
FENIKS

- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Pakiet nr 1:

Fizyka w domu

Część 3

dr Dagmara SOKOŁOWSKA
Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego
Uniwersytet Jagielloński

Wersja UJ/1.0, marzec 2009

Zawarte w tym opracowaniu materiały przeznaczone są do wspomagania pracy nauczycieli i uczniów w czasie zajęć pozalekcyjnych w szkołach biorących udział w projekcie edukacyjnym FENIKS. Materiały do realizacji w czasie zajęć na uczelniach uczelnie przygotowują niezależnie.

<http://feniks.ujk.kielce.pl/>
feniks@th.if.uj.edu.pl

Komentarz dla Nauczyciela

Plan zajęć

**Warsztaty z jednego tematu przewidziano na 45 minut.
Przy każdym punkcie podano orientacyjny czas aktywności.**

Co już wiemy

Zakładamy, że uczniowie przystępujący do warsztatów posiadają pewną wiedzę, bądź to z lekcji fizyki, bądź z poprzednich zajęć. W tym punkcie podajemy zagadnienia, które uczniowie powinni znać. Nauczyciel może ten fragment wiedzy przekazać na początku zajęć w formie 5 minutowego wykładu przypominającego.

Pytania wstępne




Zajęcia z właściwego tematu rozpoczynają się od pytań dotyczących omawianych później zagadnień. Są to najczęściej pytania związane z doświadczeniem, którego uczniowie nabierają w codziennym życiu lub z sytuacjami, które mogą znać z filmów, książek. Pytania należy skierować do całej grupy – nie należy w tym miejscu dawać gotowych odpowiedzi, jeśli uczniowie ich nie znają, ale pozostawić je otwarte. Jest to swojego rodzaju sondaż wiedzy i doświadczenia uczniów oraz sposób wprowadzenia do tematu warsztatów.

Dodatkowe pytania nauczyciela

W tym punkcie pozostawiamy Nauczycielowi miejsce na zadawanie dodatkowych lub pomocniczych pytań dotyczących danego tematu, a w szczególności fizyki w kontekście życia codziennego.

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Warsztaty oparte są na doświadczeniach, które uczniowie będą wykonywali indywidualnie lub w dwuosobowych grupach. Mogą także zostać zaproponowane eksperymenty, które wykona sam Nauczyciel. Do każdego doświadczenia zostanie podany szczegółowy opis wraz z rozróżnieniem typu aktywności:

- indywidualnie 
- w grupach dwuosobowych 
- przez Nauczyciela 

oraz komentarz dotyczący powiązania prezentowanych w eksperymencie zagadnień z życiem codziennym. Uczniowie powinni wykonać doświadczenia samodzielnie posługując się objaśnieniami (które trzeba w takim przypadku skopiować w odpowiedniej liczbie i rozdać uczniom) lub wykonać je zgodnie z instrukcjami Nauczyciela.

Aby maksymalnie móc wykorzystać czas przeznaczony na warsztaty, na początku każdego zajęć przyrządy i materiały do eksperymentów powinny zostać przygotowane w odpowiedniej ilości i ułożone na ławkach. Przy każdej ławce powinna pracować para uczniów.

Doświadczenia, które nauczyciel będzie wykonywał samodzielnie powinny być także przygotowane w możliwie maksymalnym stopniu jeszcze przed warsztatami.

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki)

Tutaj Nauczyciel znajdzie podsumowanie tematu, ciekawostki itp. Tego dodatkowego komentarza do zajęć nie należy przedstawiać uczniom jako bloku informacji. Powinna to być kanwa do ponownej dyskusji, interakcji.

Pytania końcowe

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Pod koniec zajęć należy wrócić do pytań wstępnych i dodatkowych, upewniając się, że na wszystkie te pytania podczas warsztatów znaleziona została odpowiedź. Jest tu także miejsce na indywidualne impresje uczniów: co było zaskakujące, co im się w trakcie zajęć przypomniało w związku z tematem warsztatów.

Komentarz dla Nauczyciela

Literatura dla Nauczyciela

Na końcu materiałów dotyczących danego tematu podajemy literaturę oraz linki w Internecie poszerzającą wiedzę w jego zakresie.

V. Ciecze

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest siła grawitacji? Jaki jest kierunek i zwrot tej siły?
- Która substancja ma większą gęstość: olej jadalny czy woda?

Pytania wstępne (3 min)

- Czy olej miesza się z wodą?
- Jak wysoko jest transportowana woda w roślinach?
- Dlaczego najwyższe rośliny mogą w swoim wnętrzu transportować wodę nawet na wysokość stu metrów?
- Podaj przykłady detergentów.
- Dlaczego łatwiej sprząć brud z ubrań po dodaniu do wody detergentu?
- Z czego robimy bańki mydlane?
- Co to jest emulsja i jak powstaje?
- Jak działa termometr (np. termometr okienny ze słupkiem cieczy)?
- Jakich cieczy używa się w termometrach ciecowych?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Kropla (2 min)

Doświadczenie 2: Wędrówka wody w roślinie (6 min)

Doświadczenie 3: Karta na wodzie (6 min)

Doświadczenie 4: Bańki mydlane (5 min)

Doświadczenie 5: Ketchup (2 min)

Doświadczenie 6: Skrobia w zimnej (5 min)

Doświadczenie 7: Emulsje (6 min)

Doświadczenie 8*: Domowy termometr (25 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Siły przylegania i spójności to dwa typy sił oddziaływań pomiędzy cząsteczkami cieczy i ciał stałych. Są to siły o naturze elektromagnetycznej. Siły działające na cząsteczki wewnątrz cieczy się równoważą, natomiast na cząsteczki leżące na powierzchni działa siła wypadkowa do środka cieczy (siła prostopadła do powierzchni cieczy). Siła ta stara się wciągnąć cząsteczki do wnętrza cieczy, ale we wnętrzu jest już bardzo tłoczno. Dlatego na powierzchni powstaje siła równoległa powierzchni cieczy zwana siłą napięcia powierzchniowego. Można to sobie wyobrazić jako powstanie na tafli cieczy „błonki” lub „skórki” z cząsteczek, które mają trudności, aby przesunąć się do wnętrza cieczy. W nieobecności sił zewnętrznych powoduje to przybieranie przez ciecz kulistego kształtu (ze wszystkich brył o takiej samej objętości, kula ma najmniejszą powierzchnię). Tak się dzieje na przykład na stacji kosmicznej, w warunkach mikrogravitacji. Na Ziemi na ciecz działa dodatkowa siła zewnętrzna (siła grawitacji) skierowana do wnętrza Ziemi, dlatego powierzchnia cieczy w równowadze jest płaska.

Używane w języku potocznym pojęcie „twardości” wody odzwierciedla wartość współczynnika napięcia powierzchniowego wody. Im twardsza woda, tym trudniej prać w niej ubrania. Aby „zmiękczyć” wodę dodaje się do niej detergenty, które zmniejszają napięcie powierzchniowe.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

V. Ciecze

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. K. Ernest „Einstein na huśtawce”, Prószyński i S-ka, 2002
2. M. Fiałkowska, K. Fiałkowski, B. Sagnowska „Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych, Zamkor 2005 (rozdział 4.2.2)
3. „Fizyka z astronomią dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej , Zamkor 2007 (rozdział 5.2)
4. Karta n wodzie: Foton 96, Wiosna 2007:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/96/pdf/09%20karta%20na%20wodzie.pdf>
5. Strona internetowa poświęcona fizyce (LO Turek):
http://www.fizyka.net.pl/index.html?menu_file=ciekawostki%2Fm_ciekawostki.html&former_url=http%3A%2F%2Fwww.fizyka.net.pl%2Fciekawostki%2Fciekawostki_wn5.html
6. Sz. Szczeniowski „Fizyka doświadczalna, t.II – Ciepło i fizyka cząsteczkowa” (PWN, 1976), rozdział 80.
7. Pokaz dużych baniek mydlanych: <http://www.youtube.com/watch?v=ZyJABjIubSk>
8. Pokaz tworzenia dużych baniek mydlanych plenerze oraz zabaw z bańkami:
<http://www.youtube.com/watch?v=HlsoHgPbswg>
9. Sfera wody w warunkach mikrogravitacji: <http://www.youtube.com/watch?v=PxG4iv8>
10. Picie wody chińskimi pałeczkami w warunkach mikrogravitacji:
<http://www.youtube.com/watch?v=7obLT4s2-HA>
11. Neutrino 3, Zima 2008, „Mikrogravitacja”.



V. Ciecze

Doświadczenie 1: Kropla.

Przyrządy i materiały:

dwie zakrętki od słoika typu twist (lub płaski talerzyk), kroplomierz (zakraplacz do oczu lub pipeta), słomka do napojów, olej, woda, chusteczka higieniczna.

Uwaga! Jeśli nie masz kroplomierza, możesz użyć dodatkowej słomki do napojów.

Przygotowanie.

Wytrzyj dokładnie wewnątrz jednej zakrętki chusteczką i rozprowadź na jej dnie palcem cieniutką warstwę wody. Rozsmaruj także cienką warstwę oleju na denku drugiej zakrętki od strony wewnętrznej.

Eksperyment.

Za pomocą słomki do napojów wprowadź po jednej kropli wody na posmarowane powierzchnie obu zakrętek. Za pomocą kroplomierza lub drugiej słomki do napojów wprowadź po jednej kropli oleju na posmarowane powierzchnie obu zakrętek.

Obserwacja.

- Jaki kształt przyjmuje kropla wody na tłustej powierzchni, a jaki kropla oleju?
- Jaki kształt przyjmuje kropla oleju na powierzchni zwilżonej wodą, a jaki kropla wody?

Komentarz.

Cząsteczki jednej substancji przyciągają się wzajemnie siłami, które określamy jako **siły spójności**. Cząsteczki różnych substancji przyciągają się wzajemnie siłami, które określamy **siłami przylegania**. To siły spójności powodują, że pojedyncze krople cieczy przyjmują kształt o najmniejszej powierzchni, w stosunku do objętości, czyli kształt kuli. (Wyobraź sobie kulę i sześcian o tej samej objętości. Która z tych brył ma większą powierzchnię?) Gdyby nie było grawitacji, to dowolna objętość wody przyjmowałaby kształt kuli; grawitacja „wypłaszcza” powierzchnie cieczy (zobacz w domu film na temat picia wody chińskimi pałeczkami w warunkach mikrogravitacji: <http://www.youtube.com/watch?v=7obLT4s2-HA>).

Siły spójności zarówno w oleju jak i wodzie są znacznie większe niż siły wzajemnego przylegania tych dwóch substancji, dlatego na oleistej powierzchni kropla oleju rozlewa się, a kropla wody – nie. Podobnie na powierzchni zwilżonej wodą rozlewa się kropla wody, a olej tworzy kropelki.

Jeśli siły przylegania przeważają nad siłami spójności, to ciała przylepiają się do siebie. Na przykład: na szklanych naczyniach wyjętych z wody znajduje się warstwa tej cieczy, klej i farba drukarska przylepiają się do papieru, mokre włosy zlepiają się ze sobą cienkimi warstwami wody itp., ponieważ siły przylegania wymienionych cieczy do wymienionych ciał stałych są większe niż siły spójności samych cieczy. Kreda zostawia ślad na tablicy, bo siły spójności w kredzie są mniejsze niż siły przylegania kredy do tablicy.

V. Ciecze

Doświadczenie 2: Wędrówka wody w roślinie

Przyrządy i materiały:

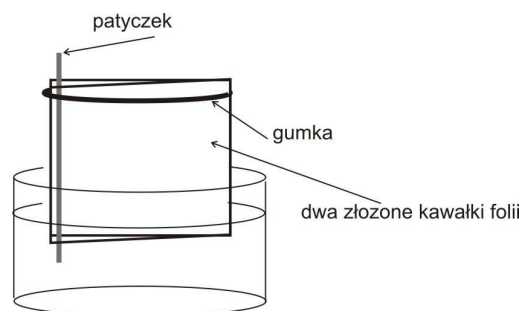
dwa jednakowej wielkości kawałki sztywnej, bezbarwnej, przezroczystej folii (np. do transparentcji) o wymiarach ok. 10 cmx10cm, przezroczysty pojemnik o szerokości nieco większej od szerokości jednego kawałka folii, woda z kranu, kilka kropli oleju spożywczego, wykałaczkę lub patyczek do szaszłyków, gumka recepturka, nożyczki, jeden atramentowy nabój lub kilkanaście kropli atramentu (niekonieczne).

Przygotowanie.

Przytnij oba kawałki folii do szerokości ok. 0,5 cm dłuższej niż średnica okręgu otworzonego przez gumkę recepturkę. Złóż kawałki folii ze sobą. Włóż wykałaczkę lub patyczek do szaszłyków pomiędzy kawałki folii (wzdłuż jednego z brzegów). Całość zepnij gumką recepturką prostopadłe do patyczka.

Eksperyment.

- Nalej wodę do pojemnika. Włóż konstrukcję z folii pionowo do wody, jak pokazano na rysunku. Odczekaj około 30 s. Zaobserwuj, w jaki sposób woda została wciągnięta pomiędzy kawałki folii
- Rozłącz kawałki folii. Posmaruj każdy kawałek folii z jednej strony olejem. Złóż kawałki folii natłuszczonymi powierzchniami do siebie. Posmaruj wykałaczkę olejem i włóż ją pomiędzy kawałki folii (wzdłuż jednego z brzegów). Całość zepnij gumką recepturką prostopadłe do patyczka. Ponownie włóż folie pionowo do wody. Odczekaj około 30 s. Zaobserwuj, w jaki sposób woda została wciągnięta pomiędzy kawałki folii.



Uwaga! Podczas wkładania konstrukcji z folii do wody, przyciskaj palcami brzegi folii.

Komentarz.

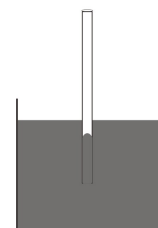
Konstrukcja z folii i patyczka jest w istocie wąskim korytarzem, którego szerokość maleje wraz z oddaleniem od miejsca umocowania patyczka. Woda wciągana jest do konstrukcji i wznosi się w korytarzu dzięki zjawisku **właskowatości**. Występuje ono w wąskich rurkach o średnicy mniejszej niż 1 mm, zwanych **naczyniami włoskowatymi** lub kapilarami. Nasz korytarz można potraktować jako zbiór bardzo wielu równoległych do siebie, pionowych naczyń włoskowatych.

Gdyby korytarz był szeroki, woda wzniosłaby się w nim na wysokość równą wysokości położenia tafli wody w całym naczyniu. Ponieważ korytarz jest bardzo wąski, istotne stają się nie tylko siły występujące pomiędzy cząsteczkami wewnątrz cieczy (**siły spójności** cieczy), ale także siły oddziaływania pomiędzy cząsteczkami cieczy, a cząsteczkami naczynia (folii), czyli **siły przylegania** cieczy do naczynia.



Jeśli siły spójności cieczy są mniejsze niż siły przylegania, to mówimy, że **ciecz zwilża** ścianki naczynia; wówczas ciecz tworzy w naczyniu menisk wklęsły, a jeśli naczynie jest kapilarą – poziom cieczy w kapilarze podnosi się powyżej poziomu cieczy w naczyniu, z którego czerpana jest ciecz. Ciecz pełnie w kapilarze w górę. Tak się stało w pierwszej części naszego doświadczenia – woda wspięła się do wnętrza korytarza i to tym wyżej, im węższy był korytarz – najwyżej woda wspięła się w części najbardziej oddalonej od patyczka.

Jeśli siły spójności cieczy są większe niż siły przylegania, to mówimy, że **ciecz nie zwilża** ścianek naczynia; wówczas ciecz tworzy w naczyniu menisk wypukły, a jeśli naczynie jest kapilarą – poziom cieczy w kapilarze spada poniżej poziomu cieczy w naczyniu, z którego czerpana jest ciecz. Tak się stało w drugiej części naszego doświadczenia – woda wspięła się do wnętrza korytarza właściwie tylko w pobliżu patyczka.



Transport wody w roślinach odbywa się także dzięki zjawisku włoskowatości. Rośliny składają się z wielu długich i bardzo cienkich cząsteczek celulozowych. Woda zwilża ścianki cząsteczek celulozowych. Są to więc naczynia włoskowate, a woda podnosi się w nich do góry na znaczną wysokość.

V. Ciecze

Doświadczenie 3: Karta na wodzie



Przyrządy i materiały:

1 karta plastikowa lub laminowana (telefoniczna, komunikacyjna lub inna), 10 monet o nominale 1 gr, duża prostokątna miska (można wykorzystać zlew lub umywalkę), czysta woda z kranu, linijka, mydło w płynie lub płyn do mycia naczyń, łyżka, 1 paczka chusteczek higienicznych lub sucha szmatka.

Eksperyment.

- Nalej do miski tyle wody, aby jej głębokość wynosiła około 5 cm. Przeprowadź eksperyment 1 opisany poniżej.
- Rozpuść w wodzie w misce 4-6 łyżek mydła w płynie lub płynu do mycia naczyń. Przeprowadź jeszcze raz eksperyment 1 opisany poniżej.

Eksperyment 1:

- Ostrożnie połóż plastikową kartę na wodzie, tak, żeby nie zatonała i nie poruszała się po tafli.
- Układaj na powierzchni karty po kolei monety do momentu, aż karta zatonie. Policz, ile monet trzeba było do zatopienia karty.
- Wyciągnij kartę, wytrzyj do sucha.

Zadanie w punktach 1-3 z powtórz kilka razy. Staraj się tak układać monety, aby było ich jak najwięcej.

- Wylej wodę z miski. Nalej do miski tyle wody, aby jej głębokość wynosiła około 5 cm. Posmaruj część powierzchni karty mydłem, jak na rysunku. Ostrożnie połóż kartę na wodzie namydloną stroną do dołu. Obserwuj, co się stanie z kartą.



Obserwacja.

- Ile monet jednogroszowych trzeba było do zatopienia karty w czystej wodzie?
- Ile monet jednogroszowych trzeba było do zatopienia karty w wodzie z mydłem lub płynem do mycia naczyń?
- Jak zachowała się karta położona na wodzie w trzeciej części doświadczenia?

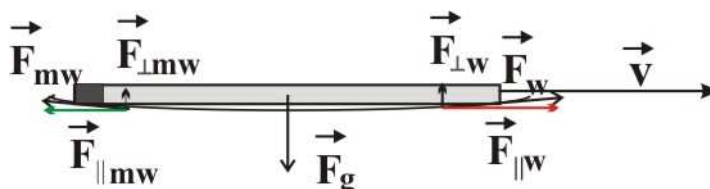
Komentarz.

Cienkie przedmioty o dużej powierzchni mogą unosić się na powierzchni wody, mimo, że są tak ciężkie, że gdy je tylko zanurzymy głębiej w wodzie – natychmiast toną. Kiedy kładziemy je ostrożnie na tafli wody, to nie pozwala im zatonać siła **napięcia powierzchniowego** wody.

Siła napięcia powierzchniowego jest równoległa do powierzchni wody i ciągnie przedmiot w każdą stronę tak samo. Dlatego karta ostrożnie położona na wodzie nie tonie, ale także nie porusza się. Tafelę wody można tu sobie wyobrazić jako prześcieradło. Gdybyśmy położyli kartę na prześcieradle i wiele osób ciągnęłoby brzegi prześcieradła tak samo silnie, każda w swoją stronę, to karta nie ugiąłaby prześcieradła, ale także nie przesunęłaby się z nim w żadną stronę.

Mydło, płyn do mycia naczyń lub proszek do prania, (które nazywamy **detergentami**) zmniejszają napięcie powierzchniowe wody. Kiedy siły spójności pomiędzy cząsteczkami wody stają się porównywalne z siłami przylegania roztworu wody do tłuszczu, możliwe staje się łączenie roztworu wody z tłustym brudem. Dlatego w wodzie z detergentem brud łatwiej się zatapia i wypłukuje z zabrudzonych tkanin. Detergenty ułatwiają pranie.

Pod namydlonym brzegiem karty siła napięcia powierzchniowego jest mniejsza niż pod brzegiem karty naprzeciwko. Jeśli teraz tafelę wody wyobrazilibyśmy sobie jako rozciągnięte przez wielu ludzi prześcieradło, to należałoby powiedzieć, że od strony namydlonej jakiś człowiek ciągnie słabiej, niż inny człowiek stojący naprzeciwko. Dlatego częściowo namydlona karta zaczyna płynąć tak, że namydlony brzeg staje się jej „ogonem” (składowa $F_{\parallel mw}$ jest mniejsza od składowej $F_{\parallel w}$).





V. Ciecze

Doświadczenie 4: Bańki mydlane

Przyrządy i materiały:

1 litr wody z kranu, 2-3 łyżki płynu do mycia naczyń lub mydła w płynie, 1 łyżeczka gliceryny (glicerynę można kupić w małych pojemnikach w aptece), miska o pojemności 1 – 2 litrów, drut (najlepiej miedziany) o długości około 50-100 cm, słomka do napojów, nożyczki, stół.

Przygotowanie.

- Natnij jeden koniec słomki do napojów tak, aby powstało 6-8 pasków o długości około 1,5 cm. Zagnij paski na zewnątrz słomki.
- Przygotuj roztwór do robienia baniek mydlanych: do miski wlej wodę, dodaj płyn do mycia naczyń i glicerynę, a następnie dokładnie wymieszaj.
- Wykonaj dowolną ramkę z drutu np. w kształcie koła, kwadratu, sześcianu itp. zaopatrzoną w niewielki uchwyt (rączkę).

Eksperyment.

- Zanurz ramkę z drutu w roztworze. Wyciągnij ją, formując bańkę mydlaną. Zwróć uwagę na kształt i wygląd powierzchni. Spróbuj przesunąć ramkę z bańką w przestrzeni w kierunku prostopadłym do jednej z jej powierzchni. Zaobserwuj, co się dzieje z tą powierzchnią.
- Przy pomocy naciętej słomki zrób kilka baniek mydlanych i wypuść je obok siebie na stół. Staraj się, aby bańki były jak największe. Dla dwóch baniek o niejednakowej wielkości połączonych ze sobą, zbadaj, w którą stronę wygięta jest ich powierzchnia graniczna: w stronę bańki o większej, czy o mniejszej średnicy.
- Spróbuj skonstruować na stole grupę 2-4 baniek jedna w drugiej.

Obserwacja.

- Spróbuj opisać wygląd baniek mydlanych kształtowanych na konstrukcjach z drutu – zarówno własnych, jak i kolegów oraz własności ich powierzchni.
- Jak długo utrzymują się bańki na konstrukcji z drutu?
- Czy ruch powietrza niszczy bańkę?
- W którą stronę wygięta jest ich powierzchnia graniczna dwóch połączonych baniek: w stronę bańki o większej, czy o mniejszej średnicy?

Komentarz.

Bańki mydlane to błony. Bardzo często mają kształt sfer wypełnionych powietrzem lub innym gazem. Powstają z roztworu wody z detergentem (płynem do mycia naczyń, mydłem w płynie). Detergent ma tutaj podwójną rolę: po pierwsze zmniejsza napięcie powierzchniowe wody, dzięki czemu umożliwia rozciągnięcie błony o dużej powierzchni. Po drugie – wytwarza on cienką warstwę po obu stronach powierzchni wody – dzięki czemu powstaje cienka trójwarstwowa błona.

Powszechnie wiadomo, że bańki dosyć szybko pękają. Dzieje się tak na skutek parowania wody z powierzchni baniek, przez co błona bańki mydlanej staje się coraz cieńsza, aż w końcu się rozrywa. Aby przedłużyć żywotność baniek, do roztworu wody z detergentem dodaje się gliceryny, która spowalnia proces parowania wody z błony.

Aby nadmuchać bańkę musimy dostarczyć powietrza o ciśnieniu większym niż ciśnienie atmosferyczne, gdyż nadwyżka ciśnienia musi zrównoważyć dodatkowe ciśnienie błony bańki. Ciśnienie to jest tym większe, im mniejszy promień bańki. Dlatego powierzchnia graniczna pomiędzy dwoma przyległymi bańkami jest zawsze wygięta w stronę bańki o większej średnicy. Jeśli bańki mają jednakowe rozmiary, powierzchnia graniczna jest płaska.

Pokaz baniek mydlanych można oglądać na: www.youtube.com/watch?v=HlSoHgPbswg.

V. Ciecze

Doświadczenie 5: Ketchup



Przyrządy i materiały:

ketchup w przezroczystej, plastikowej (giętkiej) butelce (butelka powinna być wypełniona ketchupem najwyżej do połowy); olej lub miód w przezroczystej, giętkiej butelce (butelka powinna być wypełniona cieczą najwyżej do połowy).

Uwaga: najlepiej gdyby obie butelki były zrobione z podobnego tworzywa.

Eksperyment.

Obróć butelkę z miodem lub olejem tak, aby ciecz znalazła się u góry. Zaobserwuj zachowanie cieczy. Następnie obróć butelkę z ketchupem tak, aby ketchup znalazł się u góry. Zaobserwuj zachowanie cieczy.

Obserwacja.

- Czy olej lub miód natychmiast zaczyna spływać w dół po obróceniu butelki do góry dnem?
- Czy ketchup natychmiast zaczyna spływać w dół po obróceniu butelki do góry dnem?

Komentarz.

Głównym źródłem sił oporu pojawiających się przy ruchu ciał stałych w cieczach jest **lepkość**, charakteryzowana przez współczynnik lepkości. Im większy współczynnik lepkości cieczy, tym trudniej na przykład wylać ją z naczynia. Nie należy mylić współczynnika lepkości cieczy z gęstością cieczy. Olej jest bardziej lepki od wody, ale ma jednocześnie mniejszą niż woda gęstość.

Współczynnik lepkości wielu cieczy zmienia się jedynie pod wpływem zmian ich temperatury. (a nie zależy np. od szybkości ciała poruszającego się w tej cieczy). Ze względu na tę własność ciecze takie nazywane są ogólnie **cieczami newtonowskimi** (czytaj: niutonowskimi), od nazwiska słynnego fizyka, Izaaka Newtona, który zajmował ich badaniem. Do cieczy newtonowskich należą na przykład: woda, olej i miód.

Ketchup należy do tych cieczy, których współczynnik lepkości zależy zarówno od temperatury jak i od szybkości. Ciecze takie nazywamy **cieczami nienewtonowskimi** (czytaj: nieniutonowskimi). W przypadku ketchupu, jego lepkość zależy od szybkości: im większa szybkość ketchupu wypływającego z butelki, tym lepkość ketchupu mniejsza, czyli np. tym mniejsza siła równoległa do ścianek butelki, hamująca ruch ketchupu po ściankach w dół. W ketchupie zatem **opór lepki maleje wraz ze wzrostem szybkości** poruszającego się w nim ciała.

V. Ciecze

Doświadczenie 6: Skrobia w zimnej wodzie



Przyrządy i materiały:

1 szklanka wypełniona zimną wodą, 1 szklanka wypełniona skrobią ziemniaczaną (np. mąką ziemniaczaną), talerz lub miska, łyżka.

Eksperyment.

Wlej do miski pół szklanki wody. Powoli wsypuj mąkę do wody w misce, ciągle mieszając cały roztwór łyżką. Gdy mieszanie stanie się bardzo trudne, przestań mieszać i odłóż łyżkę. Bardzo powoli zamieszaj palcem roztwór w misce. Następnie uderz bardzo gwałtownie całą pięścią w powierzchnię mieszaniny.

Uwaga: Jeżeli mieszanina rozprysła się na boki, należy dosypać jeszcze trochę mąki, wymieszać i uderzyć pięścią jeszcze raz.

Obserwacja

- Jak zachowywała się substancja podczas dodawania skrobi do miski?
- Po zaprzestaniu mieszania – co się działo z substancją podczas powolnego mieszania jej palcami?
- Jak zachowywała się substancja, gdy została mocno uderzona pięścią?
- Kiedy mieszanina nie przylepiła się do palców: wtedy, gdy była powoli mieszana palcem, czy, gdy uderzono ją mocno i gwałtownie?

Komentarz.

Podstawowym składnikiem proszku do robienia budyniu jest **skrobia ziemniaczana**.

Kiedy robimy sobie budyń, najpierw musimy wymieszać skrobię z zimną wodą. W tym czasie cząsteczki wody otulają cząsteczki skrobi ziemniaczanej, tworząc dla nich jakby „kołderki”. (Takie kołderki nie tworzą się w ciepłej wodzie, dlatego budyń przed i po ugotowaniu wygląda zupełnie inaczej).

Gdy w zimnej wodzie znajduje się mało skrobi, łatwo jest nam ją mieszać zarówno szybko, jak i powoli, podobnie, jak łatwo jest mieszać wodę o dowolnej temperaturze. Kiedy jednak dosypimy wystarczająco dużo mąki ziemniaczanej, mieszanina zaczyna zachowywać się inaczej. Kiedy mieszamy ją powoli, to właściwie nie stawia oporu (lepkiego) i oblepia nam palce. Natomiast, gdy miesza się ją gwałtownie lub w nią uderza, to mieszanina stawia bardzo duży opór i nie oblepia dłoni. Przy gwałtownym mieszaniu skrobia staje się twarda i prawie „sucha”. To dlatego, że mocne, szybkie uderzenie wyciska wodę pomiędzy cząsteczek skrobi, czyli pozbawia je na chwilę „kołderek”, a to, co pozostaje pod dłonią, to prawie czysta, „sucha” skrobia.

Skrobia z zimną wodą jest kolejnym przykładem **cieczy nienewtonowskiej**. Jednak w przeciwieństwie do ketchupu, skrobia z zimną wodą jest typem cieczy, w której **opór lepki rośnie wraz ze wzrostem szybkości ciała** poruszającego się w tej cieczy (np. naszej łyżki) lub ze wzrostem wartości siły przyłożonej do cieczy prostopadle do jej warstw (np. siły wywieranej przez dłoń uderzającą w taflę cieczy).

V. Ciecze

Doświadczenie 7: Emulsje



Przyrządy i materiały:

3 przezroczyste szklanki, pół szklanki oleju jadalnego, 1 nabój atramentowy do pióra, pół litra wody z kranu, 2 łyżki płynu do mycia naczyń, czystą łyżkę, zegarek.

Eksperyment.

Uwaga! Po wykonaniu każdej z podanych niżej czynności, obserwuj zachowanie wszystkich cieczy w szklance.

- Napełnij wszystkie szklanki do połowy wodą.
- Wciśnij 2 krople atramentu do pierwszej szklanki. Zamieszaj wodę czystą łyżką.
- Wlej 3 łyżki oleju do drugiej szklanki. Odczekaj aż cały olej zgromadzi się na powierzchni wody. Zamieszaj ciecz w drugiej szklance i ponownie odczekaj aż olej wypłynie na powierzchnię wody.
- Wlej pozostały olej do trzeciej szklanki. Odczekaj aż olej wypłynie na powierzchnię wody. Wciśnij 8 kropli atramentu do trzeciej szklanki. Odczekaj 2 minuty. Dokładnie wymieszaj ciecz w trzeciej szklance. Odczekaj 5-10 minut.
- Dodaj do trzeciej szklanki 2 łyżki płynu do mycia naczyń i dokładnie wymieszaj. Odczekaj 10 minut.

Obserwacja.

- Co dzieje się z atramentem w czystej wodzie?
- Co się dzieje z olejem wlanym do wody?
- Czy używając łyżki można na trwałe wymieszać olej z wodą?

Komentarz.

Ciecze po zmieszaniu z innymi cieczami mogą się zachowywać w różny sposób. Atrament wlany do wody przemieszcza się w niej w postaci smug i samoczynnie rozpuszcza się w niej częściowo, a gdy wodę z atramentem zamieszamy łyżką – utworzy się ciecz o jednolitym kolorze. Atrament tworzy **jednorodną** mieszaninę z wodą, ponieważ jest produkowany na bazie wody. Mówimy, że atrament jest **hydrofilowy** („lubi wodę”). Z kolei olej wlany do wody w ogóle się z nią nie miesza i po krótkim czasie wypływa na jej powierzchnię. Olej i woda **separują się** (oddzielają od siebie). Olej wypływa na powierzchnię wody, ponieważ jest od niej mniej gęsty, co oznacza, że 1 litr oleju waży mniej niż 1 litr wody. Olej i inne tłuste substancje nie rozpuszczają się w wodzie, ponieważ są **hydrofobowe** („mają *fobię* przed wodą”, czyli „boją się wody”).

Można jednak stworzyć mieszaninę, w której rozbije się olej i wodę na tak małe krople, że nie będą one w stanie z powrotem połączyć się w dwie różne, separujące się substancje. Taką mieszaninę nazywamy **emulsją**. Emulsją jest na przykład mleko homogenizowane, które kupujemy w sklepie. Mleko krowie zawiera w sobie dużo tłuszczu, który w naturalny sposób separuje się w formie śmietanki na powierzchni tego mleka już po kilku godzinach. Zatem, aby zatrzymać tłuszcz w mleku, silny strumień mleka przeciska się przez wąskie sita, rozbijając w ten sposób cząsteczki tłuszczu na małe kropelki, które nie łączą się już z powrotem i pozostają zawieszony w mleku.

Emulsjami są także niektóre farby produkowane na bazie oleju, a także lekarstwa i kosmetyki. Aby otrzymać szczególnie gładką emulsję i zapewnić jej trwałość, w produktach tych stosuje się specjalne substancje zwane **emulgatorami**. Jednym z nich jest żółtko jajka. Dodając żółtko do odpowiedniej proporcji oliwy z oliwek i wody można wyprodukować **majonez**. Innym emulgatorem jest płyn do mycia naczyń. Mieszanina, która wytwarza się pod koniec naszego doświadczenia w górnej części trzeciej szklanki jest emulsją.



Doświadczenie 8*: Domowy termometr

Przyrządy i materiały:

pusta, przezroczysta plastikowa butelka z zakrętką po keczupie, 1 słomka do napoju (najlepiej przezroczysta), letnia woda z kranu, drucik lub patyczek do szaszłyków, kroplomierz (pipeta, zakraplacz lub podłużna miarka do lekarstw w płynie), kawałek plasteliny, dwa naboje do pióra lub jedną farbkę plakatową ciemnego koloru, 1 pisak (najlepiej pisak do płyt CD, ale może też być zwykły), lodówka lub zimne miejsce, ciepłe miejsce (np. w pobliżu kaloryfera), linijka, zegarek.

Uwaga! Zamiast butelki po keczupie możesz użyć pustą, przezroczystą litrową butelkę z zakrętką po napoju lub mleku i śrubokręt krzyżakowy.

Przygotowanie.

1. Jeżeli używasz butelki, która nie ma dziurki w zakrętce, połóż zakrętkę na deseczce lub innej podkładce i zrób w niej dziurkę śrubokrętem krzyżakowym (dziurka powinna być tak duża, żeby można było umieścić w niej słomkę).
2. Postaw butelkę na stole. Napełnij butelkę wodą do połowy. Włóż słomkę do dziurki w zakrętce butelki i nałóż zakrętkę ze słomką na butelkę. Podciągnij słomkę tak wysoko, aby wystawała około 12 cm powyżej nakrętki. Drugi koniec słomki powinien być zanurzony około 1 cm w wodzie. Zdejmij nakrętkę. Odpowiednio dostosuj ilość wody w butelce.
3. Wyciśnij do butelki atrament z dwóch nabojów do pióra lub rozprowadź w wodzie tyle farby plakatowej, aby woda wewnątrz butelki zabarwiła się na ciemny kolor.
4. Z powrotem umieść nakrętkę na butelce, bardzo mocno ją zakręcając. Zaklej plasteliną miejsce wokół umocowania słomki w zakrętce oraz dokładnie przyklej plasteliną samą zakrętkę do butelki.
5. Dmuchnij do butelki przez słomkę tak, aby poziom wody w słomce podniósł się powyżej zakrętki. Jeśli dmuchnąłeś za słabo, spróbuj jeszcze raz. Nie dmuchaj za mocno, bo wtedy woda wyskoczy przez słomkę z butelki. Jeśli po dmuchnięciu poziom wody się podnosi, a potem opada, oznacza to, że do butelki dostaje się powietrze – trzeba poprawić uszczelnienia przy nakrętce.
6. Jeżeli po dmuchnięciu słupek wody w słomce jest poprzedzielany bąblami powietrza, włóż drucik lub patyczek do szaszłyków do słomki i zamieszaj.
7. Doprowadź do takiego stanu, aby poziom wody w słomce leżał około 5 cm powyżej nakrętki. Możesz: dolewać wody kroplomierzem do słomki lub nieco obracać butelkę tak, aby dolny koniec słomki na chwilę stracił kontakt z wodą.

Eksperyment.

Zaznacz pisakiem poziom wody w rurce. W ten sposób twój termometr został **wykalibrowany** do temperatury pokojowej.

- Ostrożnie przenieś swój termometr w zimne miejsce. Przenosząc staraj się nie ścisnąć butelki – jeśli to możliwe, nieś trzymając za zakrętkę.
- Po 5 minutach sprawdź poziom wody w słomce. Zaznacz ten poziom pisakiem. Zabierz butelkę z zimnego miejsca.
- Postaw w pokoju w miejscu, w którym ją kalibrowałeś. Obserwuj przez 5 minut, co się dzieje z poziomem wody słomce. Umieść butelkę w ciepłym miejscu na tyle daleko od źródła ciepła, aby butelki nie stopić. Przenosząc staraj się nie ścisnąć butelki – jeśli to możliwe, nieś trzymając za zakrętkę. Obserwuj przez 5 minut, co się dzieje z poziomem wody słomce. Zaznacz końcowy poziom pisakiem.

Obserwacja.

1. Co się dzieje z poziomem wody, gdy temperatura powietrza wokół butelki rośnie?
2. Co się dzieje z poziomem wody, gdy temperatura powietrza wokół butelki maleje?

V. Ciecze

Komentarz.

Większość substancji rozszerza się (czyli zwiększa swoją objętość) podczas ogrzewania, a kurczy się (zmniejsza swoją objętość) podczas chłodzenia. Efekt ten nazywamy zjawiskiem **rozszerzalności temperaturowej**. Niektóre spośród substancji są bardzo wrażliwe na zmiany temperatury – rozszerzają się lub kurczą o wiele bardziej niż inne.

Kiedy podgrzewasz jakikolwiek gaz (np. powietrze), cząsteczki tego gazu ogrzewają się i zaczynają szybciej się poruszać – gaz ma tendencję do rozszerzania się. Jeśli jednak gaz zamkniemy w szczelnej butelce, nie może on się rozszerzyć, dlatego zaczyna rosnać jego ciśnienie. Natomiast, gdy ochładzasz gaz w zamkniętym pojemniku – ciśnienie gazu maleje.

W naszym doświadczeniu, gdy przeniosłeś butelkę w ciepłe miejsce, zarówno woda, jak i powietrze w butelce ogrzewały się. Ponieważ pomiędzy miejscami, w których stawiłeś butelkę różnica temperatur była około 10-20°C, woda zmieniała swoją objętość tak nieznacznie, że było to niezauważalne. Efekt, który zauważyłeś to nie rozszerzanie wody, a wypychanie jej przez ogrzane powietrze. Podgrzewane powietrze z wnętrza butelki nie mogło wydostać się na zewnątrz, dlatego jego ciśnienie wzrastało. Tym samym powietrze naciskało na wodę i wypychało ją przez słomkę.

Natomiast kiedy ochładzaliśmy butelkę – ochładzała się zarówno woda jak i powietrze. Woda kurczyła się tak mało, że efektu tego nie można było zauważyć. To co było widoczne, to opadanie słupka wody w słomce, czyli wciąganie wody do wnętrza butelki, spowodowane obniżeniem się ciśnienia powietrza wewnątrz butelki.

W tym domowym termometrze wysokość poziom wody zależy także od ciśnienia (atmosferycznego). To jak wysoko podniesie się woda w rurce jest uwarunkowane różnicą ciśnień powietrza wewnątrz butelki i powietrza na zewnątrz butelki (atmosferycznego). Dlatego taki termometr trzeba kalibrować codziennie.

Proste termometry działają na zasadzie rozszerzania się cieczy. W termometrach okiennych lub lekarskich nie możemy używać zwykłej, zabarwionej wody, ponieważ woda rozszerza się bardzo słabo pod wpływem temperatury. Małe wahania temperatur, jakich codziennie doświadczamy spowodowałyby niezauważalne gołym okiem różnice poziomu słupka wody. Dlatego w termometrach używa się innych cieczy – takich jak barwiony alkohol lub rtęć, w których niewielka zmiana temperatury powoduje widoczne rozszerzenie lub skurczenie cieczy. Jest jeszcze jedna zaleta – ani alkohol, ani rtęć nie zamarzają poniżej 0°C, dlatego z pomocą termometrów alkoholowych i rtęciowych można mierzyć temperatury podczas mroźnych dni. Woda zupełnie by się do tego nie nadawała.

VI. Woda w różnych postaciach

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest ciśnienie atmosferyczne?
- W jakiej temperaturze wrze woda pod ciśnieniem atmosferycznym?
- Jaka jest różnica pomiędzy wrzeniem a parowaniem cieczy?

Pytania wstępne (4 min)

- Czy tempa ostygnięcia wody gorącej i wody letniej są jednakowe?
- Czy woda może wrzeć w temperaturze pokojowej?
- W jakich warunkach woda może pozostać w stanie ciekłym w temperaturze 120°C?
- Czy para wodna jest widoczna?
- Jak powstają chmury?
- Co to jest mgła?
- Co znaczy termin: kondensacja?
- Czy para wodna może zamienić się w lód, nie przechodząc przez ciekły stan skupienia?
 - Dlaczego możliwa jest jazda na łyżwach na lodzie?
 - W jaki sposób służby drogowe dbają o przejezdność dróg w zimie? Jakie metody stosują? Jakie substancje wykorzystują?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Jak szybko stygnie woda? (3 min)

Doświadczenie 2: Gotowanie w zimnej wodzie (3 min)

Doświadczenie 3: Para wodna, chmury i mgła (5 min)

Doświadczenie 4: Chmura w butelce (6 min)

Doświadczenie 5: Przemiany pary wodnej (3 min)

Doświadczenie 6: Regulacja (8 min)

Doświadczenie 7: Bezpieczeństwo na drodze zimą (3 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Zawartość pary wodnej (czyli H_2O w postaci gazowej) w powietrzu może być różna, ale nie może przekroczyć pewnej wartości progowej (nasylenia), ponieważ wówczas para wodna natychmiast się skrapla. Im wyższa temperatura powietrza, tym próg nasylenia jest wyższy, czyli tym więcej pary wodnej może znajdować się w otoczeniu.

Zimą, gdy temperatura powietrza jest niska już niewielka ilość pary nasycza powietrze, zatem wydaje nam się ono wilgotne, chociaż masa pary wodnej w nim obecnej jest niewielka. Latem w powietrzu, które wydaje się suche, może być więcej pary wodnej, a powietrze ciągle jeszcze nie będzie nią nasycone. Także w nagrzanym pomieszczeniu zwykle znajduje się znacznie więcej pary wodnej niż w powietrzu na zewnątrz, dlatego otwarcie okna w chłodny dzień zmniejszy ilość pary wodnej w mieszkaniu. Po zamknięciu okna i ponownym ogrzaniu powietrza przez kaloryfery, wilgotność będzie niższa niż poprzednio.

Gdy w zamkniętej kuchni gotujemy przez dłuższy czas dużo wody naraz, do powietrza może przedostać się znaczna ilość pary wodnej. Zwykle w takiej kuchni jest też bardzo ciepło, dlatego woda nie skrapla się na zwykłych przedmiotach, ale może się ona pojawić w postaci mgiełki na szybie, której temperatura zwykle jest niższa od temperatury panującej w kuchni, z racji chłodzenia szyby powietrzem na zewnątrz budynku.

Podobnie dzieje się, gdy w chłodny, deszczowy lub wilgotny dzień wsiądziemy o zimnego samochodu, możemy zaobserwować powstanie mgiełki na szybach, błędnie określane jako „zaparowywanie” szyb. Bierze się ono z faktu, że człowiek wydycha pewną ilość pary wodnej o

VI. Woda w różnych postaciach

temperaturze około $36,6^{\circ}\text{C}$. Para ta szybko nasycza powietrze w aucie w niskiej temperaturze i wkrótce skrapla się na szybach. Aby oczyścić szyby z mgiełki, należy je niezwłocznie ogrzać.

Okazuje się, że organizm ludzki nie jest wyczulony na samą zawartość pary wodnej w powietrzu, ale wyłącznie na tak zwaną wilgotność względną, która informuje nas, jaka ilość pary wodnej znajduje się aktualnie w powietrzu w odniesieniu do ilości, która nasyciłaby powietrze w tej samej temperaturze. Błona śluzowa nosa i gardła (nasz naturalny higrometr) funkcjonuje prawidłowo, to znaczy efektywnie wyłapuje i zatapia w śluzie drobnoustroje i zanieczyszczenia, gdy wilgotność względna wynosi 40–60%. Poniżej wilgotności 40% śluzówka wysusza się i przepuszcza znacznie więcej wirusów i bakterii do wnętrza organizmu.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Sz. Szczeniowski „Fizyka doświadczalna, t.II – Ciepło i fizyka cząsteczkowa” (PWN, 1976), rozdział 21 oraz 33 (parowanie, wrzenie, wilgotność).
2. M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier „Fizyka dla gimnazjum”, t.2, str.157 (Zamkor, 2006).
3. S. Brzezowski, „Fizyka i astronomia”, t.2, str.272-279 (Operon 2003).
4. Higrometr i wilgotność: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/103/pdf/09%20higrometr.pdf>



Doświadczenie 1: Jak szybko stygnie woda?

Przyrządy i materiały:

3 jednakowe szklanki (lub filiżanki), wrząca woda, bardzo zimna woda, łyżeczka, zegarek

Przygotowanie.

Postaw szklanki na stole. Do dwóch z nich wlej po około ćwierć szklanki wrzącej wody. Poziomy wody w obu szklankach powinny być jednakowe. Napełnij trzecią szklankę zimną wodą.

Eksperyment.

- Do pierwszej szklanki dolej od razu zimnej wody tak, aby szklanka była prawie pełna. Wymieszaj wodę. **Odczekaj 20-30 minut.** W tym czasie możesz robić kolejne doświadczenia i wrócić do tego na samym końcu.
- Po upływie 20-30 minut do drugiej szklanki wlej tyle zimnej wody, aby w obu szklankach poziom wody był jednakowy. Wymieszaj wodę w drugiej szklance. Sprawdź natychmiast (np. wkładając palce do obu szklanek), w którym naczyniu woda jest cieplejsza.
- Jeśli jest to możliwe, po ok. 2 godzinach sprawdź ponownie, w którym naczyniu woda jest cieplejsza.

Obserwacja.

- W której szklance woda jest cieplejsza po 20 minutach od rozpoczęcia eksperymentu?
- W której szklance woda jest cieplejsza po 2 godzinach od rozpoczęcia eksperymentu?

Komentarz.

Na początku eksperymentu temperatura wody w obu naczyniach jest wyższa niż temperatura otoczenia (na przykład powietrza). Dlatego temperatura wody w obu naczyniach zaczyna maleć (woda studzi się), ale w różny sposób.

Po dodaniu zimnej wody do gorącej, temperatura wody w szklance pierwszej maleje gwałtownie i woda staje się ledwie ciepła. W drugiej szklance woda jest bardzo gorąca. **Gorąca woda stygnie znacznie szybciej, niż ciepła (tempo stygnięcia nie jest jednakowe).** Oznacza to, że w tym samym czasie temperatura gorącej wody obniża się o więcej stopni niż temperatura wody ciepłej. Dlatego w szklance z wrzątkiem temperatura zmaleje o więcej stopni niż w szklance z ciepłą wodą. Po 20 minutach ciągle jeszcze woda w szklance drugiej jest cieplejsza niż w szklance pierwszej, ale ich temperatury różnią się już niewiele. Jeśli teraz dodamy dużo zimnej wody do drugiej szklanki, temperatura wody gwałtownie zmaleje i stanie się niższa od temperatury wody w pierwszej szklance.

Po dłuższym czasie (na przykład 2 godzin) temperatura wody w obu szklankach wyrówna się z temperaturą otaczającego powietrza, dlatego obie wody będą jednakowo chłodne.



VI. Woda w różnych postaciach

Doświadczenie 2: Gotowanie w zimnej wodzie

Przyrządy i materiały:

strzykawka napełniona do 1/3 objętości chłodną wodą z kranu

Eksperyment.

Sprawdź, czy pod tłokiem strzykawki nie ma powietrza. Przyłóż kciuk do wylotu strzykawki, zatykając go bardzo szczelnie. Pociągnij gwałtownie tłok strzykawki, uważając jednocześnie, aby powietrze nie dostało się przez wlot strzykawki do jej wnętrza.

Obserwacja.

- Co pojawia się w wodzie w strzykawce?
- Jak sądzisz, co znajduje się w przestrzeni pomiędzy wodą a wylotem strzykawki?
- Czy woda w strzykawce podgrzała się?

Komentarz.

W warunkach normalnych, czyli pod ciśnieniem atmosferycznym woda wrze w temperaturze 100°C . Wówczas w całej objętości cieczy pojawiają się pęcherzyki pary wodnej, a następnie wędrują ku powierzchni cieczy i wydostają się z niej na zewnątrz. Wrzenie możemy wywołać w niższej temperaturze, np. w temperaturze pokojowej, odpowiednio obniżając ciśnienie. Podobnie zresztą, zwiększając ciśnienie gazu znajdującego się ponad taflą wody możemy doprowadzić do stanu, w którym mimo, iż temperatura wody znacznie przekroczy temperaturę 100°C , woda nie będzie wrzała.

Temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia panującego nad jej powierzchnią.

Początkowo w naszym doświadczeniu pod tłokiem strzykawki znajduje się tylko woda. Przesunięcie tłoka, powoduje powstanie przestrzeni pomiędzy wodą a wylotem strzykawki. W przestrzeni tej albo panuje próżnia (mało prawdopodobne przy użyciu zwykłej strzykawki) albo znajduje się rozrzedzone powietrze. Ponieważ ilość gazu znajdującego się nad powierzchnią wody w strzykawce jest niewielka, powiększając odpowiednio przestrzeń komory pod tłokiem możemy doprowadzić do stanu, w którym ciśnienie tego gazu będzie na tyle małe, aby pęcherzyki pary wodnej pojawiły się w całej objętości cieczy już w temperaturze pokojowej. Woda zacznie wrzeć, a przestrzeń ponad lustrem wody zacznie się wypełniać parą wodną.

Wrzenie cieczy pod zwiększonym ciśnieniem wykorzystuje się w szybkowarach.



VI. Woda w różnych postaciach

Doświadczenie 3: Para wodna, chmury i mgła

Przyrządy i materiały:

napełniony do połowy wodą metalowy czajnik, garnek (bez pokrywki) z zimną wodą i kuchenkę.

Eksperyment.

Zagotuj wodę w garnku i wodę w czajniku. Podczas podgrzewania obserwuj wodę w garnku. Podczas podgrzewania obserwuj i słuchaj, co się dzieje w czajniku i naokoło niego.

Obserwacja.

- Jak zachowuje się woda w garnku podczas jej podgrzewania?
- Kiedy zaczyna parować intensywnie?
- Gdzie pojawiają się bąbelki w garnku? Czy w miarę ogrzewania pojawiają się coraz większe bąbelki?
- Jak się zachowują bąbelki w miarę jak woda się podgrzewa?
- Kiedy woda wyraźnie szumi w garnku?
- Kiedy woda bulgocze w garnku?

- Kiedy woda wyraźnie szumi w czajniku?
- Kiedy woda bulgocze w czajniku?
- Co wydobywa się z czajnika podczas gotowania?
- W jakiej odległości od wylotu czajnika pojawia się mgiełka?

Komentarz.

Woda paruje w każdej temperaturze, ale wrze tylko w temperaturze 100°C. Podczas parowania cząsteczki wody w postaci gazu (czyli pary wodnej) uciekają z powierzchni wody do powietrza. Im cieplejsza woda, tym więcej cząsteczek pary wodnej wydostaje się z wody. Jeszcze poniżej temperatury 100°C na dnie naczynia (tam, gdzie jest najgoręcej) pojawiają się bardzo małe pęcherzyki pary wodnej. W miarę ogrzewania zaczynają się one odrywać od dna. Wędrują do góry, gdzie napotykają na nieco chłodniejszą wodę. Wówczas para zawarta w pęcherzykach skrapla się i pęcherzyki gwałtownie się zapadają. To zjawisko można usłyszeć jako **szum wody** jeszcze przed jej zagotowaniem. Czasem wędrówka pęcherzyków jest bardzo krótka i wygląda raczej jak migotanie (pojawianie się i znikanie) pęcherzyków na dnie garnka.

Podczas wrzenia na dnie pojawiają się duże bąble pary wodnej, które wypływając ku powierzchni wody nie rozpadają się, a wręcz - powiększają. Szum staje się coraz słabszy, a pojawia się **bulgotanie** towarzyszące wydobywaniu się bąbli pary wodnej z wody.

Para wodna, czyli pojedyncze cząsteczki wody, nie jest w powietrzu widzialna. Możemy natomiast zaobserwować małe kropelki wody, tworzące się w miarę jak para wodna się chłodzi i skrapla. Tuż nad wylotem z czajnika jest bardzo gorąco, dlatego nie może tam powstać mgiełka. Nieco powyżej wylotu para wodna się oziębia i skrapla – dlatego mgiełka jest widoczna dopiero w pewnej odległości od czajnika.

Chmury to zawieszona w powietrzu kropelki wody. Mogą być bardzo ciężkie (mogą ważyć wiele ton), a jednak nie opadają na Ziemię. Utrzymują się one wysoko w górze, ponieważ unoszą je prądy ciepłego powietrza wznoszące się nad Ziemię. Czasami prądy te są zbyt słabe i wówczas chmura opada na Ziemię w postaci **mgły**.



VI. Woda w różnych postaciach

Doświadczenie 4: Chmura w butelce

Przyrządy i materiały:

1 butelka o pojemności 2 litry z zakrętką, bardzo ciepła woda z kranu (ale nie wrząca!), 2 zapalki i puste pudełko od zapalek.

Eksperyment.

- Nalej tyle ciepłej wody do butelki, aby woda tylko przykryła dno. Nie zakręcaj butelki! Oglądaj butelkę zaraz po nalaniu do niej ciepłej wody. Zajrzyj do środka butelki przez górny otwór. Postaw butelkę pionowo na stole.

Obserwacja.

- Co się stało ze ściankami butelki od środka?
 - Skąd wzięła się mgiełka, która osiadła na ściankach butelki?
 - Czy mgiełkę widać także w powietrzu wewnątrz butelki?
- Niech jedna osoba z pary zapali zapalkę i potrzyma ją tak długo, aż spali się do połowy – wtedy należy zdmuchnąć zapalkę. Trzeba natychmiast wsunąć zgaszoną zapalkę przez otwór do butelki i przytrzymać ją w butelce. Palce trzymające zapalkę powinny jednocześnie zatykać wylot butelki, aby dym się z niej nie wydostawał. Poczekajcie około 5 sekund aż dym z zapalki rozejdzie się po butelce. Wyciągnijcie zapalkę i szybko zakręćcie butelkę. Poczekajcie około 10 sekund. Otwórzcie butelkę, zajrzyjcie przez otwór do jej środka. Kilka razy naciśnijcie otwartą butelkę, jakbyście chcieli wycisnąć z niej powietrze.

Obserwacja.

- Czy zaglądając do wnętrza butelki widzisz w powietrzu dym lub mgiełkę?
- Czy naciskając otwartą butelkę widzisz wydobywający się z niej dym lub mgiełkę?

Uwaga: najłatwiej wpuścić dym do środka butelki, jeśli trzymamy butelkę poziomo.

- Niech jedna osoba z pary zapali zapalkę i potrzyma ją tak długo, aż spali się do połowy – wtedy należy zdmuchnąć zapalkę. Trzeba natychmiast wsunąć zgaszoną zapalkę przez otwór do butelki i przytrzymać ją w butelce. Palce trzymające zapalkę powinny jednocześnie zatykać wylot butelki, aby dym się z niej nie wydostawał. Poczekajcie około 5 sekund aż dym z zapalki rozejdzie się po butelce. Wyciągnijcie zapalkę i szybko zakręćcie butelkę. Niech jedna osoba trzymając butelkę obiema rękami w okolicy jej środka, ściśnie mocno butelkę i szybko puści siedem razy pod rząd. Odczekajcie 5 sekund i ściśnijcie mocno butelkę przez kolejne 4 sekundy, a następnie szybko ją puśćcie. Otwórzcie butelkę, zajrzyjcie przez otwór do jej środka. Naciśnijcie otwartą butelkę kilka razy tak, jakbyście chcieli z niej wypuścić powietrze.

Obserwacja.

- Czy po otwarciu butelki widzisz w jej wnętrzu mgiełkę?
- Co wydobywa się z otwartej butelki, gdy ją naciskasz?

Uwaga: jeśli nic się nie wydobywa, należy powtórzyć trzecią część doświadczenia jeszcze raz.

Komentarz.

Chmura, która pojawiła się w butelce w trzeciej części doświadczenia jest prawdopodobnie dość rzadka, ale widoczna. Chmura ta nie chce sama wypływać z butelki. Nie należy tej chmury mylić z dymem. Jak można się przekonać w drugiej części doświadczenia, mała ilość dymu, którą wprowadziliśmy do butelki rozrzedza się i przestaje być widoczna.

W powietrzu zwykle jest dużo pary wodnej, czyli wody w postaci gazu, ale cząsteczki pary wodnej nie łączą się ze sobą. Chmury powstają wtedy, gdy niewidzialne cząsteczki pary wodnej łączą się i **kondensują** (czyli zamieniają się w drobne kropelki wody). Mgła to chmura, która opada na ziemię. Żeby powstała chmura muszą być spełnione dwa warunki:

- W powietrzu musi pojawić się coś, co będzie „zlepiać” cząsteczki pary wodnej. Na przykład muszą być w nim dodatkowo obecne pyły lub inne zanieczyszczenia. W naszym doświadczeniu rolę tę spełniały cząsteczki dymu z zapalki. Im więcej tych zanieczyszczeń, tym łatwiej cząsteczki wody osadzają się na nich i kondensują. Dodatkowo w naszym doświadczeniu ściskaliśmy zamkniętą butelkę, przez co sprawialiśmy, że cząsteczki pary wodnej łatwiej łączyły się ze sobą.
- Powietrze musi zostać ochłodzone. Puszczając ściśniętą butelkę zmniejszaliśmy w niej ciśnienie, a tym samym nieco obniżaliśmy temperaturę.

Doświadczenie 5: Przemiany pary wodnej



Wymaga wstępnego przynajmniej 6 h przed eksperymentem



Niezbędna lodówka z zamrażalnikiem

Przyrządy i materiały:

dwa szklane słoiki bez etykietek, zakrętka do jednego z tych słoików, ręcznik papierowy lub ściereczka

Przygotowanie.

Dokładnie umyj oba słoiki i osusz. Jeden słoik napełnij do połowy wodą z kranu i włóż go do zamrażalnika na 6 lub więcej godzin. Drugi słoik napełnij zimną wodą z kranu i wstaw do lodówki na 6 godzin lub więcej.

Eksperyment.

- Wyciągnij słoik z zimną wodą z lodówki i obserwuj go przez 5 minut. Po upływie tego czasu dotknij jego ścianki palcami.
- Wyciągnij drugi słoik z zamrażalnika. Oglądnij jego ścianki. Spróbuj zeszkrobać z nich nalot paznokciem. Zmyj nalot ze słoika pod bieżącą wodą. Szybko wytrzyj ścianki słoika do sucha. Postaw go na stole i znowu obserwuj jego ścianki przez 2 minuty.

Obserwacja.

- Co osadziło się na ściankach słoika z zimną wodą?
- Dlaczego powstał ten nalot, skoro wcześniej ścianki słoika zostały wytarte do sucha?
- Co osadziło się na ściankach słoika z lodem?
- Skąd się wziął ten nalot?
- Jak szybko powstaje nalot na słoiku z lodem?

Komentarz.

W otaczającym nas powietrzu znajduje się między innymi para wodna, czyli cząsteczki wody w stanie gazowym. Zawartość pary wodnej w powietrzu nazywana jest **wilgotnością**. Im wyższa temperatura, tym więcej pary wodnej może się w nim znajdować, ale dla każdej temperatury istnieje pewna wilgotność maksymalna. Jeżeli ilość pary wodnej przekroczy tę maksymalną wartość, to część pary wodnej **skropli się**, czyli zamieni w kropelki wody.

W taki sposób powstaje na przykład **rosa**. Gdy wieczorem jest ciepło, w powietrzu może znajdować się bardzo dużo pary wodnej. Gdy powietrze ochłodzi się nad ranem, to ta duża ilość pary wodnej przekracza wilgotność maksymalną dla niskiej temperatury. Wtedy część pary wodnej się skrapla, osiadając na trawach, liściach, dachach w formie kropli rosy.

W powietrzu wydychanym przez człowieka także znajduje się para wodna. Jej wilgotność jest zawsze mniej więcej taka sama. W wysokich temperaturach wilgotność tej pary nie przekracza wartości maksymalnych dla tych temperatur. Ale poniżej 10°C wilgotność ta jest większa niż dopuszczalna wartość maksymalna, dlatego, gdy oddychasz w takiej temperaturze – widać mgiełkę wydobywającą się z Twoich ust. Ta **mgiełka** to bardzo drobne kropelki wody zawieszony w powietrzu.

Czasami podczas chłodzenia para wodna nie skrapla się, ale od razu zamienia się w kryształki lodu. Dzieje się tak na przykład podczas bardzo mroźnych poranków. Powstają wtedy na gałęziach, kablach, a nawet na śniegu igiełki lodu i mówimy, że tworzy się **szron**. Podobnie, gdy wystawiasz z zamrażalnika słoik z lodem, to para wodna z powietrza osadza się na ściankach słoika, natychmiast zamarza i pokrywa ścianki szronem.



Doświadczenie 6: Regelacja



Wymaga wstępnego przygotowania przynajmniej 3 h przed eksperymentem



Niezbędny zamrażalnik

Przyrządy i materiały:

cienki drucik bez izolacji, 1 puste plastikowe, prostokątne pudełko po margarynie lub serku, 2 siatki – jednorazówki, 4 puste butelki plastikowe o objętości 1 litra każda (lub 2 butelki o pojemności 2 litry każda), dwa krzesła kuchenne lub inne meble tej wysokości, linijkę, nożyczki, zegarek

Przygotowanie.

Nalej do pudełka tyle wody, aby jej głębokość wynosiła około 2 cm. Włóż pudełko z wodą do zamrażalnika i odczekaj 3 godziny, aby woda całkowicie zamarzała (sprawdź to naciskając powierzchnię lodu i zaobserwuj, czy widać pod powierzchnią ciecz - jeśli tak, to włóż pudełko do zamrażalnika na kolejną godzinę). Napełnij wszystkie butelki wodą z kranu. Do każdej siatki jednorazówki włóż 2 litrowe butelki wody (lub po jednej butelce dwulitrowej). Odmierz i utnij kawałek drutu o długości około 35 cm. Połącz obie siatki drutem tak, aby po między nimi pozostał kawałek drutu o długości 7-10 cm. Chwytnijąc za drucik, delikatnie podnieś siatki i sprawdź, czy połączenie nie zrywa się.

Eksperyment.

- Wyciągnij bryłę lodu z pudełka i połóż na krzesłach tak, aby lód tworzył „most” pomiędzy nimi. Ostrożnie podnieś obie połączone siatki i zawieś je na bryle lodu tak, aby drut leżał na lodzie, a siatki z ładunkiem swobodnie zwisały po obu stronach lodowego mostu, każda około 5-10 cm nad ziemią. Siatki nie powinny się o nic opierać. Przez następne 10-20 minut obserwuj, co się dzieje z drucikiem i lodem. W tym czasie możesz wykonać jednocześnie kolejne doświadczenie

Obserwacja.

4. Czy drucik zagłębił się w bryle lodu, czy pozostał na jej powierzchni?
5. Co się działo z drucikiem podczas eksperymentu?
6. Dlaczego lód topniał?

Komentarz.

Lód topnieje w normalnych warunkach (pod ciśnieniem atmosferycznym) w temperaturze 0°C .

W temperaturze poniżej 0°C bryła lodu nie topnieje, ale może się rozmrozić w pewnych miejscach pod wpływem **podwyższonego ciśnienia** (czyli dużego nacisku w tym miejscu na małą powierzchnię lodu). Wysokie ciśnienie wywierane na lód powoduje bowiem obniżenie temperatury topnienia lodu. Takie topnienie pod wpływem wysokiego ciśnienia nazywa się **regelacją**.

Lód pod drucikiem topnieje, bo drucik wywiera duże ciśnienie (ma małą powierzchnię i są do niego przyłączone ciężary w siatkach). Na skutek regelacji drucik zatapia się w lodzie. Jednakże tuż nad drucikiem woda z powrotem zamarza, bo tam nie działa już na nią zwiększone ciśnienie, a temperatura w tym miejscu (temperatura lodu) wciąż jest mniejsza od zera.

Naukowcy od dawna przypuszczali, że zjawisko regelacji można zaobserwować także na lodowisku. Łyżwiarz wywiera duże ciśnienie na lód, bo krawędź łyżwy jest bardzo cienka, a łyżwiarz dużo waży. Ciśnienie to powoduje topnienie cienkiej warstwy lodu pod łyżwą. Istotnie pod łyżwą powstaje cienka warstwa wody, ale naukowcy są obecnie już prawie pewni, że nie jest ona spowodowana zjawiskiem regelacji, a tarcieniem łyżew o lód lub że zjawisko regelacji i tarcia powodują jej powstanie łącznie.

Dzięki cienkiej warstwie wody łyżwa stabilnie porusza się po lodzie. Warstwa ta ponownie zamarza, natychmiast, gdy łyżwiarz się oddali, tworząc śnieżne ślady na lodzie.

VI. Woda w różnych postaciach

Doświadczenie 7: Bezpieczeństwo na drodze zimą



Wymaga wstępnego przygotowania przynajmniej 30 min przed



Niezbędny zamrażalnik

Przyrządy i materiały:

cztery duże pokryvky od słoików lub małe, płaskie talerzyki, pół łyżeczki soli, pół łyżeczki cukru, pół łyżeczki mąki i pół łyżeczki piasku, pół szklanki wody z kranu, łyżkę, zegarek

Przygotowanie.

Odmierz i wlej do każdej pokryvky po jednej łyżce wody tak, aby zajmowała jak największą powierzchnię. Włóż pokryvky do zamrażalnika. Odczekaj przynajmniej 30 minut. Wyciągnij na raz wszystkie pokryvky z zamrażalnika. Na powierzchnię lodu w pierwszej z nich wsyp pół łyżeczki soli, na powierzchnię drugiej – pół łyżeczki cukru, na powierzchnię trzeciej – pół łyżeczki mąki, a na powierzchnię ostatniej – pół łyżeczki piasku.

Eksperyment.

Wyciągnij na raz wszystkie pokryvky z zamrażalnika. Na powierzchnię lodu w pierwszej z nich wsyp pół łyżeczki soli, na powierzchnię drugiej – pół łyżeczki cukru, na powierzchnię trzeciej – pół łyżeczki mąki, a na powierzchnię ostatniej – pół łyżeczki piasku.

Obserwacja.

- W której pokrywce lód roztopi się najwcześniej?

Komentarz.

Czysta woda zamarza pod ciśnieniem atmosferycznym w temperaturze 0°C . Woda z solą zamarza w znacznie niższej temperaturze. Gdy na lód wysypiemy sól, na powierzchni lodu sól zaczyna łączyć się z lodem i powstaje mieszanina, która jest cieczą (musielibyśmy ją umieścić w bardzo niskiej temperaturze, żeby zamarzła ponownie).

Gdy w pobliżu mokrej jezdni temperatura spadnie nieco poniżej zera, na drodze tworzy się cienka warstwa lodu, na której pojazdy łatwo mogą wpaść w poślizg. Wówczas na trasę wyjeżdżają solarki, które posypują jezdnię solą, dzięki czemu zmniejsza się ryzyko wypadków.