



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Człowiek – najlepsza inwestycja

FENIKS

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

Pakiet nr 6: Fizyka w służbie człowieka

dr Aldona Kubala-Kukuś, dr Urszula Majewska

*Institut Fizyki,
Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy
Jana Kochanowskiego w Kielcach,
ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce*

Wersja UJK/1.0

Niniejszy tekst w odniesieniu do ćwiczeń realizowanych na uczelni dotyczy realizacji pakietu na UJK. Materiał będzie aktualizowany w miarę poszerzania bazy aparaturowej pracowni uczelnianych.



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

Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni

U.6.01

Tytuł:

Ochrona radiologiczna przed promieniowaniem jonizującym.

Cel ćwiczenia, opis:

Zapoznanie ucznia z pojęciem promieniowania jonizującego, jego źródłami naturalnymi i sztucznymi, rodzajami promieniowania jonizującego, jego podstawowymi własnościami i sposobami ochrony przed nim.

W ćwiczeniu wykorzystywane jest źródło kobalt – 60 (^{60}Co) o aktywności wyjściowej 1mCi, które znajduje się w pojemniku osłonnym. W pojemniku znajduje się otwór, przez który wyprowadzana jest wiązka promieniowania. Otwór ten zamykany jest osłoną z ołowiu. W trakcie ćwiczenia uczniowie będą badać zależność natężenia promieniowania γ od odległości źródła kobaltowego od detektora oraz zależność natężenia promieniowania γ w funkcji grubości absorbenta celem wyznaczenia liniowego współczynnika pochłaniania μ materiału, z którego wykonany jest absorbent (osłona). Określają też zależność współczynnika pochłaniania μ od liczby atomowej absorbenta.

Poznają 3 podstawowe zasady ochrony radiologicznej i rolę osłon w ochronie radiologicznej.

Wymagana wiedza ucznia:

budowa atomu i składniki jądra atomowego, definicje liczby atomowej Z, liczby masowej A; umiejętność sporządzenia wykresu w układzie kartezjańskim xy.

Niezbędne przedmioty i materiały:

Źródło Co-60, detektor promieniowania (sonda scyntylicyjna), uniwersalny radiometr laboratoryjny, zasilacz sondy, wzmacniacz liniowy, przelicznik, płytki z materiałów o różnej gęstości (pleksi, aluminium, żelazo, ołów), suwmiarka.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

➤ Należy zachować szczególną ostrożność podczas pracy z izotopami promieniotwórczymi. Źródła promieniotwórcze są „obsługiwane” tylko i wyłącznie przez przeszkolonych pracowników Uniwersytetu.

➤ Praca ze źródłem promieniotwórczym (zamkniętym) pod nadzorem Inspektora Ochrony Radiologicznej w normalnych warunkach nie stanowi zagrożenia. Uczeń musi jedynie pamiętać, by zamykać otwór kolimacyjny, gdy zmienia/ dokłada płytki. **Nie wolno wkładać dłoni w wiązkę promieniowania.**

Praca z prądem elektrycznym:

- Obwody elektryczne w zestawach ćwiczeniowych należy łączyć zgodnie ze schematami podanymi w instrukcjach ćwiczeniowych.
- Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!
- Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi).

Przebieg ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie teoretyczne: budowa atomu, jądra atomowego. Wprowadzenie pojęć: „rozpad jądra atomowego”, „substancja promieniotwórcza”, „aktywność substancji promieniotwórczej”, „promieniowanie jonizujące”, omówienie rodzajów promieniowania jonizującego - α , β i γ (zapis przemiany jądra, w wyniku której emitowane jest dane promieniowanie) i trzech podstawowych zasad ochrony radiologicznej (im krótszy czas przebywania w pobliżu źródła promieniowania tym lepiej, im dalej tym bezpieczniej - zależność jak $1/r^2$ (r – odległość od źródła), stosowanie osłon). Definicja liniowego współczynnika pochłaniania μ .

Czas: 30 minut.

U.6.01.1

Badanie zależności natężenia promieniowania γ od odległości r źródła kobaltowego od detektora. W celu wykonania pomiarów należy zdjąć osłonę z otworu kolimacyjnego, by promieniowanie mogło dotrzeć do detektora. Ustawić sondę scyntylicyjną w odległości $r_0=101\text{cm}$ od otworu kolimacyjnego i przez 1 minutę wyznaczyć liczbę zliczeń I . Przesuwać sondę co 5cm ($r_1=96\text{cm}$, $r_2=91\text{cm}$, $r_{20}=1\text{cm}$) w stronę otworu kolimacyjnego i za każdym razem powtarzać pomiar liczby zliczeń w ciągu 1 minuty. Wykreślić zależność $I=f(r)$. Omówienie uzyskanych wyników.

Czas trwania: 45 minut.

U.6.01.2

Badanie zależności natężenia promieniowania γ w funkcji grubości x absorbenta celem wyznaczenia liniowego współczynnika pochłaniania μ materiału (metodą połówkowego osłabienia), z którego wykonany jest absorbent (osłona). Przy ustalonej odległości źródła kobaltowego od detektora wyznaczyć zależność liczby zliczeń od grubości absorbenta: wyznaczamy liczbę zliczeń I_0 w ciągu 1 minuty bez absorbenta, powtarzamy pomiar przy różnej grubości absorbenta (między źródło a detektor wstawiamy płytki o zmierzonej wcześniej grubości). Dla każdego rodzaju płytek wykreślić zależność liczby zliczeń I w funkcji grubości. Znaleźć na wykresie grubość $x_{1/2}$ absorbenta, któremu odpowiada liczba zliczeń równa połowie zliczeń uzyskanych w nieobecności osłony i obliczyć wartość liniowego współczynnika pochłaniania μ wg wzoru: $\mu = \ln 2 / x_{1/2}$. Sporządzić wykres zależności liniowego współczynnika pochłaniania od liczby atomowej absorbenta: $\mu = f(Z)$. Omówić uzyskane wyniki.

Czas trwania: 45 minut.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

W pierwszej części ćwiczenia uczniowie badają i dyskutują zależność, że natężenie promieniowania maleje w funkcji odległości od źródła jak $1/r^2$. Praktyczne zastosowanie tej zasady w ochronie radiologicznej brzmi: „Im dalej, tym bezpieczniej”.

W drugiej części ćwiczenia uczniowie badają zależność $I = I_0 \exp(-\mu x)$ (I_0 – natężenie promieniowania rejestrowane w nieobecności absorbenta, I – natężenie promieniowania w obecności absorbenta o grubości x) i obliczają na jej podstawie wartość liniowego współczynnika pochłaniania μ materiałów o różnej liczbie atomowej (metodą połówkowego osłabienia). Zastanawiają się, który materiał najlepiej pochłania promieniowanie γ , czyli stanowi najlepszą osłonę. Nauczyciel zwraca uwagę na różne przenikliwości promieniowania α , β i γ i rodzaj osłon używanych do ochrony przed poszczególnymi rodzajami promieniowania.

Literatura:

1. J. Araminowicz, K. Małuszyńska, Przytuła, „Laboratorium z fizyki jądrowej”, PWN Warszawa 1984.
2. A. Strzałkowski, „Wstęp do fizyki jądra atomowego”, Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa 1979.

3. D.Halliday, R.Resnick, J.Walker, „Podstawy fizyki”, tom 5, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2005.
4. P.G.Hewitt „Fizyka wokół nas”, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2003.
5. P.Jaracz, „Promieniowanie jonizujące w środowisku człowieka”, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.

U.6.02

Tytuł:

Pomiar skażeń promieniotwórczych wody lub powietrza.

Cel ćwiczenia, opis:

Zapoznanie ucznia z faktem istnienia promieniotwórczości naturalnej i wskazanie jej źródeł. Omówienie rodzajów promieniowania jądrowego α , β i γ (zapis przemiany jądra, w wyniku której emitowane jest dane promieniowanie). Zwrócenie uwagi ucznia na różnicę pomiędzy napromieniowaniem a skażeniem, szczególnie na to, która z sytuacji jest bardziej niebezpieczna dla człowieka.

Wyznaczenie aktywności pierwiastków β -promieniotwórczych w środowisku naturalnym na przykładzie wody lub powietrza.

Wymagana wiedza ucznia:

budowa atomu i składniki jądra atomowego, definicje liczby atomowej Z , liczby masowej A .

Niezbędne przedmioty i materiały:

Chlorek potasu KCl, naczynko na sól, zestaw do filtracji powietrza (m.in. odkurzacz), zestaw do filtracji wody (m.in. 5-cio litrowe naczynie na wodę), filtry bibułowe, zasilacz wysokiego napięcia, sonda scyntylicyjna, wzmacniacz, jednokanałowy analizator amplitudy impulsów, przelicznik.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Szczególnych zagrożeń brak, KCl jest naturalnym źródłem promieniowania jonizującego i nie stanowi zagrożenia. Uczeń, który będzie odważał chlorek potasu powinien umyć ręce (KCl jest stosowany w zaburzeniach żołądkowych, również do sprowokowania torsji).

Praca z prądem elektrycznym:

- Obwody elektryczne w zestawach ćwiczeniowych należy łączyć zgodnie ze schematami podanymi w instrukcjach ćwiczeniowych.
- Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!
- **Należy zachować szczególną ostrożność podczas pracy z izotopami promieniotwórczymi.** Preparaty promieniotwórcze należy prawidłowo umieszczać pod

licznikiem. Źródła promieniotwórcze są „obsługiwane” tylko i wyłącznie przez przeszkolonych pracowników Uniwersytetu.

➤ Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi).

Przebieg ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie teoretyczne: budowa atomu, jądra atomowego. Wprowadzenie pojęć: „rozpad jądra atomowego”, „substancja promieniotwórcza”, „aktywność substancji promieniotwórczej”, „promieniowanie jonizujące”, omówienie rodzajów promieniowania jonizującego - α , β i γ (zapis przemiany jądra, w wyniku której emitowane jest dane promieniowanie). Omówienie zagadnień: źródła promieniowania naturalnego, szeregi promieniotwórcze, pojęcia „napromieniowane” i „skażenie” oraz wyjaśnienie różnicy między nimi.

Czas: 30 minut.

U.6.02.1

Przeprowadzenie kalibracji układu pomiarowego przy pomocy naturalnego źródła promieniowania β , czyli KCl (aktywność właściwa 400pCi/g):

- a) Zważyć masę soli KCl (około 1g).
- b) Wykonać pomiar liczby zliczeń pochodzących od źródła KCl w czasie

odpowiadającym niepewności $\sim 3\%$ (tj. $\frac{\sqrt{N}}{N} = 0.03$).

Czas trwania: 20 minut.

U.6.02.2

Pomiar aktywności powietrza:

- a) Wykorzystując zestaw do filtracji powietrza przepompować przez filtr bibułowy $\sim 5\text{m}^3$ powietrza. Zanotować dokładną objętość powietrza przepompowanego.
- b) Wykonać pomiar liczby zliczeń pochodzących od filtra w określonym czasie.
- c) Korzystając z kalibracji wykonanej wcześniej wyznaczyć aktywność właściwą pierwiastków β -promieniotwórczych powietrza.
- d) Porównać wartości otrzymanych aktywności z normami obowiązującymi dla powietrza.

LUB

Pomiar aktywności wody:

- a) Przez urządzenie do filtracji wody przepuścić 5l wody z kranu.
- b) Zmierzyć w wybranym czasie liczbę zliczeń pochodzących od filtra, przez który przepuszczono wodę.
- c) Korzystając z kalibracji wykonanej wcześniej wyznaczyć aktywność właściwą pierwiastków β -promieniotwórczych wody.
- d) Porównać wartości otrzymanych aktywności z normami obowiązującymi dla powietrza.

Czas trwania: 70 minut.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Ćwiczenie eksperymentalne polega na pomiarze aktywności pierwiastków β -promieniotwórczych wody/powietrza.

Literatura:

1. J. Araminowicz, K.Małuszyńska , Przytuła, „Laboratorium z fizyki jądrowej”, PWN Warszawa 1984.
2. A. Strzałkowski, „Wstęp do fizyki jądra atomowego”, Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa 1979.
3. D.Halliday, R.Resnick, J.Walker, „Podstawy fizyki”, tom 5, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2005.
4. P.Jaracz, „Promieniowanie jonizujące w środowisku człowieka”, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.

U.6.03

Tytuł:

Fizyka u lekarza.

Cel ćwiczenia, opis:

Zapoznanie ucznia z prostymi badaniami i sprzętem medycznym, w których wykorzystywane są podstawowe prawa fizyczne.

U.6.03.1

badanie ciśnienia krwi tętniczego człowieka, zasada działania sfignomanometru (ciśnieniomierza lekarskiego) z zastosowaniem metody osłuchowej (Korotkowa);

U.6.03.2

słuchanie pracy serca, pomiar tętna, zasada działania stetoskopu;

U.6.03.3

budowa oka jako aparatu optycznego, wady wzroku – zasada działania okularów – wyznaczanie ogniskowej soczewek skupiających, test na plamkę ślepą;

U.6.03.4

budowa oka jako układu mającego aparat receptorowy, widzenie w kolorze – test przy pomocy dwóch testów, m. in. tablic chromatycznych Ishihary.

Wymagana wiedza ucznia:

Pojęcia „objętość”, „ciśnienie”; budowa oka, wady wzroku: krótko- i dalekowzroczność, efekt działania soczewek skupiających i rozpraszających, pojęcie „ogniska” i „ogniskowej”, obrazy uzyskiwane za pomocą soczewek skupiających, równanie soczewki; daltonizm, barwy proste i podstawowe światła.

Niezbędne przedmioty i materiały:

U.6.03.1

Lekarski ciśnieniomierz, stetoskop;

U.6.03.2

stoper lub zegarek z sekundnikiem, stetoskop;

U.6.03.3

model oka, zestaw do optyki z laserem i z planszą oka o prawidłowej budowie, oka krótkowidza i oka dalekowidza, soczewki o dodatnich ogniskowych, test na plamkę ślepą;

U.6.03.4

pryzmat, źródło światła białego, tablice chromatyczne Ishihary, test widzenia, tablice z kolorowymi figurami.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Praca z prądem elektrycznym i laserem:

- Obwody elektryczne w zestawach ćwiczeniowych należy łączyć zgodnie ze schematami podanymi w instrukcjach ćwiczeniowych.
- Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!
- **Nie wolno wprowadzać wiązki światła lasera do oka!**
- Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi).

Przebieg ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

U.6.03.1

Mierzenie ciśnienia krwi uczniów po krótkim wyjaśnieniu budowy i pracy serca, roli tętnic i przebiegu tętnicy ramiennej. Pomiar przeprowadza najpierw Prowadzący zajęcia u współpracownika, następnie uczniowie mierzą sobie nawzajem pod kontrolą Prowadzącego. Pomiar ciśnienia krwi powinien być wykonywany w spokoju i w pozycji siedzącej, po co najmniej 3 minutowym odpoczynku. Ramię, na którym dokonywany będzie pomiar powinno być wolne od uciskających ubrań (koszul, swetrów itp.), swobodnie oparte o podłoże. Ręka powinna być swobodnie oparta, nie należy jej napinać. Mankiet do pomiaru ciśnienia tętniczego krwi powinien znajdować się na wysokości serca.

Opaskę ciśnieniomierza zakłada się tak, aby równo przylegała do ramienia i znajdowała się na wysokości serca. Gumowy mankiet badający napełnia powietrzem przy pomocy pompki aż do momentu, kiedy wartość ciśnienia na manometrze przewyższa o 30 mmHg wartość ciśnienia, przy którym zanika tętno. Badający przykładą słuchawkę do tętnicy łokciowej w zgięciu łokciowym i powoli z mankieta wypuszcza powietrze. Z chwilą pojawienia się pierwszej fali tętna badający wysłuchuje nad tętnicą łokciową ton, a odczytany w tym momencie stan słupka rtęci lub wartość na zegarze czy też na skali cyfrowej manometru wskazuje wysokość ciśnienia skurczowego (jest to tzw. I faza Korotkowa). W miarę dalszego wypuszczania powietrza z mankieta słychać wyraźnie dźwięczne tony zwykle zgodne z akcją serca, słyszalne aż do momentu, gdy głośność zmniejsza się, cichnie i zanika. Wartość ciśnienia odczytana z manometru w chwili, gdy ton całkowicie zanika, wskazuje wysokość

ciśnienia rozkurczowego (jest to tzw. V faza Korotkowa). Gdy tony są słyszalne aż do 0 mm Hg za ciśnienie rozkurczowe, przyjmuje się wartość odpowiadającą ich ściszeniu (tzw. IV faza Korotkowa).

Czas trwania: 15 minut.

U.6.03.2

Uczeń przy pomocy stetoskopu przyłożonego do klatki piersiowej słucha pracy swojego serca. Patrząc na zegarek z sekundnikiem lub stoper liczy liczbę uderzeń serca w ciągu 1 minuty, tj. mierzy tętno. Za wartość prawidłową uważa się wartość z przedziału od 72 do 80 uderzeń na minutę. Można pokazać też uczniom, jak mierzy się tętno na tętnicy na nadgarstku.

Czas trwania: 10 minut.

U.6.03.3

Wprowadzenie teoretyczne: omówienie budowy oka i wad wzroku (pod kątem oka jako układu optycznego).

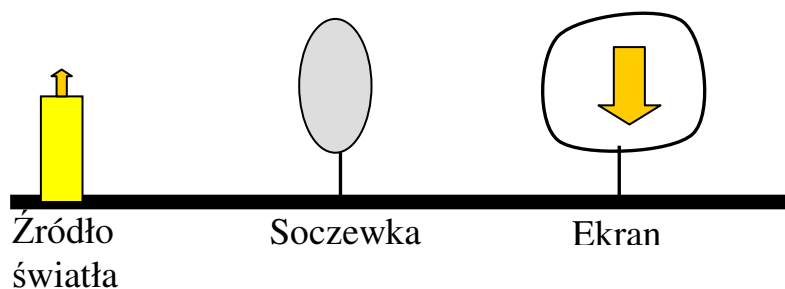
Uczeń dostaje zestaw do optyki i umieszczając soczewkę na planszy oka o prawidłowej budowie - obserwacja biegu promieni światła lasera – gdzie się skupiają?, następnie na planszach oka krótkowidza i dalekowidza - obserwacja biegu promieni światła lasera – gdzie się skupiają? Uczeń powinien sam zaproponować dołożenie na planszach krótkowidza i dalekowidza, odpowiednio, soczewki rozpraszającej i skupiającej.

Następnie uczeń wyznacza ogniskowe 2-3 soczewek skupiających. Służy do tego ława optyczna, na której zamocowane są na stałe w odległości 100 cm źródło światła i ekran.

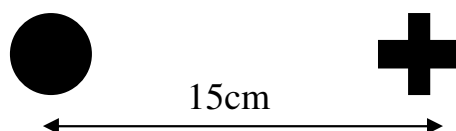
Uczeń wstawia pomiędzy nie soczewkę i znajduje taką dla niej pozycję, by na ekranie widoczny był wyraźny, ostry obraz powiększony. Spisuje odległość soczewki od źródła światła x i od ekranu y . Następnie znajduje inne położenie tej samej soczewki takie, by na ekranie widoczny był wyraźny, ostry obraz pomniejszony. Spisuje odległość soczewki od

źródła światła i od ekranu. W oparciu o równanie soczewki $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$ oblicza wartość

ogniskowej dla obu przypadków, a następnie wartość średnią f_{sr} i porównuje otrzymaną wartość z wartością teoretyczną f_{teor} podaną na soczewce. Pomiary i obliczenia wykonuje dla wszystkich soczewek, jakie są dostępne na stanowisku pomiarowym.



Na zakończenie tej części ćwiczenia uczeń dostaje kartkę, na której narysowane są w odległości ok. 15 cm od siebie kropka i krzyżyk. Uczeń zamyka/zasłania prawe oko i patrzy lewym na figurę na kartce „na skos”, równocześnie zbliżając kartkę do oczu. Mówi, co widzi. Po zbliżeniu do oczu odsuwa kartkę – mówi, co widzi. Czynność powtarza zamykając lewe oko i patrzy prawym okiem na figurę „na skos”.



Czas trwania: 60 minut.

U.6.03.4

Wprowadzenie teoretyczne: omówienie budowy oka jako układu mającego aparat receptorowy, wad wzroku pod kątem widzenia barwnego. Przypomnienie pojęć „barwy proste światła”, „barwy podstawowe światła” i „barwy pochodne światła”. Wyjaśnienie pojęć „daltonizm”, „protanop”, „deutranop”, „tritanop”. Krótka historia odkrycia zjawiska daltonizmu - kilka słów o Johnie Daltonie i jego prezencje dla mamy.

Uczeń za pomocą pryzmatu rozszczepia wiązkę światła białego uzyskując na ekranie/ ścianie tęczę. Następnie przechodzi test na widzenie barwne bawiąc się tablicami na test widzenia i tablicami chromatycznymi Ishihary.

Kolejny krok w ćwiczeniu to pokazanie uczniowi, jak męczą się czopki oka, stając się niewrażliwe na kolor. Uczeń dostaje kartki z figurą w jednym z podstawowych kolorów. Wpatruje się w figurę przez kilkadziesiąt sekund, następnie przenosi wzrok na białą kartkę papieru. Mówi, co widzi po kilku sekundach. Powtarza czynność z figurami w innych kolorach podstawowych. Nauczyciel pokazuje uczniowi zdjęcia fiołków widzianych przez osobę o dobrym wzroku, przez daltonistów, którzy nie widzą: koloru czerwonego (protanop), koloru zielonego (deutranop), koloru niebieskiego (tritanop).

Czas trwania: 30 minut.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

U.6.03.1

Główne części serca to komory lewa i prawa, przedsionki lewy i prawy oraz żyły główne, żyły płucne i tętnica główna, czyli aorta. Prawa komora tłoczy tętnicą płucną, pozbawioną tlenu i bogatą w dwutlenek węgla, krew do krążenia płucnego (krążenia małego), gdzie krew jest oczyszczana z dwutlenku węgla a wzbogacana w tlen. Natleniona krew żyłą płucną wpływa do lewego przedsionka. Z lewego przedsionka płynie do lewej komory i stamtąd układem tętnic, tętniczek, tętniczek końcowych i kapilar jest rozprowadzana do narządów organizmu. Po oddaniu tlenu i pobraniu dwutlenku węgla krew wraca układem żyłek i żył do prawego przedsionka. Jest to tzw. krążenie duże, obwodowe.

Ruch krwi wywołany jest różnicą ciśnień między układem tętniczym i żylnym podtrzymywaną pracą serca. Ciśnienie krwi w aorcie zmienia się od około 120 mmHg ponad ciśnienie atmosferyczne podczas skurczu, do około 70 mmHg podczas rozkurczu serca. W żyłę głównej przy ujściu do prawego przedsionka ciśnienie krwi praktycznie się nie zmienia i wynosi około 10mmHg ponad ciśnienie atmosferyczne. Zatem krew obwodowa w dużym krążeniu płynie pod wpływem różnicy ciśnień 90mmHg.

Ciśnienie krwi jest mierzone celem określenia, jaka jest jego skurczowa (minimalna) i rozkurczowa (maksymalna) wartość. Wartość ciśnienia skurczowego zależy od rzutu serca i elastyczności tętnic. Ciśnienie rozkurczowe zależne jest od oporu naczyń obwodowych. Wartości ciśnienia tętniczego krwi zmieniają się pulsacyjnie w czasie cyklicznej pracy serca. Sfignomanometr składa się z opaski gumowej (mankietu) z komorą powietrzną, z manometru (rtęciowego, sprężynowego lub elektronicznego) i ręcznej pompki lub kompresora, połączonych ze sobą gumowymi przewodami. Nowoczesne, elektroniczne przyrządy do pomiaru ciśnienia wykorzystują najczęściej do pomiaru metodę oscylometryczną. Pomiar ciśnienia powietrza w mankiecie uciskającym poprzez tkanki tętnicę pozwala odzwierciedlić ciśnienie panujące w naczyniu. Jeśli ciśnienie w mankiecie osiąga wartość, która znajduje się w przedziale między wartością ciśnienia skurczowego a wartością ciśnienia rozkurczowego, to powoduje ono zamknięcie całkowite tętnicy w fazach rozkurczu serca i pulsacyjne otwieranie w fazach skurczu serca. Krew przepływa wtedy przez uciśniętą tętnicę okresowo i z dużą szybkością, wywołując powstawanie wirów, wibracji. Powoduje to powstawanie tonów, które są słyszalne w słuchawkach lub mogą być odbierane przez elektroniczny rejestrator tych dźwięków. Tomy te, zwykle zgodne z akcją serca, zaczynają powstawać, gdy wartość ciśnienia w mankiecie spadnie poniżej wartości ciśnienia skurczowego, i znikają,

kiedy ciśnienie w mankiecie obniży się na tyle, że jest niższe od ciśnienia rozkurczowego w tętnicy. Podczas obniżania ciśnienia w mankiecie dla ustalenia wartości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego ważny jest moment usłyszenia pierwszego tonu i moment całkowitego zaniku tonów.

U.6.03.2

powierzchnia (duża) stetoskopu „przejmuje” drgania powietrza rozchodzące się w wyniku ruchu serca i koncentruje je na niewielkiej powierzchni słuchawek w uszach – natężenie dźwięku jest większe, niż gdyby służyć pracy serca bezpośrednio uchem.

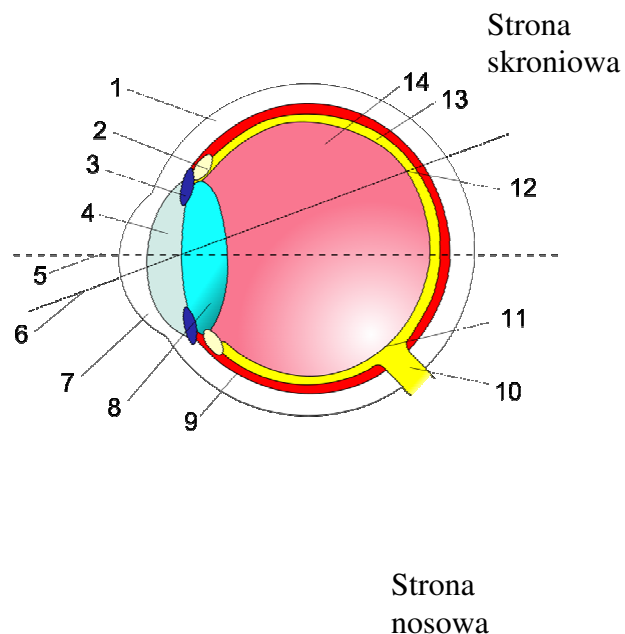
U.6.03.3

budowa oka jako układu optycznego:

$$n_{\text{ciecz wodnista}} = 1.336$$

$$n_{\text{rogówka}} = 1.376$$

$$n_{\text{soczewka}} = 1.395$$



1 - twardówka; 2 - ciało rzęskowe; 3 - tęczówka; 4 - ciecz wodnista; 5 - oś optyczna; 6 - oś widzenia; 7 - rogówka; 8 - soczewka; 9 - naczyniówka; 10 - nerw wzrokowy; 11 - plamka ślepa; 12 - dołek środkowy (**plamka żółta**); 13 - siatkówka; 14 - ciało szkliste

Układ optyczny oka składa się z rogówki i soczewki ocznej, a ośrodki optyczne to powietrze, ciecz wodnista i ciało szkliste, które graniczą z tymi elementami. Światło wpada do oka przez otwór, czyli źrenicę. Jeśli oko jest prawidłowo zbudowane, obraz otrzymany za pomocą układu optycznego oka powstaje na siatkówce i jest obrazem rzeczywistym, pomniejszonym i odwróconym. Impulsy świetlne zamieniane są na impulsy prądowe i taka informacja nerwem

wzrokowym przekazywana jest do mózgu. Jeśli oko ma wadę krótkowzroczności lub dalekowzroczności – obraz powstaje, odpowiednio, przed lub za siatkówką - czyli obraz na siatkówce jest nieostry. Wady te koryguje się stosując odpowiednie soczewki korekcyjne. W krótkowzroczności są to soczewki rozpraszające, a w dalekowzroczności soczewki skupiające. Zestaw z optyki wyposażony jest w planszę z rysunkiem oka, na którym zaznaczone jest miejsce, gdzie należy wstawić soczewkę o prawidłowej budowie – po przepuszczeniu przez nią równoległej wiązki promieni laserowych uzyskuje się obraz (punkt) na siatkówce narysowanego oka. Na planszach „krótkowidza” i „dalekowidza” uczeń wstawia najpierw jedynie soczewki o prawidłowej budowie, efektem jest skupienie światła przed lub poza siatkówką. Następnie uczeń dokłada soczewkę, odpowiednio, rozpraszającą i skupiającą, by uzyskać obraz na siatkówce.

W następnej części ćwiczenia uczeń wyznacza wartości ogniskowych kilku soczewek skupiających poprzez określenie położenia soczewki w takim miejscu, by na ekranie powstał wyraźny obraz. Na podstawie równania soczewki:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y},$$
 gdzie x to odległość źródła światła od soczewki, a y to odległość obrazu od

soczewki, wyznacza wartość f ogniskowej soczewki.

Na zakończenie tej części ćwiczenia uczeń sprawdza, czy ma ślepą plamkę. Istnieje taka odległość przedmiotu od oka, że obraz przedmiotu pada na plamkę ślepą oka – miejsce bez receptorów wzroku. Nie powstaje odzwierciedlenie tego obrazu w naszym mózgu – nie widzimy przedmiotu. Kiedy uczeń zbliża kartkę z kółkiem i krzyżykiem do oczu w polu widzenia ma oba te kształty. W momencie, kiedy obraz jednej z figur pada na ślepą plamkę, figura ta znika. Kiedy kartka zostaje zbliżona jeszcze bardziej do oczu, figura znów się pojawia, gdyż jej obraz powstaje na siatkówce, gdzie są receptory wzroku (poza ślepą plamką). Gdy uczeń oddala kartkę od oczu, sytuacja powtarza się – w pewnej odległości od oczu któraś z figur na kartce znika – jej obraz trafia na ślepą plamkę.

U.6.03.4

Budowa siatkówki nie jest jednakowa w całym jej obszarze, co ma swoje odbicie w widzeniu. Receptory siatkówki to dwa rodzaje komórek światłoczułych: pręciki i czopki (mają kształt stożka). Czopki są mało czułe na światło i pracują przy dobrym oświetleniu (widzenie jasne - fotopowe), ale dzięki nim widzimy kolory. Pręciki pobudza już kilka kwantów światła

(widzenie ciemne - skotopowe), ale w ciemności nie widzimy kolorów. Czopki dzielą się na 3 rodzaje reagujące na podstawowe barwy światła – czerwone, zielone i niebieskie.

Światło białe jest falą elektromagnetyczną o zakresie długości z przedziału ~380-800nm, na które składają się przedziały długości odpowiadające 7 barwom prostym światła: czerwona, pomarańczowa, żółta, zielona, jasnoniebieska, granatowa (indygo) i fioletowa. Przepuszczenie wiązki światła białego przez pryzmat powoduje jego rozszczepienie (jak na kropli wody) i powstanie na ekranie widma ciągłego światła białego (tęczy).

Uczeń przechodzi test na widzenie kolorowe oraz test tablicami Ishihary. Jeśli widzi wszystkie 3 barwy podstawowe, odpowiada prawidłowo.

Trzecia część tego etapu ćwiczenia to zabawa w „zmęczone” czopki. Gdy patrzymy długo na jeden kolor, np. czerwony, czopki reagujące na ten kolor męczą się i przestają pracować. Kiedy przenosimy wzrok na białą kartkę, pracują tylko czopki „zielone” i „niebieskie”, dlatego pojawia się przed oczami obraz powstający z mieszaniny tych dwóch kolorów, czyli obraz o kolorze turkusowym (zielononiebieski). Gdy patrzymy na kształt o kolorze zielonym, przestają pracować czopki „zielone”, a obraz uzyskany przez czopki „czerwone” i niebieskie” ma kolor purpurowy. Kiedy robimy to z kształtem niebieskim, powstały obraz ma kolor żółty (mieszanina światła zielonego i czerwonego).

Literatura:

1. „Biofizyka. Podręcznik dla studentów” pod redakcją Feliksa Jaroszyka, Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2007.
2. „Podstawy biofizyki. Podręcznik dla studentów medycyny” pod redakcją Andrzeja Pilawskiego, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich Warszawa 1985.
3. Andrzej K. Wróblewski „Uczeni w anegdocie”, Prószyński i S-ka Warszawa 1999.

Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach

S.6.01

Tytuł:

Dlaczego statki pływają i toną? Czemu w Morzu Martwym nie można utonąć.

Cel ćwiczenia, opis:

Zapoznanie ucznia z prawem Archimedesesa, jego zilustrowanie na przykładzie codziennych zjawisk i ukazanie zastosowań technicznych (statki, łodzie podwodne, kapok, deska czy koło ratunkowe).

Uczniowie bawiąc się będą badać zależność siły wyporu od gęstości cieczy (jajko w słonej wodzie, mieszanina oleju, wody i alkoholu) i objętości ciała zanurzonego (plastelinowa kulka, plastelinowa łódka itp.). Sprawdzą, kiedy kamień nie tonie. Dowiedzą się, jak sprawdzić, czy jajko jest świeże, nie rozbijając go. Zbadają „konkurencję” pomiędzy siłą wyporu a ciężarem ciała zanurzonego, czyli warunki pływania ciał.

Prawo Archimedesesa odkrył Archimedes – grecki matematyk, który żył w Syrakuzach w III w. p.n.e. Warto, by nauczyciel przytoczył uczniom anegdotę o tym odkryciu, jak również o śledztwie Archimedesesa w sprawie składu kruszców korony króla Syrakuz, Hierona.

Sugeruje się wyprowadzenie wzoru na siłę wyporu $\vec{F} = -\rho_{\text{cieczy}} \vec{g} V_{\text{ciała}}$.

Wymagana wiedza ucznia:

ciężar ciała, siła ciężkości, prawo Pascala, ciśnienie hydrostatyczne i siła parcia (do ew. teoretycznego wyprowadzenia wzoru na siłę wyporu).

Niezbędne przedmioty i materiały:

S.6.01.1

2 jajka gotowane, dwa słoiki o dużych otworach, ew. dzbanek lub garnek z tzw. dziubkiem, czy butelka, woda, sól kuchenna;

S.6.01.2

trzy szklanki, oliwa, alkohol (cz.d.a. lub spirytus salicylowy);

S.6.01.3

a) 2 jajka (jedno surowe świeże i jedno surowe starsze niż dwu-tygodniowe), dwa słoiki o dużych otworach, woda; b) rodzyunki, przezroczysty napój gazowany;

S.6.01.4

plastikowy zakręcany lub inaczej ściśle zamykany pojemniczek (może być naczynie na mocz, do kupienia w aptece), kilka kamieni o takiej wielkości, by mieściły się w tym pojemniczku, taśma klejąca, nożyczki, słoć o wielkości większej niż pojemniczek lub małe akwarium; plastelina.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Należy ostrożnie obchodzić się ze szklanymi przedmiotami, by ich nie potłuc i nie pokaleczyć się.

Przebieg ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

S.6.01.1

Słoiki napełnić (nie do pełna) czystą wodą, do jednego dosypywać soli i mieszać aż do momentu, gdy więcej soli rozpuścić się nie da (uzyskujemy roztwór nasycony w danej temperaturze). Do obu słoików włożyć po jajku (gotowanym). Obserwacja i próba sformułowania wniosków.

Następnie do słoika z solanką dolać ostrożnie czystej wody (wygodnie naczyniem z dziubkiem lub butelki), lejąc ją na jajko. Obserwacja i próba sformułowania wniosków.

Do słoika z zatopionym jajkiem i czystą wodą wlewać silny wodny roztwór soli. Obserwacja i próba sformułowania wniosków.

Czas trwania: 10 minut.

S.6.01.2

Bierzemy dwie szklanki. Jedną napełniamy do połowy wodą, a następnie dolewamy oliwy. Drugą szklankę napełniamy do 1/3 objętości alkoholem (np. spirytusem lub denaturatem), a następnie dolewamy do 2/3 objętości szklanki oliwy. Obserwacja. Następnie do drugiej szklanki dolewamy ostrożnie wody. Obserwacja i próba sformułowania wniosków.

Czas trwania: 15 minut.

S.6.01.3

a) Surowe jajko świeże i surowe starsze niż dwutygodniowe wkładamy do szklanki, czy słoika z czystą wodą. Obserwacja i próba sformułowania wniosków.

- b) Wlewamy do szklanki przezroczysty napój gazowany i wsypujemy do niego kilka rodzynek. Obserwujemy zachowanie rodzynek przez kilkanaście minut. Próba sformułowania wniosków.

Czas trwania: 20 minut.

S.6.01.4

Uformuj z jednakowej ilości plasteliny kulkę i bryłę nieforemną i wrzuć je do naczynia z wodą. Z takiej samej ilości plasteliny jak poprzednio uformuj łódkę i włóż do wody. Obserwacja i próba sformułowania wniosków.

- a) Plastikowy pojemnik (zamknięty) wrzuć do naczynia z wodą. Włóż do pojemnika kamienie, zamknij pojemnik i włóż do naczynia z wodą. Wyjmij pojemnik z kamieniami, wyjmij z niego kamienie i przymocuj je do dna pojemnika taśmą klejącą, a pojemnik zamknij. Włóż wszystko do wody. Obserwacja i próba sformułowania wniosków.

Czas trwania: 15 minut.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

S.6.01.1

Prawo Archimedesesa mówi, że na ciało zanurzone w cieczy działa siła wyporu skierowana do góry, zależna od gęstości cieczy. Jajko tonie w czystej wodzie, jako że jego gęstość jest większa od gęstości czystej wody – ciężar jajka jest większy od siły wyporu. W solance jajko pływa po jej powierzchni, bo gęstość słonej wody jest większa od gęstości jajka i siła wyporu jest większa od ciężaru jajka. Dlatego też człowiek nie może utonąć w Morzu Martwym, bo ciało ludzkie ma średnią gęstość porównywalną z gęstością wody, a Morze Martwe ma bardzo duże zasolenie (20%-40%, w porównaniu do innych mórz, których zasolenie wynosi kilka procent) i dopóki człowiek nie zwiększy nienaturalnie swojego ciężaru (np. przez napicie się dużej ilości wody), dopóty siła wyporu unosi go na powierzchni morza. Kiedy ostrożnie wlewamy czystą wodę na jajko w solance, powstają dwie warstwy cieczy – słonej o dużej gęstości, po której jajko pływa i wody o mniejszej gęstości niż jajko, w której jajko tonie. W efekcie jajko unosi się pomiędzy tymi cieczami - jeśli nie ruszamy słoikiem, tak, by ciecze się nie wymieszały, jajko będzie pływać po środku przez kilka dni. Kiedy wlewamy do słoika z czystą wodą, w którym jajko zatoneło, silny roztwór soli kuchennej, rośnie gęstość cieczy w słoiku i z nią rośnie siła wyporu. W pewnym momencie siła wyporu przewyższa ciężar jajka i jajko wypływa na wierzch.

S.6.01.2

Demonstracja ukazuje zależność opisaną powiedzeniem „Oliwa sprawiedliwa - na wierzchu pływa”, czyli fakt, że ciecze nie mieszające się o różnej gęstości pływają jedna nad drugą. W jednej szklance mamy wodę i oliwę: oliwa pływa po wierzchu, ponieważ ma mniejszą gęstość niż woda. W drugiej szklance mamy oliwę i alkohol: tym razem oliwa jako ciecz o większej gęstości zajmuje dno naczynia, po wierzchu pływa alkohol. Po dolaniu do drugiej szklanki wody woda opada na dno jako najcięższa z cieczy w szklance, a oliwa pływa pomiędzy wodą a alkoholem, przyjmując kształt kuli.

Kapok, deska ratunkowa czy koło ratunkowe są zbudowane z takiego materiału lżejszego od wody (pianka lub wypełnienie powietrzem) i mają taki rozmiar, by średnia gęstość człowieka i kapoka była mniejsza niż wody i siła wyporu większa niż łączny ciężar człowieka i koła ratunkowego, co zapewnia utrzymanie się na człowieka powierzchni wody.

S.6.01.3

- a) Jajko świeże po włożeniu do wody opada na dno i układa się poziomo. Jajko starsze (szczególnie starsze niż dwutygodniowe) albo w ogóle nie opada na dno (Uwaga, może być zepsute!) albo opada, ale ustawia się pionowo ostrzejszym końcem na dole. Za efekt odpowiedzialna jest różnica w średniej gęstości jajka świeżego i starego i co za tym idzie, inny średni ciężar tych jajek i brak przewagi – świeże jajko, lub przewaga siły wyporu (stare jajko) nad ciężarem jajka. W jajku z czasem rośnie komora powietrzna (od szerszej strony jajka) i średnia gęstość jajka maleje, zatem jego średni ciężar również.
- b) Na samym początku rodzynki opadają na dno, ponieważ mają większą gęstość od gęstości napoju i ich ciężar jest większy od siły wyporu. Rodzynki leżące na dnie szklanki otaczane są powoli bąbelkami gazu (dwutlenku węgla) z napoju i po chwili średnia gęstość obiektu – rodzynek+gaz staje się mniejsza niż gęstość napoju i rodzynki w otocze z dwutlenku węgla wypływają na powierzchnię napoju (siła wyporu przewyższa siłę ciężkości działającą na rodzynki). Po dotarciu do powierzchni dwutlenek węgla uwalnia się z powierzchni rodzyneków i ulatuje do powietrza, ciężar rodzyneków znów staje się większy niż siła wyporu napoju i rodzynki opadają na dno. Proces wypływania i tonięcia powtarza się tak długo, aż rodzynki nie nasiąkną napojem lub napój nie „wygazuje się”.

Na podobnej zasadzie poruszają się łodzie podwodne tak zbudowane (kształt i ciężar, objętość luków balastowych), że unoszą się na powierzchni wody, bo siła wyporu jest większa niż ciężar łodzi. Kiedy łódź chce się zanurzyć, nabiera do luku wody, by zwiększyć ciężar ponad wartość siły wyporu. Kiedy łódź podwodna chce wznieść się wyżej lub wypłynąć na powierzchnię wody, pompy wypompowują z luków wodny balast, by zmniejszyć średnią gęstość łodzi, czyli zmniejszyć ciężar łodzi - siła wyporu uzyskuje „przewagę” i łódź „idzie” do góry.

S.6.01.4

- a) Kulki z plasteliny toną w wodzie, ponieważ ich ciężar jest większy niż siła wyporu. Jednak ta sama ilość plasteliny uformowana w taki kształt, by większa była objętość zanurzona w wodzie, nie tonie, ale pływa po powierzchni. Większa objętość zanurzona daje większą wartość siły wyporu, i przy nie zmienionym ciężarze plasteliny siła wyporu jest większa od tego ciężaru, wypychając plastelinową łódkę na powierzchnię wody. Jest to zasada pozwalająca na pływanie po wodzie ciężkich łodzi i statków. Nośność statku to wartość siły wyporu działającej na zanurzoną część kadłuba przy maksymalnym dopuszczalnym obciążeniu, tj. obciążeniu, przy którym siła wyporu przewyższa ciężar statku z załadunkiem.
- b) Pudełko plastikowe puste, zamknięte, jest wypełnione powietrzem i jego średnia gęstość jest mniejsza niż gęstość wody, zatem pływa po powierzchni wody. Gdy włożymy do niego kamienie, ciężar układu pudełko+kamienie jest większy niż siła wyporu (wzrosła średnia gęstość pudełka przez obecność kamieni, nie zmieniła się objętość pudełka) i pudełko tonie. Kiedy jednak kamienie podczepimy pod pudełko, objętość zanurzona układu pudełko+kamienie tak znacznie wzrasta, że mimo wzrostu średniej gęstości układu siła wyporu staje się większa niż ciężar pudełka z podczepionymi kamieniami i układ nie tonie, ale pływa po powierzchni. Istnieje hipoteza, że Egipcjanie w taki sposób transportowali Nilem budulec na piramidy.

Literatura:

1. D.Halliday, R.Resnick, J.Walker, „Podstawy fizyki”, tom 2, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2005.
2. P.G.Hewitt „Fizyka wokół nas”, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2003.
3. R.M. Roberts, „Odkrywczy mimo woli”, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 1997.
4. R.J.Brown, „200 doświadczeń dla dzieci”, Prószyński i S-ka Warszawa 1999..

5. Neutrino nr 2/2008 – Pismo dla uczniów o fizyce i astronomii, wydawane przez Instytut Fizyki UJ.

S.6.02

Tytuł:

Dlaczego samolot lata, mosty zapadają się a dachy domów fruwią?

Cel ćwiczenia, opis:

Zapoznanie ucznia ze zjawiskami opisywanymi prawem ciągłości strugi i prawem Bernoulliego.

Wymagana wiedza ucznia:

Pojęcia: ruch płynów (cieczy i gazów) – przepływ, strumień lub struga płynu, linia i rurka prądu, przepływ stacjonarny, przepływ laminarny, przepływ turbulentny, ciecz nieściśliwa, ciśnienie, siła parcia, ciśnienie hydrostatyczne, praca, energia potencjalna grawitacji, energia kinetyczna, gęstość cieczy.

Niezbędne przedmioty i materiały:

S.6.02.1

3 kartki A4, taśma klejąca lub klej, odkurzacz lub suszarka do włosów;

S.6.02.2

Piłeczka pingpongowa na nitce (wbij szpilkę w piłeczkę i zaczeć nitkę o główkę szpilki) oraz łyżka do zupy i strumień wody z kranu; piłeczka pingpongowa, odkurzacz lub suszarka do włosów;

S.6.02.3

2 piłeczki pingpongowe umocowane na nitce, miseczka lub kuweta na wodę, słomka do napoju, łupiny orzecha lub świeczki do podgrzewacza;

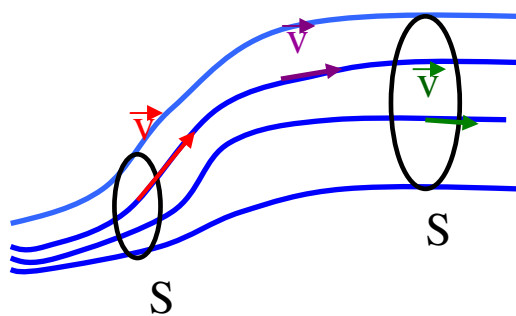
S.6.02.4

słomka, mała plastikowa butelka napełniona wodą, nożyczki, plastelina.

Opis zjawiska:

Prawo ciągłości strugi:

Zakładamy, że płyn wpływa do rurki prądu jedynie przez przekrój S_1 , wypływa jedynie



$$V_1 = V_2$$

$$V_1 = S_1 x_1 = S_1 v_1 t$$

$$V_2 = S_2 x_2 = S_2 v_2 t$$

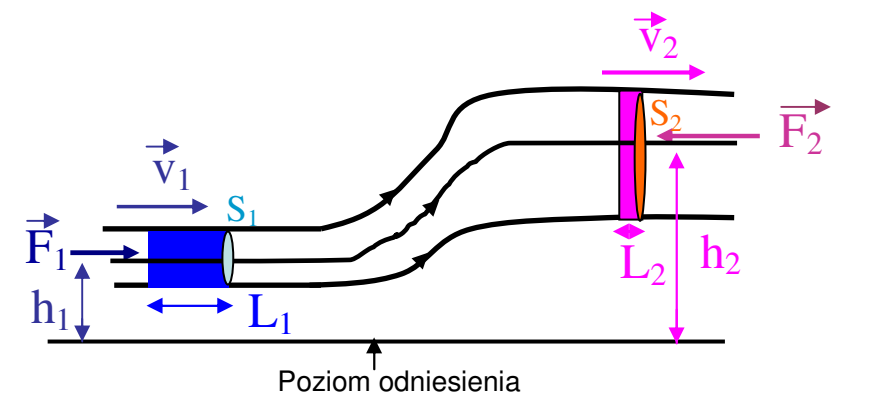
$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$Sv = const$$

przez przekrój S_2 , nie ma przepływu płynu przez boczną ściankę rurki oraz że ciecz jest nieściśliwa. Wtedy przez obie wyróżnione powierzchnie S_1 i S_2 w jednostce czasu t przepływa jednakowa objętość płynu $V_1=V_2$, pokonując dystanse, odpowiednio, x_1 i x_2 z prędkościami v_1 i v_2 . Jak pokazują proste przekształcenia, równość objętości jest równoważna zależności $Sv=const$. – prędkości cieczy w rurce są odwrotnie proporcjonalne do powierzchni przekrojów rurki płynu.

Równanie Bernoulliego:

Przepływ płynu jest spowodowany działaniem wypadkowej siły parcia tłoczącej ten płyn przez pokazaną na rysunku rurkę prądu. Załóżmy, że ciecz płynie od przekroju S_1 do przekroju S_2 . Na dolną powierzchnię S_1 działa siła parcia $F_1=p_1S_1$, a na górną – siła $F_2=p_2S_2$.



W pewnym elementarnym przedziale czasu dt rozpatrywana struga płynu o objętości V przemieści się w prawo tak, że powierzchnia S_1 przesunie się o odcinek $L_1=v_1dt$, a powierzchnia S_2 o odcinek $L_2=v_2dt$. Siły F_1 i F_2 wykonają w tym czasie prace odpowiednio: F_1v_1dt i F_2v_2dt . Wypadkowa siła parcia $F=F_1 - F_2$ wykona pracę: $W=F_1v_1dt-F_2v_2dt$, która jest równa zmianie energii mechanicznej rozpatrywanej objętości płynu, na którą składa się zmiana energii potencjalnej grawitacji względem wybranego poziomu odniesienia $dE_p=mgh_2-$

mgh_1 i zmiana energii kinetycznej $dE_k=mv_2^2/2-mv_1^2/2$. Po prostych przekształceniach otrzymujemy zależność:

$$\frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + p_2V_2 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 + p_1V_1$$

Ponieważ wybrane przekroje były dowolne, można uogólnić:

$$\frac{mv^2}{2} + mgh + pV = const$$

Podstawiając $m = \rho V$, więc:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = const$$

Równanie Bernoulliego jest konsekwencją zasady zachowania masy i energii.

Człony równania oznaczają:

$$\frac{\rho v^2}{2} - \text{człon opisujący ciśnienie dynamiczne,}$$

ρgh - człon opisujący ciśnienie hydrostatyczne,

p - człon opisujący ciśnienie statyczne.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

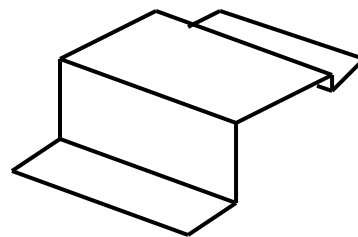
- Praca z urządzeniem na prąd elektryczny (suszarka, odkurzacz).

Przebieg ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

S.6.02.1

a) Dwie kartki A4 (jedną z nich przytnij 2 cm z długości) sklej na krótszych końcach tak, by górny był lekko wybrzuszony, podobnie jak skrzydło samolotu (można też przykleić do stołu jedną kartkę papieru lekko wygiętą jak skrzydło samolotu). Skieruj na niego strumień powietrza z odkurzacza czy suszarki lub po prostu mocno dmuchnij. Obserwuj, co się dzieje, spróbuj sformułować wnioski.

b) Kartkę wygnij tak, by zrobić z niej mostek (patrz rysunek). Skieruj pod mostek strumień powietrza z odkurzacza czy suszarki lub po prostu mocno dmuchnij. Obserwuj, co się dzieje, spróbuj sformułować wnioski.



Czas trwania: 10 minut.

S.6.02.2

a) Puść wodę z kranu i trzymając piłeczkę na nitce dotknij nią strumienia. Następnie próbuj ją odciągnąć od wody. Czy to łatwe? Co się dzieje z piłeczką? Piłeczkę możesz zastąpić łyżką do zupy – zbliż ją wypukłą stroną do strumienia – co się stanie?

b) Włącz suszarkę skierowaną wylotem do góry i wrzuć piłeczkę pingpongową w strumień powietrza. Obserwuj, co się dzieje, spróbuj sformułować wnioski.

Czas trwania: 10 minut.

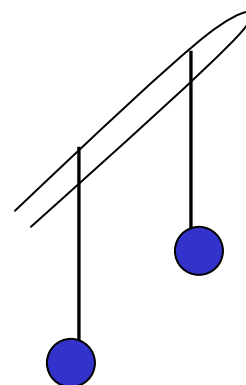
S.6.02.3

a) Zawieś dwie piłeczki pingpongowe dość blisko siebie i wdmuchnij między nie przez słomkę do napoju powietrze. Obserwuj, co się dzieje, spróbuj sformułować wnioski.

b) Napełnij miedniczkę lub kuwetę wodą. Połóż na niej w pewnej odległości od siebie 2 łódki z łupiny orzecha lub świeczki do podgrzewacza i wdmuchnij między nie przez słomkę do napoju powietrze. Obserwuj, co się dzieje, spróbuj sformułować wnioski.

c) Szeroki strumień powietrza skieruj w stronę łódek. Obserwuj, co się dzieje, spróbuj sformułować wnioski.

Czas trwania: 15 minut.



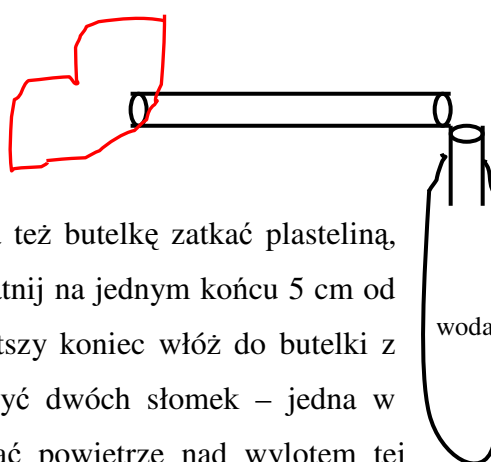
S.6.02.4

Zraszacz do kwiatów w butelce.

Butelkę napełnij wodą po brzegi i zamknij korkiem lub zakręć zakrętką. W korku/zakrętce

zrób wcześniej dziurkę o średnicy słomki. Można też butelkę zatkać plasteliną, łatwo będzie przez nią przebić słomkę. Słomkę natnij na jednym końcu 5 cm od brzegu i złam ją w tym miejscu, a następnie krótszy koniec włóż do butelki z wodą i dmuchaj do dłuższego końca. Można użyć dwóch słomek – jedna w butelce, przez drugą ustawioną poziomo dmuchać powietrze nad wylotem tej pierwszej. Obserwuj, co się dzieje, spróbuj sformułować wnioski.

Czas trwania: 10 minut.



Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

S.6.02.1

a) Kartka unosi się do góry po przeciwnej stronie, niż kierunek napływającego powietrza. Powietrze przepływające nad skrzydłem porusza się szybciej niż powietrze pod nim, które jest prawie nieruchome. Zgodnie z prawem Bernoulliego ze wzrostem prędkości powietrza maleje jego ciśnienie, czyli ciśnienie nad skrzydłem jest dużo mniejsze niż pod nim, a pomiędzy punktami o różnym ciśnieniu powstaje siła skierowana od ciśnienia większego do mniejszego, która unosi skrzydło – jest to siła nośna. Musi być większa niż ciężar samolotu, by mógł się on unieść w powietrze.

b) Mostek nie unosi się do góry, ale rozpląszcza – w rzeczywistości prawdopodobnie się rozleciałby się w kawałki. Ciśnienie powietrza przepływającego pod nim było niższe niż nad nim i pojawiła się siła skierowana od jego powierzchni w dół, która go przygniotła.

Na skutek działania silnych, przygruntowych wiatrów zdarza się, że wałają się mosty. Nauczyciel podkreśla też, że to taka właśnie siła zrywa dachy, gdy wieje nad nimi wiatr (a w domu jest zła wentylacja i nie następuje wyrównanie ciśnienia w domu do wartości ciśnienia na zewnątrz) i wykrzywia na zewnątrz nasze parasole podczas wichury.

S.6.02.2

a) Piłeczka nie chce „odejść” od strumienia wody, jest jak przyklejona do niego. Kiedy łyżkę zbliżymy do strumienia wody, zostanie weń wciągnięta – w sam jego środek. Zgodnie z prawem Bernoulliego ciśnienie płynącej wody jest niższe niż ciśnienie nieruchomego powietrza z drugiej strony piłeczki, i pojawia się siła skierowana od powietrza do strumienia wody, która dociska piłeczkę z powrotem do wody. Piłeczka da się „oderwać” od wody, gdy odchylimy ją o duży kąt.

b) Piłeczka unosi się swobodnie w powietrzu, nie spada na bok. Zgodnie z prawem Bernoulliego ciśnienie w strumieniu powietrza, które porusza się z dużo większą prędkością niż otaczające powietrze (przeważnie nieruchome), jest mniejsze niż otoczenia. Stąd pojawia się siła, która „trzyma” piłeczkę w strumieniu powietrza, nie pozwalając jej na skok w bok.

S.6.02.3

a), b) Piłeczki się zderzą, tak samo łupiny orzecha czy świecek do podgrzewacza. To efekt działania siły pojawiającej się w wyniku różnicy ciśnień: na zewnątrz obiektów, gdzie powietrze i woda są praktycznie nieruchome (ciśnienie większe) i pomiędzy obiektami (ciśnienie mniejsze, bo większa prędkość powietrza/wody).

c) Łódki zderza się ze sobą jak poprzednio. Powietrze, które wpadnie pomiędzy łódki będzie przepływać przez powierzchnię mniejszą niż przed łódkami, więc zgodnie z prawem ciągłości strugi zwiększy się jego prędkość pomiędzy łódkami. A większa prędkość to mniejsze ciśnienie i zgodnie z prawem Bernoulliego pojawi się siła która „przyciągnie” łódki do siebie. W wyniku istnienia zależności opisanej prawem ciągłości strugi w bramach i wąskich przejściach między blokami zawsze jest silny przeciąg, gdy na dworze wieje nawet słaby wiatr.

Nauczyciel podkreśla, że właśnie z powodu efektu różnicy ciśnień płynów o różnej prędkości statki nie powinny płynąć zbyt blisko siebie, tak samo niebezpieczne jest mijanie się zbyt blisko siebie jadących samochodów i stawanie za linią na peronie (wjeżdżający na peron pociąg ciągnie za sobą powietrze, którego prędkość jest większa niż prędkość powietrza na peronie – powstaje więc w wyniku różnicy ciśnień siła, która może zassać człowieka pod pociąg.

S.6.02.4

Gdy przez trzymaną w ustach słomkę dmuchamy w kierunku poziomym na słomkę wystającą z butelki, to w krótszym kawałku słomki podniesie się woda i jak spray rozpyli w powietrzu. Gdy dmuchamy w długi koniec słomki, nad złamanym końcem płynie szybki strumień powietrza – ciśnienie w miejscu złamania słomki maleje. Powietrze poniżej ma normalne ciśnienie więc jest zasysane do góry i pociąga za sobą wodę z butelki do góry, która jest rozpylana na drobne kropelki przez ruch powietrza z długiej części słomki.

Literatura:

1. R.J.Brown, „200 doświadczeń dla dzieci”.
2. Foton nr 74/2001 – Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów, wydawane przez FOTON, Instytut Fizyki UJ.
3. „365 eksperymentów na każdy dzień roku”, Wydawnictwo REA 2005.

S.6.03

Tytuł:

Jak zagotować zimną wodę?

Cel ćwiczenia, opis:

Przedstawienie związku pomiędzy temperatura wrzenia wody a ciśnieniem. Opisane ćwiczenie pokazuje, że można doprowadzić ciecz o temperaturze niższej niż 100°C do wrzenia, pod warunkiem, że obniżymy nad jej powierzchnią ciśnienie.

Wymagana wiedza ucznia:

Proces wrzenia wody, ew. co to jest przemiana izotermiczna i zależność $pV/T=\text{const}$.

Niezbędne przedmioty i materiały:

Strzykawka plastikowa o pojemności 5 – 10 ml, czajnik elektryczny, woda.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Praca z urządzeniem na prąd elektryczny. Uwaga na gorącą wodę! Pamiętać należy, przy użyciu czajnika elektrycznego, by przy gotowaniu w nim wody wlać tyle wody, by zakryła grzałkę!

Przebieg ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Zagotuj wodę w czajniku. Odczekaj kilka minut, aż nieco przestygnie. Wciągnij do strzykawki nieco wody (1/5 objętości strzykawki). Zatkaj dobrze wylot strzykawki (można palcem) i powoli odciągaj tłok w dół. Obserwuj, co dzieje się z wodą. Czynność powtarzamy co np. 2 minuty, tj. z coraz chłodniejszą wodą.

Czas trwania: kilka minut.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Jesteśmy przyzwyczajeni, że woda wrze w warunkach atmosferycznych przy ciśnieniu bliskim normalnemu, czyli $101,3\text{hPa}$ i ma wtedy około 100°C . Wykonane ćwiczenie pokazuje, że można doprowadzić ciecz o temperaturze niższej niż 100°C do wrzenia, pod warunkiem, że obniżymy nad jej powierzchnią ciśnienie.

Tłok przesuwamy powoli, by zapewnić proces izotermiczny. Ponieważ zwiększamy objętość powietrza nad wodą, musi maleć jego ciśnienie. Przy pewnym położeniu tłoka zaczynają się

od niego odrywać bąbelki, przy dalszym odciąganiu tłoka woda zaczyna bulgotać - obserwujemy proces wrzenia cieczy o temperaturze niższej niż 100°C .

Nauczyciel może zwrócić uwagę uczniom, że woda, którą zagotujemy na wycieczce w górach będzie mieć niższą temperaturę, więc herbata czy kawa nie zaparzą się dobrze i będą mieć kiepski smak. Lepiej wziąć rozpuszczalną herbatę czy kawę.

Literatura:

Foton nr 71/2000 – Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów, wydawane przez FOTON, Instytut Fizyki UJ.

Jak wykorzystać opór powietrza i czy kropla deszczu może przekroczyć prędkość dźwięku?

Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach

Płynem nazywamy ośrodek zdolny do przepływu, czyli gaz lub ciecz. Jeśli zachodzi ruch względny płynu i ciała (tzn. albo ciało porusza się w płynie, albo płyn opływa ciało), to na ciało działa siła oporu, utrudniająca ten ruch względny, skierowana w kierunku przepływu płynu względem ciała.

Gdy płynem jest powietrze, ciało ma kształt „obły”, a ruch względny jest dostatecznie szybki, to siła oporu jest proporcjonalna do kwadratu względnej prędkości ruchu oraz od pola przekroju poprzecznego ciała. Narciarze uprawiający zjazdy dobrze wiedzą o tej zależności. Aby osiągnąć dużą prędkość, narciarz musi zmniejszyć siłę oporu, na przykład zmniejszając pole przekroju przez przyjęcie pozycji o kształcie podobnym do jajka.

Również podczas jazdy samochodem, pływania łodzią, lotu samolotem wszelkie manewry i zmiany prędkości wywołują zawirowania powietrza, a to stwarza dodatkowy opór i zwiększa zużycie paliwa. Poznanie i zrozumienie zjawiska oporu powietrza pozwala na kontrolowanie przepływu powietrza wokół pojazdów, co pozwoli na zmniejszenie oporu i zmniejszenie zużycia paliwa.

Gdy ciało o obłym kształcie spada w powietrzu z prędkością początkową równą zero siła oporu jest skierowana do góry. Jej wartość wzrasta stopniowo od zera, w miarę jak ciało nabiera prędkości. Ta skierowana do góry siła jest przeciwna do skierowanej w dół siły ciężkości. Jeśli ciało spada dostatecznie długo, to w pewnej chwili siły te się równoważą i od tej chwili prędkość nie wzrasta. Ciało spada dalej ze stałą prędkością, noszącą nazwę prędkości granicznej. Przykładowa prędkość granicznej kropli deszczu o promieniu 1 mm, spadającej z chmury znajdującej się na wysokości 1200 m, wynosi około 30 km/h. Gdyby nie było siły oporu powietrza prędkość tej kropli deszczu tuż przed upadkiem na ziemię wynosiłaby 550 km/h (!).

Obecność siły oporu powietrza wykorzystywana jest w skokach spadochronowych. Na przykład skoczek wykonujący skok z opóźnionym otwarciem spadochronu przyjmuje pozycję orła w locie, aby siła oporu powietrza była jak największa.

S.6.04

Tytuł:

Swobodne spadanie I.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja wpływu siły oporu powietrza na czas spadania ciał w spadku swobodnym.

Wymagana wiedza ucznia:

siła ciężkości, siła oporu powietrza, spadek swobodny, jakościowa zależność siły oporu powietrza od kształtu ciała

Niezbędne przedmioty i materiały:

2 kartki papieru, stół

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- jedną kartkę papieru położyć na stole, a drugą mocna zgnieść tak, aby powstała papierowa kula,
- puścić swobodnie kartki papieru ze stołu, z tej samej wysokości.

Szacunkowy czas trwania:

5 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zgnieciona kartka papieru spadnie szybciej, natomiast kartka gładka będzie spadała wolniej. Jest to efektem działania siły oporu powietrza. Im większa jest powierzchnia, którą ciało (np. gładka kartka papieru) stawia opór powietrzu, tym wolniej i bardziej nierównomiernie ciało spada. Zgnieciona kartka papieru stawia mniejszy opór, dlatego spada szybko i prosto. Gdyby nie było powietrza, wtedy pod wpływem siły ciężkości wszystkie przedmioty spadałyby prostoliniowo i z taką samą prędkością.

Literatura:

A. von Saan; „365 eksperymentów na każdy dzień roku”, Wydawnictwo REA W-wa 2005.

S.6.05

Tytuł:

Swobodne spadanie II.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest obserwacja spadku swobodnego ciała w próżni.

Wymagana wiedza ucznia:

siła ciężkości, siła oporu powietrza, spadek swobodny, jakościowa zależność siły oporu powietrza od kształtu ciała

Niezbędne przedmioty i materiały:

kulka metalowa, piórko, 2 rury szklane o jednakowej długości 1-1,5m, pompa próżniowa.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Na stanowisku ćwiczeniowym występuje określone zagrożenie dla zdrowia związane z wykorzystaniem zasilanej elektrycznie pompy próżniowej. W związku z powyższym zaleca się przestrzeganie następujących przepisów:

- wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi),
- uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania pompy próżniowej,

Przebieg ćwiczenia:

- na dole jednej rury umieścić kulkę metalową, w drugiej piórko,
- z rur odpompować powietrze,
- rury odwrócić powolnym ruchem,
- obserwować spadek swobodny kulki metalowej i piórka.

Szacunkowy czas trwania:

20 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Czas spadania kulki metalowej jak i piórka jest taki sam. Przy braku siły oporu powietrza, pod wpływem siły ciężkości wszystkie przedmioty puszczane swobodnie z tej samej wysokości spadają prostoliniowo i z taką samą prędkością.

Literatura:

T. Dryński: „Doświadczenia pokazowe z fizyki”, PWN W-wa 1964.

S.6.06

Tytuł:

Pomiar oporu lepkości.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska lepkości.

Wymagana wiedza ucznia:

siły międzycząsteczkowe, siła tarcia, zjawisko lepkości, siła ciężkości

Niezbędne przedmioty i materiały:

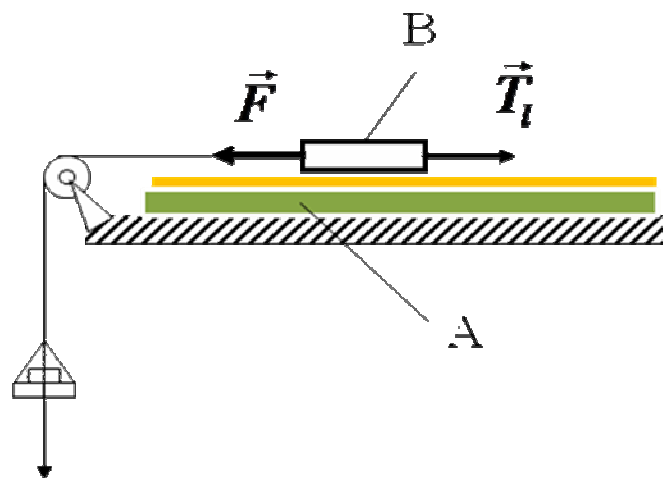
płytki szklana, drewniany klocek, nić, bloczek, szalka, ciężarki, gliceryna.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- połączyć elementy układu jak przedstawiono na rysunku,
- na poziomym podłożu w postaci płytki szklanej A spoczywa klocek B,
- na wstępie doświadczenia nie wprowadzamy między obie płytki żadnej cieczy,



- do klocka B doczepiona jest nić przerzucona przez bloczek; doczepiona do niej szalka pozwala na zmianę sił F przez nakładanie odpowiednich ciężarków,
- przez nakładanie ciężarków wyznaczyć siłę T , która jest równa sile utrzymującej ruch jednostajny płytki,
- na płytkę A nalać warstewkę gliceryny (lub innej cieczy o dużej lepkości) i umieścić na niej klocek B,
- przez nakładanie ciężarków wyznaczyć siłę T_l , która jest równa sile utrzymującej ruch jednostajny płytki.

Szacunkowy czas trwania:

30 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia stwierdza się, że po nałożeniu na płytkę A warstewki gliceryny siła wprawiająca klocek B w ruch jednostajny jest znacznie mniejsza niż w pierwszym przypadku (bez warstewki gliceryny).

W przypadku ruchu klocka po warstwie gliceryny sile F przeciwstawia się siła lepkości T_l . Wynika ona z tego, że poruszający się klocek pociąga za sobą najbliższą warstewkę przylegającą, ta z kolei pociąga sąsiadującą z nią warstewkę cieczy itd. W ten sposób w warstwie cieczy między poruszającym się klockiem a nieruchomą płytką realizuje się ruch warstewek cieczy tego rodzaju, że warstewki górne poruszają się najszybciej, warstewki dolne - najwolniej. Ruch warstewek ma miejsce dlatego, że istnieją siły międzycząsteczkowe. Takiemu ruchowi musi towarzyszyć opór, gdyż warstewki wolniejsze hamują ruch warstewek szybszych.

Siła lepkości T_l zależy od: prędkości ruchu, wielkości płytki ślizgającej się, grubości warstewki cieczy, rodzaju cieczy.

Literatura:

T. Dryński: „Doświadczenia pokazowe z fizyki”, PWN W-wa 1964.

T. Dryński: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN W-wa 1977.

S.6.07

Tytuł:

Ruch warstewek ciecży w zjawisku lepkości.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja pociągania warstewek ciecży przy ruchu płytki w ciecży. Mechanizm ten, będący skutkiem oddziaływań międzycząsteczkowych, tłumaczy zjawisko lepkości.

Wymagana wiedza ucznia:

siły międzycząsteczkowe, zjawisko lepkości.

Niezbędne przedmioty i materiały:

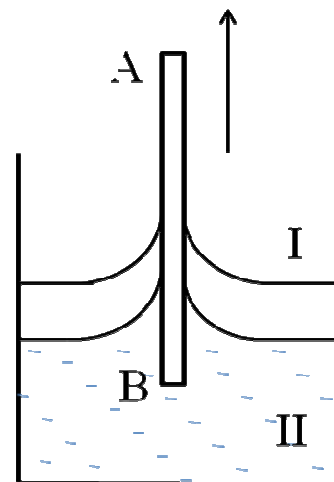
naczynie szklane równoległościenne, płytka szklana, gliceryna, roztwór gliceryny i wody.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- w naczyniu szklanym równoległościennym umieścić płytkę szklaną AB, o tej samej szerokości, jaką ma naczynie, i o ściankach równoległych,
- do dolnej części naczynia nalać warstwę gliceryny II,
- na wierzch warstewki II wprowadzić ostrożnie warstewkę I roztworu gliceryny i wody (około 1/3 wody),
- w stanie spoczynku powierzchnia rozgraniczająca obie warstewki jest ostra i pozioma,
- pociągnąć płytkę AB gwałtownym szarpnięciem ku górze,
- doświadczenie można pokazać w projekcji na ekran.



Szacunkowy czas trwania:

30 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Warstewki cieczy przylegające bezpośrednio do płytki podążają razem z nią dzięki siłom przylegania. Te warstewki pociągają za sobą warstewki dalsze dzięki siłom lepkości. W ten sposób powierzchnia rozdzielająca płytki I i II przyjmuje w sąsiedztwie płytki AB wygląd przedstawiony na rysunku.

Literatura:

T. Dryński: „Doświadczenia pokazowe z fizyki”, PWN W-wa 1964.

S.6.08

Tytuł:

Ruch kulek stalowych w cieczach o różnej lepkości.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest ilustracja wzoru Stokesa, a w szczególności zależność wartości siły lepkości od rodzaju cieczy oraz od promienia kulki poruszającej się w cieczy lepkiej.

Wymagana wiedza ucznia:

siły międzycząsteczkowe, zjawisko lepkości, wzór Stokesa.

Niezbędne przedmioty i materiały:

wysoki cylinder, woda, gliceryna, kulki stalowe o różnych średnicach, stoper, linijka.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- wypełnić cylinder wodą,
- na wysokości około 1/3 cylindra zaznaczyć na cylindrze odcinek o długości około 50 cm,
- wrzucić kulkę stalową,
- zmierzyć czas spadania kulki na wyznaczonym odcinku,
- wyznaczyć prędkość poruszania się kulki,
- czynności powtórzyć dla kulki o innej średnicy,
- wypełnić cylinder gliceryną i powtórzy doświadczenie dla kulek o różnych średnicach.

Szacunkowy czas trwania:

30 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Na spadającą kulkę poruszającą się w cieczy (w wodzie lub glicerynie) działa siła grawitacji skierowana pionowo w dół, siła wyporu i siła lepkości (siły są skierowane pionowo w górę). Początkowo siła ciężkości jest większa od sumy sił pozostałych i w związku z tym kulka spada ruchem przyspieszonym ze wzrastającą prędkością. Ale w miarę wzrastania prędkości, zgodnie z prawem Stokesa, opór lepkości coraz bardziej rośnie i w pewnej chwili siła ciężkości staje się równa sumie sił lepkości i wyporu. Od tego momentu dalszy spadek kulki odbywa się ruchem jednostajnym.

W pierwszej i drugiej części ćwiczenia wyznacza się zależność prędkości w ruchu jednostajnym kulki od średnicy kulki odpowiednio w przypadku ruchu kulki w wodzie i w glicerynie.

Porównanie wyników uzyskanych dla ruchu w wodzie i w glicerynie pozwala przedyskutować zależność siły lepkości od rodzaju cieczy.

Literatura:

H. Szydłowski: „Pracownia fizyczna”, PWN W-wa 1996.

T. Dryński: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN W-wa 1977.

I. W. Sawieliew – „Kurs fizyki”, t. 1.

A. K. Wróblewski, J. A. Zakrzewski – „Wstęp do fizyki”, t. 1, PWN W-wa 1991.

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni

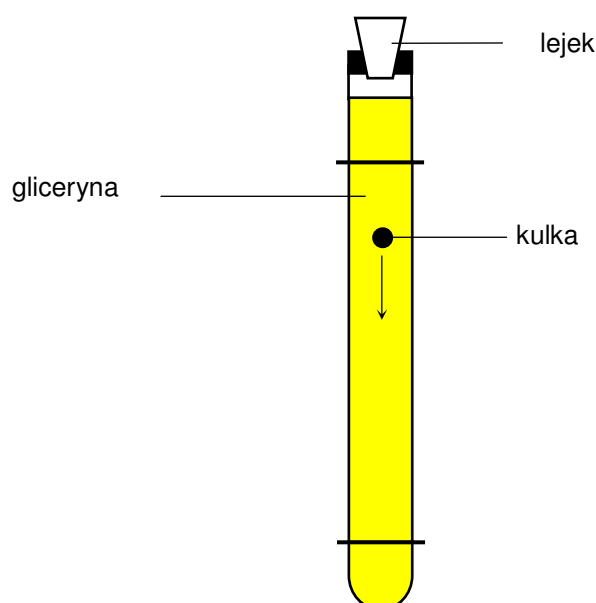
U.6.04

Tytuł:

Wyznaczanie współczynnika lepkości cieczy za pomocą wiskozymetru Stokesa.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika lepkości gliceryny. W doświadczeniu wykorzystujemy przyrząd zwany wiskozymetrem Stokesa. Stanowi go dość wysokie cylindryczne naczynie szklane wypełnione gliceryną. Współczynnik lepkości w glicerynie wyznacza się analizując ruch stalowych kulek spadających w glicerynie.



Opis zjawiska:

Opór lepkości cieczy czy też gazów występuje zarówno przy ruchu cieczy względem nieruchomych przedmiotów, jak i podczas ruchu tych przedmiotów w nieruchomej cieczy. Każde ciało poruszające się w cieczy lub gazie pociąga za sobą, dzięki istnieniu sił międzycząsteczkowych, sąsiadujące z nim warstewki. Ruch warstewek odbywa się jednak w ten sposób, że w miarę oddalania się od ciała prędkość warstewek maleje i w pewnej niewielkiej odległości zanika. Poruszające się ciało ciągnie za sobą układ warstewek ślizgających się po sobie. Każdemu poślizgowi warstewek cieczy czy gazu towarzyszy opór lepkości. Opór lepkości, na jaki natrafia poruszające się ciało, jest proporcjonalny do: 1) jego wielkości i zależy od kształtu, 2) jego prędkości ruchu \vec{v}_0 , 3) współczynnika lepkości η , w którym odbywa się ruch. Tę zależność można wyrazić w postaci wzoru:

$$\vec{F}_s = k \cdot l \cdot \eta \cdot \vec{v}_0,$$

gdzie k – współczynnik proporcjonalności zależny od danego ciała, a l charakteryzuje wymiary ciała.

W przypadku ciała o kształcie kuli mamy: $\vec{F}_s = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot \vec{v}_0$.

Zależności wyrażone powyższymi równaniami noszą nazwę *prawa Stokesa*. Zasadnicza cecha tego prawa to proporcjonalność oporu lepkości do prędkości ruchu \vec{v}_0 .

Wymagana wiedza ucznia:

pojęcie lepkości, zależność oporu lepkości od temperatury, siła grawitacji, siła wyporu, siła lepkości, równanie ruchu kulki spadającej w ośrodku lepkim i wyznaczenie współczynnika lepkości.

Niezbędne przedmioty i materiały:

cylinder wypełniony gliceryną, 20 jednakowych stalowych kulek, śruba mikrometryczna, suwmiarka, waga laboratoryjna, linijka, lejek, stoper, termometr.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Zaleca się przestrzeganie następujących przepisów:

- wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi),

Przebieg ćwiczenia:

1. Wyznaczyć średnicę kulki stalowej za pomocą śruby mikrometrycznej.
2. Wyznaczyć promień cylindra za pomocą suwmiarki.
3. Wyznaczyć masę kulki, najlepiej wyznaczając łączną masę około 20 kulek, po czym policzyć średnią masę pojedynczej kulki.
4. Zaznaczyć na rurze odcinek, na którym będziemy mierzyć czas spadania kulki.
5. Wrzucać kolejno kulki do rury za pomocą lejka i zmierzyć czas spadania kulki na zaznaczonym odcinku.
6. Powtórzyć pomiar dla 20 kulek.

Tabela pomiarów:

Temperatura cieczy								Gęstość cieczy ρ									
Masa n kulek								Średnia masa kulki m									
Promień kulki r								Objętość kulki $V = 4\pi r^3/3$									
Promień cylindra R								Droga s									
Czas (s)																	
Średni czas								Prędkość średnia v									
Współczynnik lepkości η																	

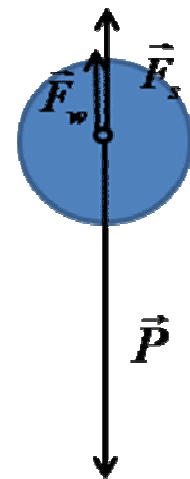
Szacunkowy czas trwania:

3 x 45min = 2 h15 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Na spadającą kulkę poruszającą się w ośrodku lepkim (w glicerynie) działają trzy siły:

- siła grawitacji $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ skierowana pionowo w dół, gdzie m jest masą kulki, \vec{g} – przyspieszeniem ziemskim,
- siła wyporu $\vec{F}_w = V \cdot \rho \cdot \vec{g}$, gdzie V jest objętością kulki, ρ gęstością cieczy,
- siła lepkości $\vec{F}_s = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot \vec{v}_0$ (dla kulki o promieniu r), gdzie \vec{v}_0 jest prędkością ruchu kulki, a η współczynnikiem lepkości cieczy.



Dwie ostatnie siły są skierowane pionowo w górę (rysunek).

Początkowo siła ciężkości jest większa od sumy sił pozostałych i w związku z tym kulka spada początkowo ruchem przyspieszonym ze wzrastającą prędkością. Ale w miarę wzrastania prędkości, zgodnie z prawem Stokesa, opór lepkości coraz bardziej rośnie i w pewnej chwili siła ciężkości staje się równa sumie sił lepkości i wyporu. Od tego momentu dalszy spadek kulki odbywa się ruchem jednostajnym.

Warunek równowagi sił, stanowiący zarazem warunek ruchu jednostajnego kulki:

$$P = F_s + F_w.$$

Podstawiając wyrażenia na wartości poszczególnych sił otrzymuje się równanie:

$$mg = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot v_0 + \rho \cdot g \cdot V,$$

z którego wyznaczenie współczynnika lepkości daje:

$$\eta = \frac{(m - V\rho)g}{6\pi r v_0}.$$

Gdy kulka spada w cylindrze o promieniu R, wprowadzamy poprawkę dla prędkości wynikającą z wpływu ścian naczynia na ruch kulki:

$$\bar{v}_0 = \bar{v} \left(1 + k \cdot \frac{r}{R} \right)$$

gdzie v_0 jest prędkością mierzoną w naczyniu o nieskończonych wymiarach, k jest stałą $k = 2,4$ zatem:

$$\eta = \frac{(m - V\rho)g}{6\pi r v \left(1 + 2,4 \cdot \frac{r}{R} \right)},$$

gdzie: r – średni promień kulki, R – promień cylindra.

Pomiar lepkości cieczy ma istotne znaczenie dla wielu dziedzin gospodarki.

Literatura:

H. Szydłowski: „Pracownia fizyczna”, PWN W-wa 1996.

T. Dryński: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN W-wa 1977.

I. W. Sawieliew – „Kurs fizyki”, t. 1.

A. K. Wróblewski, J. A. Zakrzewski – „Wstęp do fizyki”, t. 1, PWN W-wa 1991.

U.6.05

Tytuł:

Pomiar oporu powietrza.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest pomiar siły oporu powietrza oraz wykazanie zależności oporu od prędkości strumienia powietrza oraz od kształtu ciała.

Wymagana wiedza ucznia:

siła ciężkości, siła oporu powietrza, zależność siły oporu powietrza od kształtu ciała oraz od prędkości.

Niezbędne przedmioty i materiały:

waga stołowa, dmuchawa powietrza, ciała o różnych kształtach, ciężarki.

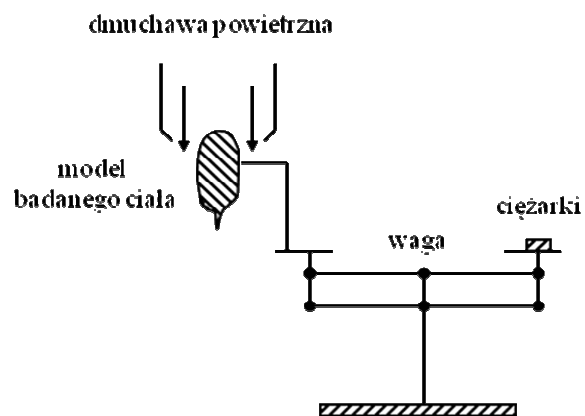
Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Na stanowisku ćwiczeniowym występuje określone zagrożenie dla zdrowia związane z wykorzystaniem zasilanej elektrycznie dmuchawy powietrznej. W związku z powyższym zaleca się przestrzeganie następujących przepisów:

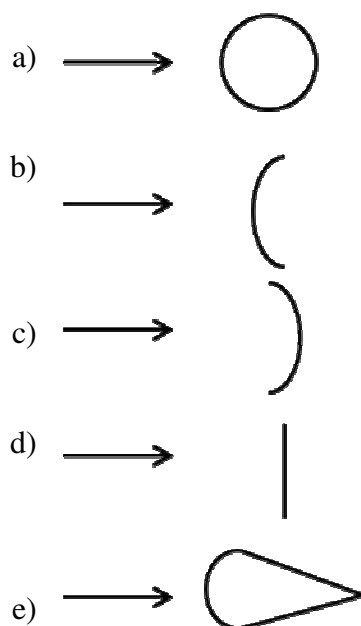
- wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi),
- uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania dmuchawy powietrznej,

Przebieg ćwiczenia:

- połączyć elementy układu jak przedstawiono na rysunku,
- na jednej szalce wagi przymocować model badanego ciała,
- skierować na badane ciało strumień powietrza o kierunku pionowym z góry na dół,
- ciężarkami położonymi na drugiej szalce doprowadzić wagę do równowagi,



- zmieniać strumień powietrza i równoważyć ciężarkami wagę (prędkość powietrza regulować szybkością obrotów dmuchawy),
 - zmienić model badanego ciała i powtórzyć powyższe czynności,
 - zbadać zależność oporu od kształtu ciała przy danej prędkości strumienia i danej powierzchni czołowej (największa powierzchnia prostopadła do kierunku strumienia).
- Przykładowe kształty badanych ciał przedstawia zestawienie:



Szacunkowy czas trwania:

3x45 min = 2h15min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Opór powietrza zależy od kształtu ciała oraz od prędkości strumienia powietrza. Im większa prędkość tym większa siła oporu. Siła oporu jest największa dla powierzchni czołowych c) i d), najmniejsza dla kształtu e).

Literatura:

T. Dryński: „Doświadczenia pokazowe z fizyki”, PWN W-wa 1964.

Jak można chodzić po wodzie?

Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach

Napięcie powierzchniowe jest zjawiskiem, które powoduje, że powierzchnia cieczy zachowuje się jak napięta błonka. Dzięki napięciu powierzchniowemu małe owady mogą biegać po powierzchni wody nie zanurzając się, małe przedmioty o gęstości większej od gęstości wody (szpilka, żyłotka) mogą pływać po jej powierzchni, a pająk topik może zbierać pod wodą powietrze w dzwonie zrobionym z pajęczyny. Napięcie powierzchniowe powoduje, że ciecze przyjmują kształt kropli, a także, że poziom cieczy w wąskiej rurce szklanej albo w wąskiej szczelinie między szybkami podnosi się powyżej poziomu wody w naczyniu, do którego zanurzamy rurkę lub szybki. Efektem napięcia powierzchniowego jest np. utrudnione zanurzanie w cieczy ciał nie podatnych na zwilżanie tą cieczą (znika ono w momencie całkowitego zanurzenia takiego ciała). Napięcie powierzchniowe wody obniża dodanie mydła lub detergentu, co wykorzystuje się w praniu, w myciu. Po dodaniu mydła (detergentu) brud „rozpuszcza się” w wodzie.

Napięcie powierzchniowe odgrywa istotną rolę w wielu dziedzinach życia, nauki, przemysłu, np. przy produkcji szkła. Podczas topienia masy szklanej zmniejszenie napięcia powierzchniowego ułatwia topienie i polepsza jednorodność masy. Napięcie powierzchniowe stopionej masy szklanej odgrywa także poważną rolę w wytwarzaniu wyrobów. Decyduje ono o tworzeniu się odpowiednich kropli masy w zasilaczach automatów, umożliwia nawijanie masy na piszczel lub nabierak, a także rozciąganie masy w rurkę, pręt, drut, nitkę lub włókno. Jednakże duże stosunkowo napięcie powierzchniowe masy szklanej utrudnia formowanie kształtów o ostrych krawędziach, a także wyciskanie w niej wszelkiego rodzaju napisów, znaków lub deseni o wyraźnych zarysach. We wszystkich tych wypadkach duże napięcie powierzchniowe masy szklanej powoduje zaokrąglenie krawędzi kształtowanych wyrobów lub wytłoczeń.

Podobnie jak w przypadku małych owadów, które dzięki napięciu powierzchniowemu mogą biegać po powierzchni wody nie zanurzając się, skonstruowano roboty mogące poruszać się po wodzie. Powstały mechaniczne insekty, które mają od czterech do szesnastu nóg, ich długość wynosi od 5 do 15 centymetrów, a waga to kilka gramów. Urządzenia utrzymują się na powierzchni wody właśnie dzięki efektowi napięcia powierzchniowego, które zwiększono pokrywając odnóża sztucznych insektów warstwą teflonu o grubości

kilkuset mikronów. Roboty poruszają się po jej powierzchni tak samo, jak owady z gatunku nartnikowatych. Robią to jednak, przynajmniej na razie, znacznie wolniej. Miniaturowe roboty-insekty mogą być idealnymi urządzeniami służącymi do monitorowania stanu środowisk wodnych. Mogą poruszać się po spokojnych akwenach o minimalnej głębokości i, po wyposażeniu w odpowiednie czujniki, informować naukowców o ich stanie. Przydadzą się też w wielu innych miejscach, do których jest utrudniony dostęp.

Zjawisko napięcia powierzchniowego wykorzystywane jest w opracowaniu materiałów wodoodpornych, na których woda nie rozlewa się, ale tworzy krople i spływa po materiale, czy materiałów nie zwilżanych przez tłuszcze, w przypadku których sprawa jest znacznie trudniejsza ze względu na dużo mniejsze niż dla wody napięcie powierzchniowe.

S.6.09

Tytuł:

„Moczenie” wody.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego oraz porównanie napięcia powierzchniowego wody oraz wody z detergentem.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

dwie szklanki z wodą, sznurek z konopi lub bawełny, nożyczki, odrobina detergentu (np. płynu do mycia naczyń).

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- do jednej szklanki dodać detergentu,

- sznurek pociąć na niewielkie kawałki i kłaść je delikatnie na powierzchnię wody w obu szklankach.

Szacunkowy czas trwania:

15 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Sznurek będzie pływał na powierzchni czystej wody, a w wodzie z detergentem tonął. Detergent bowiem obniża napięcie powierzchniowe wody tak, że jego siły nie są już w stanie zrównoważyć ciężaru kawałeczków sznurka. Prócz tego detergent rozpuszcza tłuszczyki mogące znajdować się na sznurku, przez co sznurek łatwiej przemaka. Detergent powoduje więc, że woda wydaje się „bardziej mokra”.

Literatura:

R. J. Brown: „200 doświadczeń dla dzieci”, Prószyński i S-ka W-wa 1999.

S.6.10

Tytuł:

„Pościg” za olejem.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego oraz porównanie napięcia powierzchniowego wody oraz oleju.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

olej, woda, mydło, wykałaczką.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- do szklanki nalać wody,
- kapnąć do szklanki dwie lub trzy krople oleju (krople połączą się tworząc tzw. oczko, czyli kolistą plamkę),
- posługując się czystą wykałaczką przesuwać krople oleju po całej powierzchni wody,
- następnie za pomocą wykałaczki umieścić kawałek mydła w środku plamki.

Szacunkowy czas trwania:

15 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Przed dodaniem oleju napięcie powierzchniowe wody było równoważone we wszystkich kierunkach. Olej i woda nie mieszają się. Kiedy na środku plamki olejowej położy się odrobinę mydła, rozpuszcza się ono w wodzie, obniżając jej napięcie powierzchniowe. Dzięki temu większe napięcie powierzchniowe na zewnętrznym obwodzie plamki rozciąga ją w kierunku brzegów szklanki.

Literatura:

R. J. Brown: „200 doświadczeń dla dzieci”, Prószyński i S-ka W-wa 1999.

S.6.11

Tytuł:

Igła na wodzie.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

naczynie z wodą, igła

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- na powierzchnię wody położyć kawałek bibułki, a na nią igłę,
- gdy bibułka nasiąknie wodą, utonie, igła zaś pozostanie na powierzchni wody.

Szacunkowy czas trwania:

10 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Powierzchnia wody zachowuje się jak cienka sprężysta błonka. Woda z trudem zwilża rzeczy metalowe, które znajdowały się w naszych rękach. Przedmioty takie są zwykle zatłuszczone, gdyż przejmują tłuszcz z naszych palców. Pod pływającą na powierzchni wody igłą tworzy się ledwie dające się zauważyć wgłębienie. Woda, dążąc do wyrównania poziomu swej powierzchni, stara się wypełnić powstałe wgłębienie i w związku z tym ciśnię w górę, utrzymując igłę na powierzchni wody.

Literatura:

Z. K. Kostic: „Między zabawą a fizyką”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne W-wa 1967.

S.6.12

Tytuł:

Zapałki na wodzie.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

talerz z wodą, zapałki

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- na powierzchnię wody położyć zapałkę,
- drugą zapałką, najlepiej na osi pierwszej zapałki, tuż za nią, wprowadzić do wody odrobinę szamponu (płynu do mycia naczyń, płynu do prania).

Szacunkowy czas trwania:

5 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Dodanie szamponu lub innego środka myjącego czy piorącego zmniejsza napięcie powierzchniowe wody. Kurcząca się powierzchnia czystej wody o większym napięciu powierzchniowym gwałtownie pociąga zapałkę za sobą.

Literatura:

J. Domański: „Domowe zadania doświadczalne z fizyki”, Prószyński i S-ka W-wa 1999.

S.6.13

Tytuł:

Zapałki również lubią cukier.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

naczynie z wodą, zapałki, kawałek mydła, kostka cukru

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- połamać kilka zapalek,
- otrzymane kawałki ułożyć w kształcie koła na powierzchni wody w ten sposób, aby każdy kawałek był zwrócony w kierunku średnicy koła,
- środek tak utworzonego koła dotknąć kawałkiem mydła (część A),
- powtórzyć procedurę, lecz tym razem do środka koła włożyć kostkę cukru dotykając wodę tylko jedną jego krawędzią (część B).

Szacunkowy czas trwania:

15 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Po dotknięciu środka koła kawałkiem mydła zapalki zaczną uciekać ku brzegom naczynia. Spowodowane jest to faktem, że część mydła rozpuści się w wodzie, obniżając jej napięcie powierzchniowe i powodując ruch wody od środka ku brzegom naczynia.

Natomiast gdy cukier zetknie się z wodą, zacznie ją wchłaniać powodując przyptyw wody w kierunku środka naczynia, to jest w kierunku cukru. Prąd ten unosi z sobą zapalki w kierunku cukru.

Literatura:

Z. K. Kostic: „Między zabawą a fizyką”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne W-wa 1967.

S.6.14

Tytuł:

Karta na wodzie.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego oraz obniżanie napięcia powierzchniowego wody przy wykorzystaniu detergentu.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

duże, płaskie naczynie z wodą, mydło w kostce, dowolną zużytą kartę plastikową (karta telefoniczna, karta bankomatowa, plastikowe karty reklamowe).

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- w pierwszej części ćwiczenia kładziemy kartę ostrożnie na powierzchni wody tak, aby nie zatonała,
- w drugiej części ćwiczenia namydlamy jedną krawędź karty mydłem w kostce. Ważne jest, żeby na krawędzi karty znalazło się dużo mydła w stanie stałym.

Szacunkowy czas trwania:

10 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

W pierwszej części karta pozostaje w spoczynku. Karta położona na powierzchni cieczy nieco ją ugina, powodując zwiększenie pola powierzchni cieczy. Siły napięcia powierzchniowego, działając równolegle do zakrzywionej powierzchni powodują powstanie dodatkowej siły skierowanej pionowo w górę, której wartość jest wystarczająca dla zrównoważenia siły grawitacji działającej na płaską kartę.

W drugiej części ćwiczenia karta zaczyna płynąć. Kierunek i zwrot przepływu są ściśle określone – od krawędzi namydlonej do przeciwległej nienamydlonej krawędzi karty. Karta, której krawędź została namydlona doznaje wpływu działania różnych sił napięcia powierzchniowego: od strony namydlonej powstaje roztwór wody i mydła, a zatem siła napięcia powierzchniowego jest tam mniejsza (gdyż mydło obniża napięcie powierzchniowe wody), niż od strony nienamydlonej. Wypadkowa siła nada karcie przyspieszenie o zwrocie od namydlonej „rufy” do nienamydlonego „dziobu”.

Literatura:

Foton 96, Wiosna 2007, str.58.

S.6.15

Tytuł:

Sucha woda.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

szklanka z wodą, zmielony pieprz.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- spokojną powierzchnię wody ostrożnie posypać zmielonym pieprzem, aż do całkowitego jej zakrycia,
- czubkiem palca pomalą dotknij powierzchnię wody.

Szacunkowy czas trwania:

5 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Pieprz podwyższa napięcie powierzchniowe wody i palec nie jest zwilżany.

Literatura:

A. von Saan; „365 eksperymentów na każdy dzień roku”, Wydawnictwo REA W-wa 2005.

S.6.16

Tytuł:

Tendencja błony powierzchniowej do kurczenia się.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska napięcia powierzchniowego, którego skutkiem jest tendencja błony powierzchniowej cieczy do kurczenia się.

Wymagana wiedza ucznia:

oddziaływanie międzycząsteczkowe, napięcie powierzchniowe

Niezbędne przedmioty i materiały:

pierścień drucziany z pręcikiem do trzymania, nitka, roztwór mydła w wodzie.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- brak.

Przebieg ćwiczenia:

- do pierścienia druczianego przywiązać wzdłuż średnicy kawałek luźno zwisającej nitki,
- pierścień zanurzyć w roztworze mydła w wodzie,
- przerwać błonkę po jednej stronie nici przez nakłucie drucikiem.

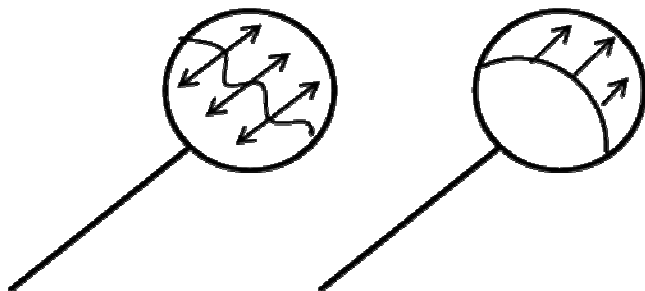
Pierścień należy trzymać w płaszczyźnie poziomej.

Szacunkowy czas trwania:

15 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Na pierścieniu powstaje błonka powierzchniowa. Nici zwisa luźno, gdyż siły napięcia powierzchniowego działają po obu stronach każdego elementu nici. Jeśli przerwiemy błonkę po jednej stronie nici, nici wygina się w łuk pod działaniem jednostronnie rozmieszczonych sił napięcia powierzchniowego.



Literatura:

T. Dryński: „Doświadczenia pokazowe z fizyki”, PWN W-wa 1964.

Jak Archimedes sprawił, że statki nie toną?

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni

U.6.06

Tytuł:

Wyznaczanie gęstości ciał stałych metodą hydrostatyczną.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie gęstości ciał stałych w postaci brył nieforemnych przy wykorzystaniu prawa Archimedesesa, które pozwala na pomiar objętości ciała zanurzonego w cieczy bez odwoływania się do jego rozmiarów geometrycznych.

Wymagana wiedza ucznia:

gęstość ciała, siła ciężkości, siła wyporu, prawo Archimedesesa, warunki pływania ciał.

Niezbędne przedmioty i materiały:

waga laboratoryjna, ciała o nieforemnych kształtach wykonane z różnych materiałów, ławeczka do ustawienia nad szalką wagi, zlewka, cienki drucik.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Zaleca się przestrzeganie następujących przepisów:

- wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi),

Przebieg ćwiczenia:

- wypoziomować wagę laboratoryjną,
- zważyć badane ciało,
- nad jedną szalką wagi ustawić ławeczkę tak, aby nie dotykała szalki,
- zlewkę napełnić cieczą (np. wodą) i postawić na ławeczce,
- badane ciało zawiesić na cienkim druciku (masę drucika uwzględnić tylko wtedy, gdy jest większa od czułości wagi) i zanurzyć w zlewce napełnionej cieczą,
- zważyć ciało zanurzone w cieczy,

- ważenia ciała w powietrzu i w cieczy dokonać co najmniej 3-krotnie,
- powyższe czynności powtórzyć dla wszystkich badanych ciał.

Szacunkowy czas trwania:

3x45 min = 2h15min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Wyznaczenie gęstości ciała ρ opiera się na wyznaczeniu masy m_s ciała (ważenie w powietrzu) oraz jego objętości V (ważenie ciała zanurzonego w cieczy): $\rho = \frac{m_s}{V}$.

Korzysta się z następujących zależności:

- ważenie w powietrzu $m_s g = m_1 g$,
- ważenie ciała zanurzonego w cieczy $m_s g - V \rho_c g = m_2 g$, gdzie wykorzystano prawo Archimedesesa,

przy czym:

m_s - masa badanego ciała,

m_1 - masa odważnika równoważącego to ciało w powietrzu,

m_2 - masa odważnika równoważącego to ciało w cieczy,

V - objętość badanego ciała,

ρ_c - gęstość cieczy, w której zanurzone jest ciało,

g - przyspieszenie ziemskie.

Literatura:

T. Dryński: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN W-wa 1977.

U.6.07

Tytuł:

Wyznaczanie gęstości cieczy za pomocą wagi Mohra.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie gęstości cieczy przy zastosowaniu wagi Mohra, która jest odmianą wagi belkowej. W ćwiczeniu wykorzystuje się prawo Archimedesesa. Pomiar gęstości

badanej cieczy jest pomiarem względnym, którego dokonuje się w oparciu o znajomość gęstości cieczy wzorcowej.

Wymagana wiedza ucznia:

gęstość ciała, siła ciężkości, siła wyporu, siła parcia, prawo Archimedesesa.

Niezbędne przedmioty i materiały:

waga Mohra, zlewka z cieczą wzorcową (np. wodą), termometr, zlewki z badanymi cieczami.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Zaleca się przestrzeganie następujących przepisów:

- wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi),

Przebieg ćwiczenia:

- starannie oczyszczony i osuszony nurek zawiesić na końcu dłuższego ramienia wagi Mohra,
- wyregulować wagę tak, aby kolce leżały na jednej prostej (po wypoziomowaniu nie przenosić wagi),
- zanurzyć nurek w zlewce z cieczą wzorcową (zwrócić uwagę, aby nie było na nim pęcherzyków powietrza) i zrównoważyć siłę parcia cieczy przez nakładanie koników na ramię wagi,
- znaleźć kilka położeń koników, dla których waga jest zrównoważona,
- zmierzyć temperaturę cieczy wzorcowej i z tablic odczytać gęstość cieczy dla zmierzonej temperatury,
- zanurzyć nurek w zlewce z badaną cieczą i zrównoważyć siłę parcia cieczy przez nakładanie koników na ramię wagi,
- znaleźć kilka położeń koników, dla których waga jest zrównoważona,
- zmierzyć temperaturę badanej cieczy,
- czynności powtórzyć dla wszystkich badanych cieczy.

Szacunkowy czas trwania:

3x45 min = 2h15min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Wyznaczanie gęstości za pomocą wagi Mohra sprowadza się do wyznaczenia masy cieczy wzorcowej w objętości ciała zanurzonego (w tym przypadku nurka) oraz masy cieczy badanej w tej samej objętości.

Waga Mohra składa się z podstawy zaopatrzonej w wysuwane ramię, na którym wspiera się belka wagi. Jedno ramię wagi jest podzielone na 10 równych części. Na jego końcu zawieszony jest na cienkim druciku nurek szklany. W miejscach podziału belki wykonane są nacięcia; w zagłębieniach tych nacięć zawieszają się specjalne ciężarki, tzw. koniki. Drugie ramię jest przeciwwagą, zaopatrzoną w zaostrowany koniec, który dochodzi do odpowiedniego ostrza ramki przyrządu. Uzupełnieniem wagi są ciężarki-koniki o masie 5g i 0.5g.

Po zawieszeniu nurka i wypoziomowaniu wagi zanurza się nurka w zlewce z cieczą wzorcową. Równowaga układu zostaje naruszona wskutek działania ku górze siły wyporu wywieranej przez ciecz wzorcową na nurek. Siła ta zostanie zrównoważona przez zawieszenie na ramieniu dźwigni koników w takiej ilości, że ich ciężar będzie równy ciężarowi wypartej przez nurek cieczy, a ich masa będzie równa masie m_w cieczy wzorcowej. Masę koników równoważących otrzymuje się sumując iloczyny położenia konika i jego masy. Analogicznie wyznacza się masę m_c badanej cieczy w objętości nurka.

Gęstość ρ_c cieczy wyraża się wzorem:

$$\rho_c = \frac{m_c}{m_w} \rho_w,$$

Gdzie:

m_c - masa cieczy w objętości nurka,

m_w - masa cieczy wzorcowej w tej samej objętości,

ρ_w - gęstość cieczy wzorcowej.

Literatura:

T. Dryński: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN W-wa 1977.

Jak światło zamienić na prąd elektryczny?

Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach

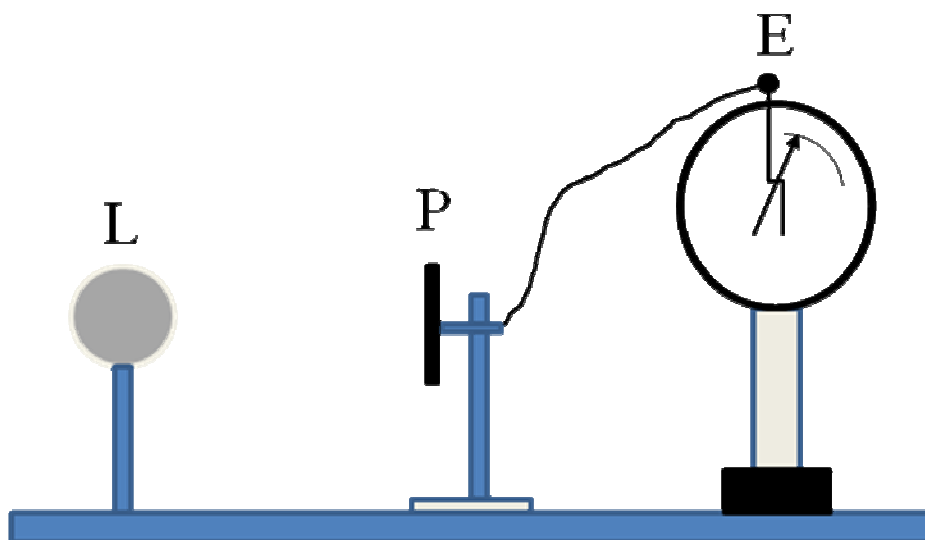
S.6.17

Tytuł:

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest demonstracja zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego. Pokaz jakościowy zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego przeprowadza się za pomocą układu przedstawionego na rysunku. Padające na połączoną z elektroskopem płytkę cynkową (praca wyjścia $W = 4,3 \text{ eV}$) światło wybija elektrony, czego widocznym rezultatem jest zachowanie się listków elektroskopu. Płytkę cynkową zostaje naelektryzowana ujemnie (część A) lub dodatnio (część B), a następnie oświetlona lampą kwarcową emitującą promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu nadfioletu i z zakresu światła widzialnego. Padające na połączoną z elektroskopem płytkę cynkową światło wybija elektrony. Widocznym rezultatem zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego jest zachowanie się listków elektroskopu.



Opis zjawiska:

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne polega na wybijaniu elektronów z powierzchni różnych metali pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego. Natężenie prądu fotoelektrycznego, a tym samym liczba fotoelektronów wybijanych w jednostce czasu jest proporcjonalna do natężenia oświetlenia, przy czym emisja elektronów zachodzi bez jakiegokolwiek opóźnienia. Maksymalna energia kinetyczna fotoelektronów nie zależy od natężenia oświetlenia, a jedynie od rodzaju materiału i częstotliwości padającego nań promieniowania.

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne to wynik oddziaływania pojedynczych fotonów z elektronami swobodnymi w metalu. Wybicie elektronu z powierzchni metalu jest następstwem pochłonięcia jednego fotonu, którego energia $h\nu_0$ jest co najmniej równa **pracy wyjścia** W , czyli minimalnej energii, jaką musi uzyskać elektron, by opuścić powierzchnię metalu:

$$h\nu_0 = W. \quad (1)$$

Istnienie pracy wyjścia tłumaczy występowanie dla każdego metalu granicznej częstotliwości ν_0 promieniowania, poniżej której nie obserwuje się zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego, gdy energia fotonu jest mniejsza od pracy wyjścia danego metalu.

Gdy energia fotonu jest większa od pracy wyjścia ($h\nu > W$), część energii zostanie zużyta na wybicie elektronu z metalu, a jej nadmiar zmagazynowany w postaci energii kinetycznej elektronu. Zachodzi związek:

$$h\nu = E_{k \max} + W, \quad (2)$$

gdzie $E_{k \max}$ jest energią kinetyczną najszybszych elektronów opuszczających powierzchnię metalu.

Energię kinetyczną $E_{k \max} = \frac{mv^2}{2}$ fotoelektronów można obliczyć w oparciu o znajomość napięcia opóźniającego ich ruch. Natężenie prądu fotoelektronów maleje bowiem ze wzrostem napięcia opóźniającego, a przy pewnej wartości, zwanej **napięciem hamowania** U_h , natężenie prądu spada do zera. Maksymalna energia kinetyczna fotoelektronów, równa pracy wykonanej przez siły pola elektrycznego hamujące całkowicie ich ruch, dana jest wzorem:

$$\frac{mv^2}{2} = eU_h. \quad (3)$$

Efekt fotoelektryczny jest powszechnie wykorzystywany w fotokomórkach, bateriach słonecznych, fotopowielaczach, elementach CCD w aparatach cyfrowych, fotodiodach itd.

Pochłaniane przez te urządzenia światło wykorzystywane jest do wytwarzania prądu elektrycznego i generowania ładunku, którego ilość można zmierzyć. Zjawisko fotoelektryczne jest także wykorzystywane przy odtwarzaniu ścieżki dźwiękowej filmu.

Wymagana wiedza ucznia:

zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne, sposoby elektryzowania ciał.

Niezbędne przedmioty i materiały:

elektroskop, lampa kwarcowa, płytkę cynkową, statyw izolacyjny, elektroda żelazna, płytkę szklaną, pałeczka ebonitowa, pałeczka szklana, sukno, papier.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- Ze względu na wysoką temperaturę należy zachować ostrożność podczas pracy z lampą kwarcową.
- Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi).

Przebieg ćwiczenia:

- Połączyć elementy układu przedstawionego na rysunku.
- Płytkę cynkową P o powierzchni dobrze oczyszczonej papierem ściernym ustawić na statywie izolacyjnym i połączyć z elektroskopem E.
- Przed płytką ustawić lampę kwarcową L.

Część A.

- Naelektryzować płytkę oraz połączony z nią elektroskop ujemnie za pomocą pałeczki ebonitowej pocierając pałeczkę sukrem.
- Zwrócić uwagę, że elektroskop pozostaje naładowany, listki elektroskopu nie opadają.
- Włączyć lampę i obserwować jak maleje ładunek elektroskopu (listki elektroskopu opadają).
- Między płytkę cynkową a lampę wstawić płytkę szklaną i obserwować listki elektroskopu.
- Usunąć płytkę szklaną i obserwować ponowne opadanie listków.

Część B.

- Naelektryzować płytkę oraz połączony z nią elektroskop dodatnio za pomocą pałeczki szklanej pocierając ją papierem.
- Zwrócić uwagę, że elektroskop pozostaje naładowany, listki elektroskopu nie opadają.
- Włączyć lampę i obserwować, że ładunek elektroskopu nie zmienia się (listki elektroskopu nie opadają).

Szacunkowy czas trwania:

20 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Część A.

Kwanty promieniowania nadfioletowego wybijają z płytki cynkowej elektrony, wskutek czego ładunek ujemny płytki, a zarazem ładunek elektroskopu, zmniejsza się. Jeśli na drodze promieniowania ustawi się płytkę szklaną, listki elektroskopu przestają opadać. Oznacza to, że przy przechodzeniu światła przez płytkę szklaną ulega pochłonięciu składowa odpowiedzialna za efekt fotoelektryczny zewnętrzny.

Część B.

Przy naelektryzowaniu płytki (i elektroskopu) ładunkiem dodatnim i oświetlaniu jej lampą kwarcową stwierdza się, że elektroskop nie wykazuje utraty ładunku (ewentualnie bardzo nieznaczną, wywołaną jonizacją powietrza). Wybite przez światło elektrony nie mogą oddalić się od dodatnio naładowanej płytki, wracają i nie obserwuje się zmiany w wychyleniu listków elektroskopu.

Literatura:

H. Szydłowski: „Pracownia fizyczna”, PWN W-wa 1996.

T. Dryński: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN W-wa 1977.

J. W. Sawieliew: „Kurs fizyki” t.2, PWN W-wa 1989.

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: „Podstawy fizyki”, t.5, Wydawnictwo Naukowe PWN W-wa 2003.

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni

U.6.08

Tytuł:

Badanie charakterystyk fotodiody.

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest ilościowy opis efektu fotoelektrycznego przy wykorzystaniu fotodiody, czyli urządzenia, w którym pochłaniane światło wykorzystywane jest do wytwarzania prądu elektrycznego i generowania ładunku. W ćwiczeniu badana jest zależność natężenia prądu fotodiody od jej odległości od źródła światła, od barwy światła oraz od napięcia zasilającego źródło światła.

Wymagana wiedza ucznia:

zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne i wewnętrzne, budowa metali i półprzewodników.

Niezbędne przedmioty i materiały:

fotodioda, źródło światła, woltomierz, amperomierz, filtry barwne: fioletowy, czerwony, pomarańczowy.

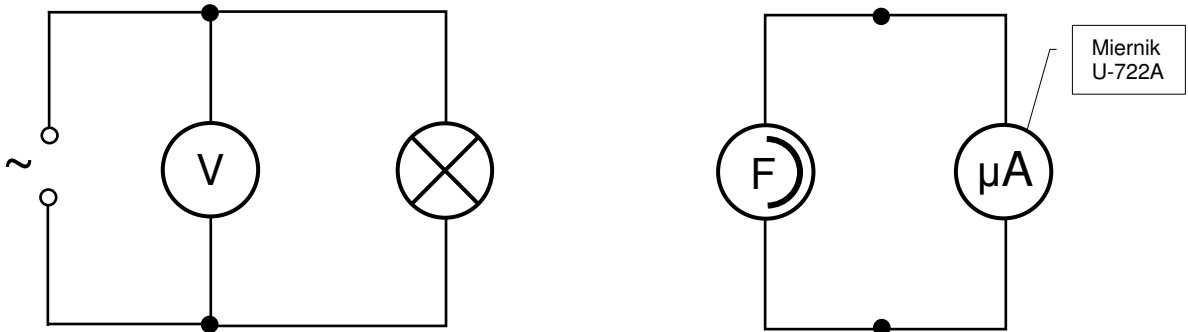
Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Na stanowisku ćwiczeniowym występuje określone zagrożenie dla zdrowia pochodzące głównie od źródeł zasilania elektrycznością. W związku z powyższym zaleca się przestrzeganie następujących przepisów:

- obwody elektryczne w zestawach ćwiczeniowych należy łączyć zgodnie ze schematami podanymi w instrukcjach ćwiczeniowych,
- uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia,
- wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi),

Przebieg ćwiczenia:

- połączyć obwód według schematu.



Badanie zależności prądu fotodiody od odległości fotodiody od źródła światła ($U_z = \text{const}$).

- ustawić napięcie źródła światła $U_z = 200 \text{ V}$ i zmierzyć zależność natężenia płynącego prądu I_f od odległości d fotodiody od źródła światła ($d_{\text{min}} \approx 25 \text{ cm}$).

Badanie zależności prądu fotodiody od barwy światła.

- między fotodiody i źródłem światła wstawić filtr,

- ustawić napięcie źródła światła $U_z = 200 \text{ V}$ i zmierzyć zależność natężenia płynącego prądu I_f od odległości d fotodiody od źródła światła ($d_{\text{min}} \approx 25 \text{ cm}$).

Pomiary wykonać dla wszystkich filtrów: fioletowego, czerwonego i pomarańczowego.

Badanie zależności prądu fotodiody I_f od napięcia zasilania żarówki U_z ($U_{z \text{ max}} = 220 \text{ V}$).

- ustawić diodę w odległości d ,

- dla wybranej odległości zmierzyć zależność natężenia płynącego prądu I_f od napięcia zasilania żarówki. Pomiary wykonać dla trzech różnych odległości d ($d_{\text{min}} \approx 25 \text{ cm}$).

Opracowanie wyników.

- wykreślić zależność $I_f (d^{-2})$,

- wykreślić zależność $I_f (d^{-2})$ dla każdego filtru,

- wykreślić zależność: $I_f (U_z)$.

Szacunkowy czas trwania:

3 x 45min = 2 h15 min

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Działanie fotodiody opiera się na efekcie fotoelektrycznym wewnętrznym, w którym energia padającego fotonu jest całkowicie pochłaniana przez elektron, który nie jest jednak uwalniany, jak to ma miejsce w zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym, lecz po uzyskaniu dodatkowej energii przenosi się do pasma przewodnictwa zmieniając tym samym właściwości elektryczne materiału. Zjawisko to zachodzi tylko wówczas, gdy energia fotonu jest większa, niż wynosi szerokość pasma wzbronionego (odległość energetyczna między pasmem walencyjnym a pasmem przewodnictwa).

Zależność prądu fotodiody od jej odległości od źródła światła $I_f (d^{-2})$, jest zależnością liniową. Ewentualne odstępstwa od liniowości mogą spowodowane być niepunktowym charakterem źródła światła. Opisywana zależność sprawdzana jest również po ustawieniu między fotodiodą a źródłem światła filtru barwnego.

Literatura:

H. Szydlowski: „Pracownia fizyczna”, PWN W-wa 1996.

T. Dryński: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN W-wa 1977.

J. W. Sawieliew: „Kurs fizyki” t.2, PWN W-wa 1989.

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: „Podstawy fizyki”, t.5, Wydawnictwo Naukowe PWN W-wa 2003.

Symbol i tytuł ćwiczenia strona

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni

U.6.01

Ochrona radiologiczna przed promieniowaniem jonizującym. 2

U.6.02

Pomiar skażeń promieniotwórczych wody lub powietrza. 6

U.6.03

Fizyka u lekarza. 9

Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach

S.6.01

Dlaczego statki pływają i toną? Czemu w Morzu Martwym nie można utonąć. 17

S.6.02

Dlaczego samolot lata, mosty zapadają się a dachy domów fruwią? 23

S.6.03

Jak zagotować zimną wodę? 29

Symbol i tytuł ćwiczenia strona

Jak wykorzystać opór powietrza i czy kropla deszczu może przekroczyć prędkość dźwięku?

Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach 31

S.6.04

Swobodne spadanie I 32

S.6.05

Swobodne spadanie II. 33

S.6.06

Pomiar oporu lepkości. 34

S.6.07	
Ruch warstewek cieczy w zjawisku lepkości.	36
S.6.08	
Ruch kulek stalowych w cieczach o różnej lepkości.	37
<u>Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni</u>	
U.6.04	
Wyznaczanie współczynnika lepkości cieczy za pomocą wiskozymetru Stokesa.	39
U.6.05	
Pomiar oporu powietrza.	43
Jak można chodzić po wodzie?	
<u>Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach</u>	
S.6.09	
„Moczenie” wody.	46
S.6.10	
„Pościg” za olejem.	47
S.6.11	
Igła na wodzie.	48
S.6.12	
Zapałki na wodzie.	49
S.6.13	
Zapałki również lubią cukier.	50
S.6.14	
Karta na wodzie.	52
S.6.15	
Sucha woda.	53
S.6.16	
Tendencja błony powierzchniowej do kurczenia się.	54

Jak Archimedes sprawił, że statki nie toną?

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni

U.6.06

Wyznaczanie gęstości ciał stałych metodą hydrostatyczną. 56

U.6.07

Wyznaczanie gęstości cieczy za pomocą wagi Mohra. 57

Jak światło zamienić na prąd elektryczny?

Opis doświadczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach

S.6.17

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne. 60

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na Uczelni

U.6.08

Badanie charakterystyk fotodiody. 64