stałych dzięki sile adhezji.

- Prawo drugie: kropla wody, bądź część kropli, ma tendencję do wiązania się z innymi kroplami dzięki sile kohezji.

EKSPERYMENT 4. OCENA ZDOBYTEJ WIEDZY: KROPLA NA KOŃCU ZAKRAPLACZA

Eksperyment ten polegał na wypełnieniu zakraplacza wodą, powolnym naciskaniu na gumową nasadkę tak, aby widać było rosnącą u wylotu kroplę, aż oddzieli się ona od końcówki zakraplacza.

Co widzimy? Odpowiedzi dzieci pojawiły się natychmiast: zmienia się jej kształt i rozmiar.

Badaliśmy dalej: czy to samo ma miejsce z innymi cieczami? Dlaczego kropla odrywa się i spada?

Siły kohezji i adhezji, utrzymujące kroplę na końcówce zakraplacza, współzawodniczą z siłą grawitacji, która sprawia, ze kropla odrywa się i spada.

EKSPERYMENT 5. SIŁY POMIĘDZY POWIERZCHNIĄ CIAŁA STAŁEGO A CIECZĄ

Przed eksperymentem dzieciom zadano następujące pytanie:

Od czego zależą siły adhezji i kohezji?

Dzieci udzieliły różnych odpowiedzi. Ustaliliśmy empirycznie, że wielkość sił adhezji pomiędzy cieczą a ciałem stałym zależy od rodzaju materiału. Aby to zrobić, użyliśmy w eksperymencie kropel wody i płaskich powierzchni różnych materiałów: miedź, tworzywo sztuczne, puszka po napoju, szyba okienna, i tak dalej. Dzieci zobaczyły, że w zależności od materiału, z którego zrobiona jest dana powierzchnia, kropla zachowuje się inaczej i obiera różne kształty.

Kształt przybrany przez kroplę po osiągnięciu stanu równowagi zależy od wielkości sił kohezji i sił łączących kroplę z powierzchnią. Gdyby siły te nie istniały, kropla miałaby kształt kuli. Gdyby natomiast nie istniały siły kohezji, cała woda przylegałaby płasko do powierzchni.

W zależności od charakteru materiału, z którego zrobiona jest powierzchnia, krople przyjmują różne kształty.

EKSPERYMENT 6. PÓŁILOŚCIOWE OKREŚLENIE WIELKOŚCI SIŁ ADHEZJI I ODNIESIENIE ICH DO WIELKOŚCI SIŁ KOHEZJI

Eksperyment polegał na obserwacji kształtu kropel i połączenia obserwowanych kształtów z kątem, pod którym należało nachylić daną powierzchnię, aby kropla zaczęła ściekać w dół pod wpływem grawitacji. Im bardziej płaska wydaje się kropla, tym ważniejsze są siły adhezji w porównaniu z siłami kohezji i tym bardziej należało nachylić powierzchnię, żeby kropla zaczęła ściekać w dół.

EKSPERYMENT 7. KROPLE WODY NA MONECIE

Uczniowie muszą wykorzystać wiedzę zdobytą podczas tego eksperymentu, prawidłowo używając słów (pojęć) stosując odpowiednie prawa.

Eksperyment polegał na położeniu monety na stole i użyciu zakraplacza aby bardzo powoli umieszczać krople wody na powierzchni monety. Wszystkie dzieci musiały używać monet tego samego rodzaju (np. 50 eurocentów). Monetę przed rozpoczęciem eksperymentu należało oczyścić wodą z detergentem.

Używając zakraplacza nalewaliśmy wodę kropla po kropli na monetę i obserwowaliśmy, co się będzie działo. Liczyliśmy też upuszczone krople. Doszliśmy do momentu, gdy woda na monecie osiągnęła sporą objętość i wystawała ponad brzegi bez przelewania się.

Co się dzieje? Jak to możliwe?

Za pomocą szkła powiększającego przyjrzeliśmy się tej wielkiej kropli wody, która uformowała się na monecie. Kiedy dzieci zebrały już na monetach dość wody, ich uwagę przyciągnął jej kształt (niektórzy uczniowie zauważyli to już wcześniej). Dzieci zwróciły uwagę na kulisty kształty, który woda starała się przyjąć na powierzchni monety.

Uczniowie zostali poroszenie o upuszczenie jeszcze kilku kropel. Każdy ukucnął, zrównując poziom wzroku ze stołem i obserwując kształt wody. Uczniowie opisali go, jako bardzo spłaszczoną kroplę. W pewnym momencie woda wybrzuszyła się poza obrys monety, ale jeszcze się nie przelewała. W końcu kropel było zbyt dużo, siły kohezji między brzegami monety a wodą nie były już w stanie utrzymać ciężaru zdeformowanej kropli, w skutek czego woda się przelewała.

Fot. 1 do 4. Eksperyment nr 7.

EKSPERYMENT 8. NOWA WIELKOŚĆ: NAPIĘCIE POWIERZCHNIOWE. KARTA NA SZKLANCE WODY

Eksperyment ten polegał na wypełnieniu przezroczystej szklanki bądź kubka plastikowego aż po krawędź, a następnie bardzo ostrożnego umieszczenia karty plastikowej (na przykład kredytowej, albo hotelowej) na szklance tak, aby górna powierzchnia się nie zmoczyła. Połowę karty umieściliśmy wewnątrz obrysu szklanki, w kontakcie z wodą, a druga strona była poza obrębem górnej krawędzi szklanki.

Eksperyment polegał na umieszczaniu plastikowych pionków bądź jednocentówek na zewnętrznej części karty i obserwowaniu co działo się z powierzchnią wody przylegającą do karty.

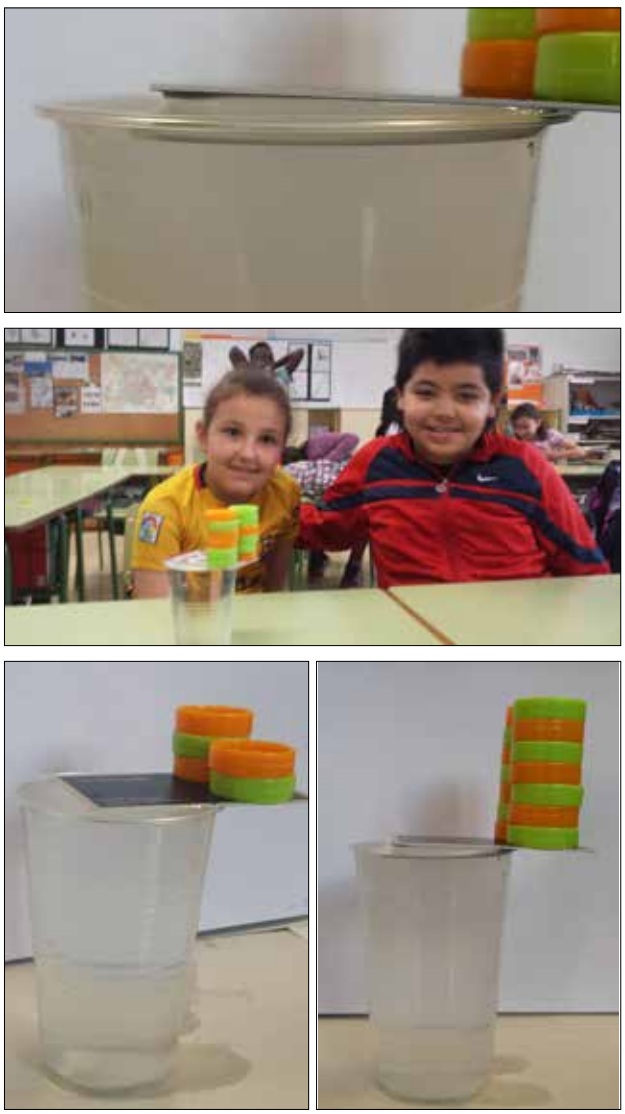
Układ działał jak waga: jedną z szal stanowiła zewnętrzna część karty, na której umieszczaliśmy ciężarki, a druga część karty pozostawała przyklejona do powierzchni cieczy dzięki siłom kohezji pomiędzy kartą i wodą.

Powierzchnia wody odkształcała się i przeciwstawiała się rozerwaniu, zachowując się jak powierzchnia sprężysta, podobnie do trampoliny, po której można skakać.

Na tym etapie nadaliśmy nazwę dokonanej właśnie obserwacji. Zachowanie, które powoduje, że powierzchnia się rozciąga i odkształca jakby była z gumy i które przeciwstawia się rozerwaniu powierzchni znane jest jako napięcie powierzchniowe cieczy. Wynika z sił kohezji pomiędzy częściami powierzchni cieczy.

Liczba monet, czy pionków koniecznych, aby karta spadła przerywając powierzchnię wody (innymi słowy, pokonując napięcie powierzchniowe), daje nam pogląd na jego wielkość. Licząc monety, czy pionki, potrzebne do przezwyciężenia tej siły, wprowadzamy pomiar ilościowy.

W ten sposób dzieci dotarły do modelu analogicznego: woda zachowuje się tak, jakby miała wokół siebie rodzaj sprężystej skóry; to odpowiada za zachowanie się jej powierzchni.



Fot. 5 do 8. Eksperyment nr 8.

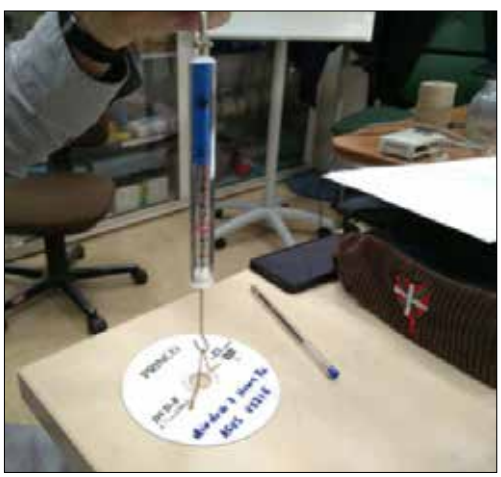
EKSPERYMENT 9. ILOŚCIOWY POMIAR NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO: SIŁY MIĘDZY POWIERZCHNIĄ SZKŁA A POWIERZCHNIĄ STOŁU

Poniższy eksperyment jest kontynuacją eksperymentu poprzedniego. Pomysł polega na bardziej precyzyjnym pomiarze badanej siły. Wylaliśmy trochę wody na blat stołu w celu uzyskania mokrej powierzchni. Umieściliśmy na niej szkiełko mikroskopowe lub płytkę szklaną o gładkiej powierzchni i znanych wymiarach.

Następnie próbowaliśmy oddzielać szkiełko od stołu, zauważając, że jest to bardzo trudne, ponieważ występowała pomiędzy powierzchniami siła, której nie było, jeżeli powierzchnie nie były mokre.

Możemy zmierzyć siłę pomiędzy dwiema płaskimi powierzchniami sklejonymi ze sobą cienką warstwą wody:

Użyliśmy siłomierza (przy tej okazji wprowadziliśmy przyrząd do pomiaru sił) do określenia siły, z którą szkło przywiera do stołu i wyobrażaliśmy sobie jak sklejająca obie powierzchnie woda się odkształca, podobnie do powierzchni wody pod kartą, która odkształcała się w poprzednim eksperymencie.



Fot. 9 i 10. Eksperyment nr 9.

Wprowadziliśmy teraz model analogowy, który pomógł nam zrozumieć (i wyjaśnić) zachowanie się powierzchni wody: model sprężystej skóry.

CZĘŚĆ DRUGA: OCENA KOŃCOWA. OPRACOWANIE MODELU TEORETYCZNEGO W CELU WYJAŚNIENIA ZACHOWANIA WODY W KONTAKCIE Z POWIERZCHNIAMI CIAŁ STAŁYCH: TEORIA MOLEKULARNA

Umieściliśmy bardzo zimną puszkę po napoju na talerzu i obserwowaliśmy, jak pokrywa się kroplami wody, które następnie ściekają po jej powierzchni zbierając się na talerzu.

Było tak, jakby woda w atmosferze, pochodząca z parowania mórz, kałuż, basenów, suszącej się odzieży, naszych oddechów i tysięcy podobnych procesów, wychodziła z powietrza.

Ale przecież nie widzimy żadnej wody w powietrzu. Jak to możliwe? Dzieci musiały przyznać, że woda musi mieć formę kropel tak małych, że nie możemy ich dostrzec. Najmniejsze możliwe kropelki wody w powietrzu będziemy nazywać cząsteczkami. Przedstawić je sobie możemy tak jak chcemy, na przykład w postaci maleńkich kulek.

To doprowadziło nas do sformułowania hipotezy w formie modelu wody: woda składa się z bardzo małych, submikroskopowych kulek, których nie widać gołym okiem; przyciągają one siebie nawzajem (kohezja) i inne powierzchnie (adhezja).

Musieliśmy teraz przetestować nasz model teoretyczny i wykorzystać go do wyjaśnienia niektórych wyników eksperymentalnych uzyskanych w części pierwszej.

Na przykład, dla eksperymentu z monetą i kroplą wody, użyliśmy powierzchni (odwróconego pudła albo stołu) każdemu uczniowi przypisaliśmy rolę cząsteczki, a pudło, czy blat stołu były monetą.

Pierwsza „kropla" stanęła wygodnie na powierzchni, podobnie druga i trzecia. Czwarta miała już nieco trudności, ale utrzymali ją towarzysze. Piąta już nie mogła się utrzymać i dodatkowo spowodowała, że pozostałe również spadły.

Ta inscenizacja stanowiła model tego, co dzieje się na poziomie mikroskopowym na monecie, kiedy upuszczamy na nią krople wody.

Uczniów poprosiliśmy o wyjaśnienie, co się stało, z użyciem już opracowanego modelu. Odpowiedzieli, że działały tu siły kohezji (pomiędzy nimi samymi) i adhezji (z powierzchnią stołu). Każdy z uczniów stanowił model cząsteczki wody, łącząc się z innymi uczniami (kohezja), jak woda tworzy dużą kroplę na powierzchni monety, dopóki większa siła (w tym przypadku ciężar samej kropli) nie sprawi, że woda przeleje się poza krawędź.

Model teoretyczny zadziałał. Pomógł dzieciom wyobrazić sobie, co się dzieje na poziomie submikroskopowym, a zatem wyjaśnić zachowanie świata makroskopowego, który postrzegamy zmysłami. Warunkowo przyjęliśmy to jako nasz model naukowy, który będziemy rozwijać.

Fot. 11. Model atomu.

PRZEDSZKOLE ASUNDUSE LASTEAED (TALLINN, ESTONIA). **OD CUKRU DO ELEKTRYCZNOŚCI**

1. WSTĘP KOORDYNATORA

Zajęcia przeprowadzone przez Estońskie Centrum Edukacji TALLINA ASUNDUSE LASTEAD oparte były na modelu pedagogicznym pozwalającym młodym uczniom, na wczesnych etapach kształcenia, badać pewne zjawiska naturalne. Aby to zrobić, wykorzystaliśmy wodę, jako codzienną substancję, aby odkryć prawa molekularnego modelu materii. Pierwszy przeprowadzony eksperyment polegał na rozpuszczeniu cukru w wodzie, co dowiodło, że rozpuszczony w wodzie cukier, choć stał się niewidoczny, to nie zniknął, ponieważ jego smak jesteśmy w stanie wyczuć. Kolejny krok polegał na obserwacji. Pozostawiliśmy naczynie z wodą i cukrem na kilka dni: cukier pozostał w naczyniu, a woda nie. W tym wieku, dzieci mają już świadomość, że rzeczy same nie znikają. Dzieci przyjęły zatem, że woda z naczynia przeszła do atmosfery, chociaż nie było to widoczne gołym okiem. To początek odkrywana zmian stanu skupienia i wprowadzenie do pojęcia cząsteczki.

Dalsze prowadzone przez dzieci badania obejmowały zjawiska elektrostatyczne. Dzieci zaczęły od prostego eksperymentu, pocierając balon i zbliżając go do włosów. Zamysł polegał na odkryciu przez dzieci pojawienia się siły przyciągania, czy innymi słowy elektryczności, i wyruszenia na ścieżkę prowadzącą do odkrycia rządzących nią praw. Poprzez ten eksperyment nauczyciele chcieli, aby dzieci dowiedziały się jak obserwować zjawiska niewidzialne dla naszych oczu. W pierwszym przypadku chodziło o cząsteczki, a w drugim, o ładunek elektryczny.

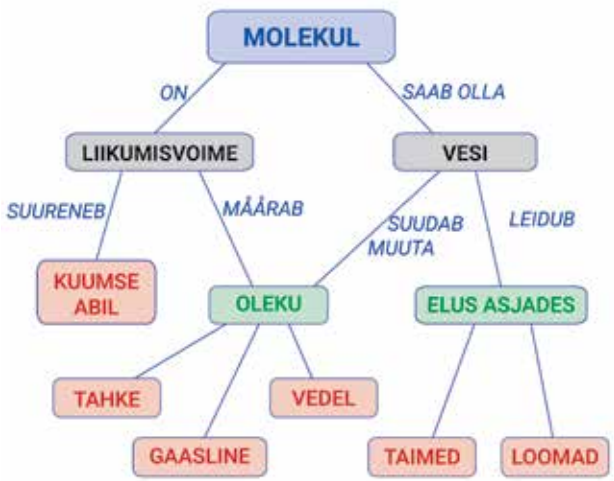
Ciekawa jest możliwość obserwacji, jak dzieci reprezentują cząsteczki przed badaniami (jako potwory, kwiaty, i tak dalej), i jak robią to po przeprowadzonych badaniach (zgodnie z modelem małych kulek, które zbierają się razem tworząc ciekłą wodę i oddzielają się od siebie gdy parują). W ten sposób te dzieci, w wieku od 5 do 7 lat, pokazały że są w stanie wizualizować sobie rzeczy dla siebie niewidzialne w świecie wokół nich, poprzez reprezentacje mentalne i modele.

2. OPIS METODY UŻYTEJ W PROJEKCIE BADAWCZYM

W latach siedemdziesiątych XX wieku, Joseph D. Novak opracował wraz z zespołem badawczym na Uniwersytecie Cornella technikę mapowania pojęć w celu reprezentacji formowania się wiedzy naukowej u studentów. Technika ta została następnie wykorzystana jako narzędzie ułatwiające rozumienie nauk ścisłych, a także innych przedmiotów. Wykorzystuje się ją także do reprezentacji wiedzy eksperckiej osób i zespołów w edukacji, instytucjach rządowych i biznesie.

David Ausubel uważał, że przyswajanie nowej wiedzy opiera się na tym, co jest już znane. Czyli konstrukcja wiedzy rozpoczyna się od naszych obserwacji i rozpoznania wydarzeń i przedmiotów przez odniesienie się do pojęć, które już posiadamy. Uczymy się budując sieć pojęć i rozbudowując ją. D. Ausubel podkreśla również rolę nauczania metodą recepcyjną (ang. *reception*

learning), którą przeciwstawia metodzie opartej na odkryciach (ang. *discovery learning*), a także efektywne uczenie (ang. *meaningful learning*) zamiast pamięciowego.



3. PROJEKT BADAWCZY NR 1: GDZIE SIĘ PODZIAŁ CUKIER?

Opis zajęć.

Eksperyment odbył się w Tallinnie w przedszkolu Asunduse dla dzieci w wieku 5-7 lat.

Eksperyment przeprowadziły nauczycielki Eneli i Kristel. Łącznie udział wzięło 11 dzieci, 6 chłopców i 5 dziewczynek.

Materiały wykorzystane w eksperymencie badawczym: kostki cukru, zimna i gorąca woda, dzbanek szklany, łyżka, kubki plastikowe i groszek polistyrenowy do pakowania w dwóch kolorach.

Wykorzystana literatura:

1. Murulaid, R., Piirsalu, E., Vacht, P., Vaino, K.; Loodusõpetus 7. klassile; [2016]; Estonia.

2. Dostępne online pod adresem: 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.

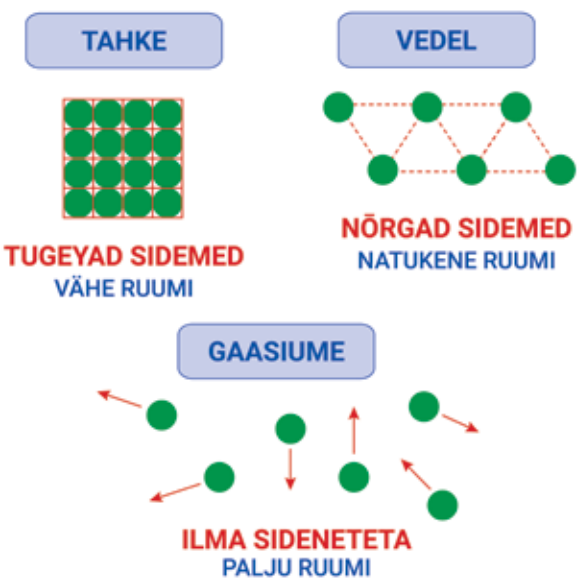
Wszystkie prowadzone w trakcie projektu dyskusje oparte były na metodzie sokratejskiej. Nauczyciele zadają dzieciom szereg wydawałoby się niewinnych pytań, które ostatecznie pro-

wadzą respondentów do logicznego wniosku, nieprzystającego do pierwotnie udzielonych odpowiedzi i żywionych wcześniej przekonań.

Cały eksperyment zajął 24 godziny, w tym: przygotowanie, pozyskanie materiałów, badania, przeprowadzenie eksperymentu, wykonanie przez dzieci rysunków eksperymentu oraz wnioski.

Cel badania

Celem projektu badawczego było odkrycie cząsteczek, zbadanie ich natury i dotarcie do teorii molekularnej.



[Ciało stałe: silne wiązania – mało miejsca / ciecz: słabe wiązania – nieco miejsca /gaz: brak wiązań – dużo miejsca]

Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Najpierw nauczycielki zbadały temat same. Sporządziły notatki, przeprowadziły wzajemne konsultacje, zaplanowały zajęcia, znalazły konieczne materiały i ustaliły kolejność planowanych zajęć.

W przeddzień planowanego eksperymentu nauczycielki zapytały dzieci, z czego zbudowany jest świat oraz jaką rolę mogą tu pełnić cząsteczki. Poprosiły dzieci o narysowanie swoich odpowiedzi na obrazkach.

W dniu eksperymentu, nauczycielki weszły do klasy przed zajęciami w celu przygotowania potrzebnych materiałów, żeby wywołać u dzieci zainteresowanie nowymi przedmiotami.

Dzieci nie słyszały wcześniej o cząsteczkach. Niektóre myślały, że może cząsteczki to potwory, a jedno dziecko mówiło, że być może cząsteczki mają zęby.

NATURA DOCIEKAŃ NAUKOWYCH (NOSI)

1. **Obserwacja.** Dyskusja na temat: *Co dzieje się, kiedy dodamy cukier do dzbanka wypełnionego wodą?*

   Dzieci:

   — *Cukier rozpuszcza się w wodzie.*

   — *Woda wszystko rozpuszcza.*

   — *Nie wszystko. Stół się nie rozpuszcza.*

   — *Inaczej jest w ciepłej wodzie, a inaczej w zimnej.*

   — *Woda robi się słodka. Woda zmieniła się w kamień.*

   — *Zimna woda nie robi się słodka. Ma inny smak.*

   — *Cukier nie ginie.*

2. Eksperymenty

Dzieci wsypały kostki cukru do zimnej wody. Jedno dziecko zamieszało wodę łyżką. *Co się dzieje?*

Dzieci:

— *Kiedy mieszamy, to musimy mieszać 50 godzin zanim cukier się rozpuści.*

— *Nie, nie trzeba tak długo.*

— *Teraz część cukru już zniknęła.*

Dzieci dodały wrzątek do zimnej wody. Jedno z dzieci zamieszało ciecz łyżką. *Co się dzieje?*

Dzieci:

— *Jakieś małe kawałki.*

— *Nie widać go.*

— *Gdzie się podział?*

— *Wyparował.*

— *Teraz cukier znika dużo szybciej.*

Fot. 1 i 2. Kostki cukru po wrzuceniu do wody.

Fot. 3. Nie widać cukru w wodzie.

3. Podsumowanie wyników

Po wykonaniu eksperymentów prowadzących dzieci po zaplanowanej przez nauczycieli ścieżce, rozpoczęliśmy dyskusję na temat: *Cząsteczki – czym są i jak się poruszają?*

- Cząsteczka to najmniejsza ilość danej substancji, która nadal wykazuje wszystkie właściwości tej substancji. Na przykład cząsteczka wody to najmniejsza ilość wody, która nadal zachowuje się jak woda.

- Gorące cząsteczki wody poruszają się szybciej niż zimne.

- Cukier jest mniej gęsty od wody.

- Ten rodzaj roztworu zawiera rozpuszczoną substancję stałą, w tym wypadku cukier, oraz ciecz – wodę. Ponieważ cząsteczki cukru rozchodzą się równomiernie po wodzie, cukier się rozpuszcza.

Jak cząsteczki mogą się poruszać w wodzie, albo w cukrze?
Spróbujmy zobaczyć! Badania trwały…

Jak wyglądają cząsteczki, jeżeli dodamy trochę cukru do dzbanka z wodą?

4. Hipoteza

Dzieci:

— *Cukier nadal jest w wodzie* — Jedno dziecko nie wiedziało jak to się stało.

5. Testowanie hipotezy w laboratorium

Skąd możemy mieć pewność, że cukier nadal jest w wodzie? Powąchajmy i posmakujmy ją!

Fot. 4. Ciało stałe (na przykład kostka cukru).

Fot. 5. Ciecz (na przykład woda).

Fot. 6. Cukier.

Fot. 7. Smakowanie wody.

- Dzieci powąchały czystą wodę.
  Jak pachnie?

Dzieci:

— *Pachnie jak woda.*

— *Pachnie jak zwykle.*

- Dzieci posmakowały wodę.
  Jak smakuje?

Dzieci:

— *Jest bez smaku.*

— *Mnie smakuje.*

— *W ogóle nie ma smaku.*

— *Woda smakuje jak zwykle.*

- Dzieci powąchały wodę z cukrem.
  Jak pachnie?

Dzieci:

— *W ogóle nie pachnie.*

— *Nic się nie zmieniło.*

- Dzieci posmakowały wodę.
  Jak smakuje?

Dzieci:

— *Jaka słodka!*

— *Za słodka.*

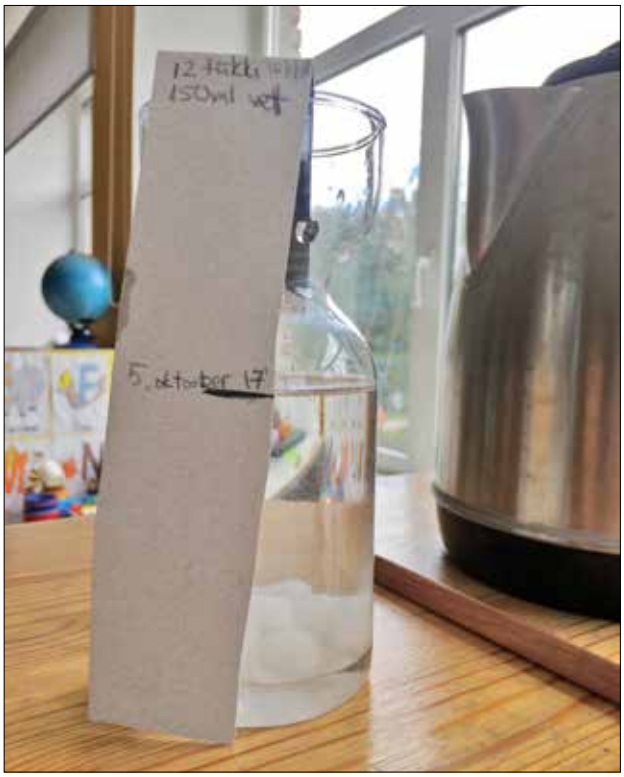
— *Cukier nadal tam jest.*

6. Wyjaśnienie hipotezy

Dzieci podały szereg wyjaśnień, dlaczego cukier nie zniknął, czego dowiodły wcześniej w drodze badań:

— *Cukier zmienił się z ciała stałego w ciecz.*

Fot. 8.



Fot. 9.

— *Kostki cukru się rozpadły.*

— *Cukier rozpuścił się i wypłynął na powierzchnię.*

— *Cukier pozostał w wodzie.*

— *Drobinki cukru są takie małe, że nie widać ich w wodzie.*

Końcowa ocena zajęć

Aby przekonać się, czy cukier nadal jest w wodzie, pozostawiliśmy dzbanek ze 150 ml wody i 12 kostkami cukru na półce.

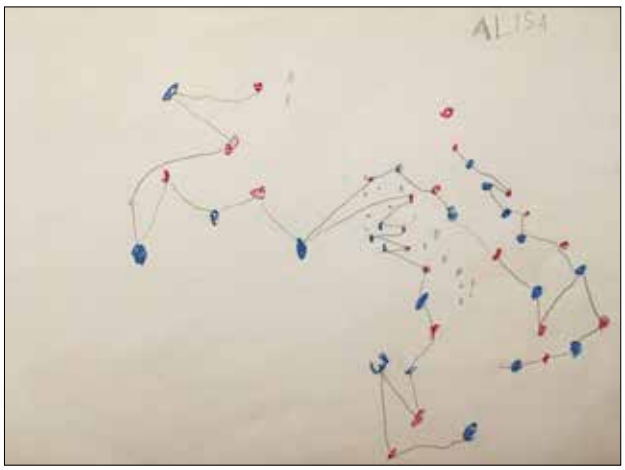
Dzieci codziennie patrzyły, jak woda w dzbanku paruje i oczekiwały na ostateczny rezultat.

Jeden dzień po rozpoczęciu eksperymentu, nauczycielki zapytały dzieci, z czego ich zdaniem składa się świat i jak mogą się z tym wiązać cząsteczki. Nauczycielki poprosiły dzieci o narysowanie obrazków ze swoimi pomysłami.

Pięcioro dzieci było w przedszkolu w każdym dniu eksperymentu (pierwszego dnia dzieci rysowały obrazek zanim czegokolwiek się dowiedziały, drugiego dnia dzieci wzięły udział w eksperymencie, trzeciego dnia dzieci narysowały obrazki w oparciu o nową wiedze na badany temat).

Dzieci zrozumiały, że cząsteczki są bardzo małe – Tak małe, że nie są dostrzegalne dla oczu.

Na koniec, dzieci dotarły do modelu molekularnego.



Fot. 10 i 11. Rysunki uczniów przedstawiające eksperyment i cząsteczki wody.

4. PROJEKT BADAWCZY 2: ODKRYCIE ELEKTROSTATYKI

Cel badania

Cel projektu badawczego: odkrycie przez dzieci elektrostatyki poprzez eksperymenty.

Opis działania

Potrzebne przedmioty: balony, naklejki (znaki „+" i „–").

Eksperyment zajął łącznie 24 godziny. Na czas ten składało się przygotowanie, pozyskanie materiałów, zdobycie informacji, przeprowadzenie eksperymentu, rysowanie przez dzieci prac plastycznych oraz wnioski.

Eksperyment miał miejsce Tallinnie, w przedszkolu Asunduse dla dzieci w wieku 5-7 lat. Eksperyment przeprowadziły nauczycielki Eneli i Kristel. Grupa liczyła 13 dzieci, 8 chłopców i 5 dziewczynek.

Jak w poprzednim projekcie, wszystkie prowadzone dyskusje wykorzystywały metodę sokratejską.

http://failid.koolibri.ee/koduleht/lehitseja/fyysika_9_1/files/assets/basic-html/page4.html

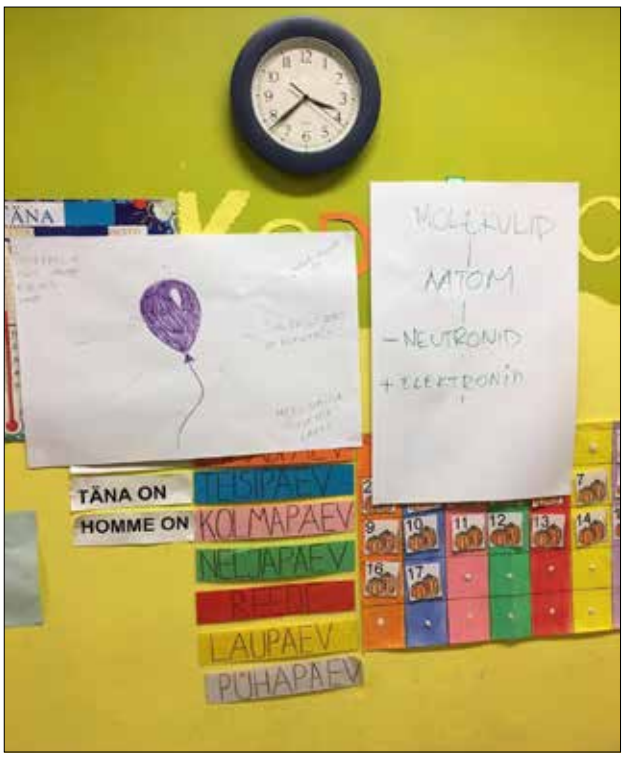
Opracowanie i przygotowanie zajęć badawczych

Najpierw nauczycielki same zbadały temat. Sporządziły notatki, przeprowadziły wzajemne konsultacje, zaplanowały zajęcia, znalazły konieczne materiały i ustaliły kolejność planowanych zajęć.

W przeddzień eksperymentu, nauczycielki zapytały dzieci co dzieje się, kiedy potrzemy balon o włosy. Nauczycielki poprosiły dzieci o przedstawienie odpowiedzi na rysunkach.

W dniu eksperymentu, nauczycielki ponownie weszły do klasy jeszcze przed zajęciami, aby przygotować potrzebne materiały i wywołać u dzieci zainteresowanie nowymi przedmiotami.

Dzięki przeprowadzonemu wcześniej eksperymentowi z cukrem, dzieci pamiętały trochę faktów na temat cząsteczek i ich znaczenia.



Fot. 12 do 14.

NATURA DOCIEKAŃ NAUKOWYCH (NOSI)

1. Obserwacja

Dyskusja na temat: co dzieje się, kiedy potrzemy balon o włosy?

Na zajęciach dzieci odkrywają, że siła działa między balonem, a włosami. Siła ta ma charakter elektryczny. Dzieci zaczynają rozmawiać o tym, dlaczego te materiały przyciągają się gdy potrzemy jeden z nich.

2. Eksperymenty

Aby zbadać to zjawisko przeprowadziliśmy szereg eksperymentów, które pomogły nam odkryć prawa elektryczności.

W klasowej dyskusji komentowaliśmy fakt, że pojawia się siła przyciągania między balonem i włosami (wprowadzając nowe pojęcie: przyciąganie).

3. Rozpoczęliśmy badanie. Hipoteza i jej sprawdzenie

Rozpoczęliśmy dociekania: każde z dzieci otrzymało naklejkę ze znakiem + i -, aby rozpocząć przyswajanie pojęć ładunków dodatnich i ujemnych i reprezentację ich poprzez znaki + (dodatni) i - (ujemny). Dzieci zainscenizowały oddziaływania między ładunkami: dzieci z różnymi znakami przyciągały się do siebie, a z przeciwnymi odpychały.

Później dzieci przyłożyły balon do ściany i przekonały się, że balon „trzyma się ściany”.

Dzieci powiedziały:

— *Nasze włosy wznoszą się do balonu.*

— *Trochę prądu jest w balonie.*

— *Powietrze.*

— *Dlaczego włosy mi się brudzą?*

— *Jak prąd wchodzi do balonu?*

Po dyskusji klasowej, doszliśmy do pewnych wniosków: ładunki z tym samym znakiem odpychają się, a te z przeciwnym znakiem się przyciągają. W ten sposób łatwo było odkryć prawa opisujące elektryczność.

Fot. 15 do 17.

4. Końcowa ocena zajęć

Prosiliśmy dzieci, aby prowadziły dodatkowe eksperymenty w domach. Były to eksperymenty z elektrostatyką, które umożliwiły dalszą obserwację badanych dotąd zjawisk.

Poprosiliśmy, aby dzieci ponownie potarły balony i tym razem zbliżyły go do strumienia wody z kranu. Ustaliliśmy, że balon przyciąga strumień wody.

Dzieci wróciły do klasy po eksperymencie w warunkach domowych i opisały obserwacje. Niektóre z nich pytały nas „Dlaczego?" „Ale jak woda może płynąć zygzakiem?" Inne dzieci zauważyły, że podobnie zachowywały się ich włosy po zbliżeniu balonika.

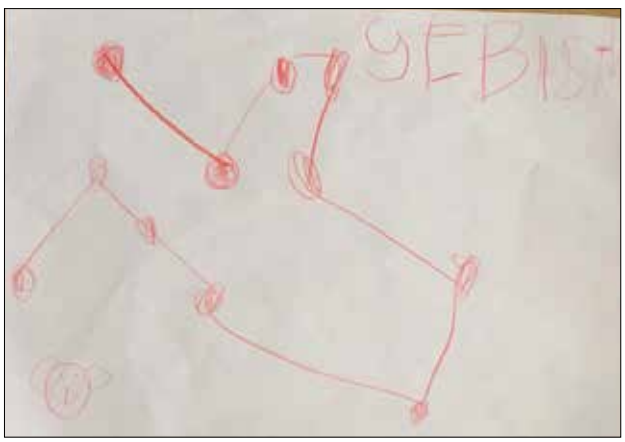
Łącznie udział wzięło sześcioro dzieci; zajęcia odbywały się w ciągu trzech dni (pierwszego dnia dzieci narysowały obrazki zanim czegokolwiek się nauczyły, drugiego dnia dzieci wzięły udział w eksperymencie, a trzeciego dnia narysowały obrazek posiłkując się zdobytą wiedza).

Nasze końcowe wnioski odnośnie tego, co dzieci rozumieją:

1. Istnieją różne ładunki elektryczne i podlegają one pewnym prawom.

2. Są one częścią świata, który jest niewidoczny dla naszych oczu.

3. Aby jednak zrozumieć eksperyment z balonem i strumieniem wody, konieczne będą dalsze badania, ponieważ dzieci muszą odkryć, że cząsteczki wody są spolaryzowane, innymi słowy, mają ładunek dodatni i ujemny.



Fot. 18 do 20.