

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 2: Energia i jej przemiany

dr Maciej Rybczyński

*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

Do przygotowania pakietu wykorzystano materiały zawarte w pakietach: 2 (UJ) pod redakcją prof. dr. hab. Krzysztofa Fiałkowskiego, 3 (UJK) pod redakcją dr Małgorzty Wysockiej-Kunisz oraz 7 (UR) pod redakcją dr. hab. Czesława Kizowskiego.

Spis treści

POTENCJALNE ZAGROŻENIA, ZASADY BHP	4
DOŚWIADCZENIA DO REALIZACJI W SZKOLE	5
<i>S.2.01 Zabawa w kowala.....</i>	6
<i>S.2.02 Praca i droga</i>	8
<i>S.2.03 Wahadło.....</i>	10
<i>S.2.04 Przekaz energii wahadła wózkowi</i>	12
<i>S.2.05 Odbijanie piłki.....</i>	13
<i>S.2.06 Ślady upadku</i>	15
<i>S.2.07 Energia grawitacyjna i sprężysta</i>	16
<i>S.2.08 Zatrzymanie ruchu w wyniku tarcia</i>	18
<i>S.2.09 Zależność siły tarcia od masy i ustawienia ciała.....</i>	19
<i>S.2.10 Siły oporu powietrza</i>	21
<i>S.2.11 Przekazywanie energii wewnętrznej w wodzie.....</i>	23
<i>S.2.12 Bilans cieplny.....</i>	25
<i>S.2.13 Zamiana energii mechanicznej na wewnętrzną.....</i>	27
<i>S.2.14 Siły elektrostatyczne</i>	28
<i>S.2.15 Czas gotowania wody.....</i>	29
<i>S.2.16 Podgrzewanie bez źródła ciepła</i>	31
DOŚWIADCZENIA DO WYKONANIA NA UCZELNI	33
<i>U.2.01 Wahadło</i>	34
<i>U.2.02 Rozpalanie ognia wiertarką.....</i>	36
<i>U.2.03 Ciepło topnienia lodu.....</i>	38
<i>U.2.04 Badanie ruchu pod wpływem siły sprężystości.....</i>	42
<i>U.2.05 Ciepło właściwe wody</i>	46
<i>U.2.06 Pomiar stosunku c_p/c_v powietrza metoda Desormes'a - Clementa.....</i>	50
LITERATURA.....	53

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP

Przy wykonywaniu wielu ćwiczeń konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności i przestrzeganie zasad bezpieczeństwa. Przy posługiwaniu się źródłami zasilania sieciowego, łatwopalnymi materiałami (np. denaturat lub nafta), grzałkami, gorącymi cieczami występuje zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia. Przy wykonywaniu ćwiczeń w pracowniach należy przestrzegać obowiązującego w nich regulaminu BHP. Wykonywanie niektórych doświadczeń w domu jest możliwe, ale tylko po konsultacji z nauczycielem i pod nadzorem osoby dorosłej. W związku z powyższym zaleca się przestrzeganie następujących zasad:

- 1) Nie wolno włączać zasilania sieciowego ani uruchamiać przyrządów doświadczalnych bez zgody prowadzącego zajęcia.
- 2) Elementy zestawów ćwiczeniowych należy łączyć zgodnie ze schematami podanymi w instrukcjach, szczególną uwagę zwracając na poprawność połączeń obwodów elektrycznych.
- 3) Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi). W razie potrzeby stosować rękawice, odzież ochronną lub inne niezbędne środki ochrony osobistej.
- 4) Należy zachować szczególną ostrożność podczas pracy z:
 - a) grzejnikami i ciałami podgrzanyymi do wysokiej temperatury,
 - b) cieczami łatwopalnymi i odczynnikami chemicznymi,
 - c) ostrymi narzędziami lub przedmiotami - w miarę potrzeby stosować rękawice ochronne,
 - d) przedmiotami ciężkimi, kruchymi albo łatwo tłukącymi się,
 - e) laserem - nie dopuścić do wprowadzenia wiązki światła do nieosłoniętego oka,
 - f) izotopami promieniotwórczymi - preparaty należy prawidłowo umieszczać pod licznikiem.
- 5) Doświadczenia należy wykonywać w pomieszczeniach, w których jest zapewniona właściwa wentylacja.
- 6) O powstałych w czasie wykonywania ćwiczeń wątpliwościach należy informować prowadzącego zajęcia.



Taka ikonka znajduje się przy ćwiczeniach wymagających zachowania ostrożności.

DOŚWIADCZENIA DO REALIZACJI W SZKOLE

S.2.01 Zabawa w kowala

Niezbędne przedmioty i materiały

Dwa młotki (najlepiej duży i mały), około 20cm drutu żelaznego (grubości 3-5mm), gruba, drewniana deska, okulary ochronne.

Przebieg doświadczenia

- Zakładamy okulary ochronne. Kładziemy na podłodze drewnianą deskę, a na niej na boku duży młotek, który będzie pełnił rolę kowadła.
- Na kowadle kładziemy żelazny drut i uderzamy zdecydowanie w jego końcówkę.
- Po kilku silnych uderzeniach dotykamy końcówki drutu.
- Uderzamy ponownie kilkadziesiąt razy w to samo miejsce drutu, a następnie szybko wkładamy go do naczynia z wodą.

Forma zapisu wyników

Notatki

Wyniki i wnioski

Po kilku silnych uderzeniach odczuwamy, że końcówka drutu jest ciepła. Po kilkudziesięciu uderzeniach i po włożeniu drutu do wody, możemy usłyszeć syk. Energia potencjalna, jaką uzyskuje młotek przy podnoszeniu go do góry, została zamieniona w czasie spadania młota na energię kinetyczną. W momencie uderzenia energia została przekazana do wnętrza pręta i spowodowała, że atomy żelaza zaczęły silniej drgać. Nastąpił wzrost energii wewnętrznej pręta, o czym świadczy wzrost jego temperatury. Zatem energię wewnętrzną ciała możemy zwiększyć wykonując pracę.

S.2.02 Praca i droga

Niezbędne przedmioty i materiały

Siłomierz, ciężarek z zaczepem, statyw, bloczek, mocna nitka.

Przebieg doświadczenia

- Podnieś powoli zawieszony na siłomierzu ciężarek o masie m (np. $0,1$ kg) na wysokość h . (np. $0,5$ m) Jakie były wskazania siłomierza? Jaką pracę wykonałeś?
- Teraz zawieś ciężarek na nitce przełożonej przez umocowany do statywu bloczek i pociągnij nitkę siłomierzem w dół tak, aby podnieść ciężarek na tę samą wysokość. Porównaj wyniki.
- Na koniec zawieś ciężarek na lekkim bloczku, przez który przełożono nitkę umocowaną jednym końcem do statywu a drugim końcem do siłomierza i podnieś siłomierz tak, aby ciężarek podniósł się znów o h . O ile musiałeś podnieść siłomierz i jakie były jego wskazania? Jaką pracę wykonałeś?

Forma zapisu wyników

Tabela wskazań siłomierza.

Wyniki i wnioski

Dla podanych wartości m i h siłomierz wskazywał około 1 N i wykonałeś pracę $0,5\text{ J}$. Przy podnoszeniu ciężarka przez bloczek wyniki powinny być bardzo podobne, jeśli można pominąć siły tarcia, o których będzie mowa w rozdziale 5. Przy podnoszeniu ciężarka zawieszzonego na bloczku siłomierz musimy podnieść o 1 m , aby podnieść ciężarek o $0,5\text{ m}$. Siłomierz powinien przy tym wskazywać około $0,5\text{ N}$ (jeśli bloczek jest lekki w porównaniu z ciężarkiem), więc wykonana praca będzie znów równa

S.2.03 Wahadło

Niezbędne przedmioty i materiały

Ciężarek z zaczepem, statyw, mocna nitka, stoper.

Przebieg doświadczenia

- Sporządź wahadło, zawieszając na dość długiej nitce niewielki ciężarek.
- Wykonaj serię obserwacji wychylając wahadło pod różnymi, ale zawsze niewielkimi kątami i mierząc czas powrotu do pierwotnego położenia (zmierz czas np. dziesięciu wahaniec aby zmniejszyć niepewność). Co zaobserwowałeś?

Forma zapisu wyników

Tabela czasów dla różnych wychyleń.

Wyniki i wnioski

Czas wahaniec nie zależy znacząco od kąta wychylenia. W najwyższym położeniu ciężarek spoczywa, więc cała jego energia to energia potencjalna, która jest tym większa, im wyższy jest kąt wychylenia. Zatem równa tej energii energia kinetyczna w najniższym punkcie toru ciężarka także rośnie z kątem wychylenia. Im bardziej wychylamy wahadło, tym szybciej przyspiesza ono, aby osiągnąć większą szybkość w

najniższym punkcie toru. Ten wzrost szybkości kompensuje wydłużenie toru dla większych kątów wychylenia. Dokładne wyjaśnienie, dlaczego ta kompensacja jest tak dokładna dla niewielkich wychyleń, wynika ze szczegółowego opisu matematycznego ruchu wahadła.

S.2.04 Przekaz energii wahadła wózkowi

Niezbędne przedmioty i materiały

Ciężarek z zaczepem, statyw, mocna nitka, wózek.

Przebieg doświadczenia

Położ pod punktem zawieszenia wahadła wózek o masie zbliżonej do masy ciężarka tak, aby ciężarek puszczony po wychyleniu uderzył w wózek. Co widzisz?

Forma zapisu wyników

Notatki.

Wyniki i wnioski

Po uderzeniu ciężarek odbija się, jeśli był lżejszy, lub zwalnia, jeśli był cięższy; dla zbliżonej wartości mas ciężarek może się zatrzymać. Wózek toczy się tym szybciej, im silniej wychyliliśmy wahadło. Zatem ciężarek przekazał wózkowi całość lub część swojej energii kinetycznej. Ta przekazana energia jest równa (lub proporcjonalna do) pierwotnej energii potencjalnej, a zatem tym większa, im większe było wychylenie. Ułamek energii przekazany przez ciężarek wózkowi zależy tylko od stosunku ich mas i jest największy (równy jedności), jeśli masy są równe.

S.2.05 Odbijanie piłki

Niezbędne przedmioty i materiały

Piłka z twardej gumy.

Przebieg doświadczenia

- Puść piłkę z twardej gumy na podłogę z wysokości blatu stołu.
- Zaobserwuj, na jaką wysokość podskoczy po odbiciu.
- Teraz lekko rzuć ją w dół z tej samej wysokości. Co zaobserwowałeś?
- A teraz rzuć ją równie lekko w górę. Co widzisz?

Forma zapisu wyników

Notatki.

Wyniki i wnioski

Piłka odbija się na wysokość nieco mniejszą, niż ta, z której została upuszczona. Skoro jej energia zmalała, to widocznie przy odbiciu przekazała część energii podłodze (a w gruncie rzeczy jeszcze większą część przejęła na podgrzanie w wyniku odkształcenia, o czym będzie mowa później). Jeśli piłkę rzucimy, to dodatkowa energia kinetyczna pozwoli jej na odbicie na pierwotną wysokość, lub nawet wyżej. (Jeśli będziemy ją

„klepali” w najwyższym punkcie, to może stale odbijać się na jednakową wysokość - „kozłowanie”). Jeśli rzucimy w górę z tą samą szybkością, to odbije się na tę samą wysokość, bo energia kinetyczna nie zależy od zwrotu prędkości.

S.2.06 Ślady upadku

Niezbędne przedmioty i materiały

Miseczka, mąka, piłeczka pingpongowa, piłeczka gumowa, kulka metalowa

Przebieg doświadczenia

- Wypełnij miseczkę mąką lub suchym piaskiem na głębokość co najmniej 5 cm.
- Upuść na nią piłeczkę pingpongową z wysokości 10, 20, 30, 40 i 50 cm.
- Porównaj głębokości, na jakie zagłębiła się.
- Powtórz doświadczenie z piłeczką gumową o identycznej wielkości, a potem z kulką szklaną albo metalową.

Forma zapisu wyników

Tabela głębokości śladów.

Wyniki i wnioski

Piłeczka zagłębia się na głębokość tym większą, im większa była wysokość, z której ją upuszczono. Głębokość rośnie także z masą piłeczki. Jeśli jednak zmienimy rozmiary piłeczki, okaże się, że mała kulka zagłębia się bardziej, niż duża o tej samej masie i upuszczona z tej samej wysokości. Nie można więc używać tej głębokości jako miary energii kinetycznej w chwili upadku.

S.2.07 Energia grawitacyjna i sprężysta

Niezbędne przedmioty i materiały

Sprężyna, kulki metalowe, długa linijka.

Przebieg doświadczenia

- Ustaw pionowo sprężynę, a obok niej linijkę.
- Połóż na niej kulkę metalową.
- Zmierz odległość x między położeniem końca sprężyny przed- i po położeniu kulki.
- Naciśnij kulkę tak, aby "skrócenie" wzrosło dwukrotnie.
- Puść kulkę.
- Zmierz wysokość, na jaką polecą.
- Sprawdź, jak wyniki zależą od masy kulki.

Forma zapisu wyników

Tabela zmierzonych długości sprężyny i wysokości lotu kulki.

Wyniki i wnioski

Energia grawitacyjna kulki położonej na sprężynie jest o $\Delta E = mgx$ mniejsza, niż w momencie dotknięcia sprężyny. Ta różnica energii jest równa energii sprężystości $E_p = kx^2/2$. Dwukrotnie większe odkształcenie sprężyny zwiększa czterokrotnie energię sprężystości, więc kulka powinna polecieć na wysokość $4x$ od momentu puszczenia (czyli $3x$ od położenia równowagi). Zmiana masy kulki powinna zmienić wartość $x = mg/k$, ale nie stosunek wysokość lotu kulki do x .

S.2.08 Zatrzymanie ruchu w wyniku tarcia

Niezbędne przedmioty i materiały

Ciężarek z zaczepem, statyw, mocna nitka, wózek, linijka.

Przebieg doświadczenia

W opisanym powyżej doświadczeniu S.2.03 zbadaj, jak zależy droga przebyta przez wózek do momentu zatrzymania od wysokości, na którą podnieśliśmy ciężarek przy wychylaniu wahadła.

Forma zapisu wyników

Tabela wartości wysokości wahadła i drogi przebywanej przez wózek.

Wynik i wnioski

Siła tarcia nie zależy od prędkości, to wykonana praca jest proporcjonalna do przebytej drogi. Pierwotna energia potencjalna jest proporcjonalna do wysokości, na którą podniesiono ciężarek wychylonego wahadła. Zatem przebyta droga powinna być proporcjonalna do tej wysokości.

S.2.09 Zależność siły tarcia od masy i ustawienia ciała

Niezbędne przedmioty i materiały

Siłomierz, dwa klocki z zaczepami, drobnoziarnisty papier ścierny.

Przebieg doświadczenia

- Przyczep siłomierz do klocka i odczytaj wskazania przy jednostajnym ciągnięciu po powierzchni stołu.
- Następnie weź drugi identyczny klocek i przyczep do pierwszego, a potem znów odczep i połóż na pierwszym. Jak zmienią się wskazania siłomierza w tych przypadkach?
- Porównaj wskazania siłomierza przy ciągnięciu klocka położonego na stole większą i mniejszą powierzchnią oraz na stole odsłoniętym i przykrytym papierem ściernym.

Forma zapisu wyników

Tabela wskazań siłomierza.

Wynik i wnioski

W obu przypadkach ciągnięcia dwóch klocków siłomierz wskaże w przybliżeniu dwukrotnie większą siłę, niż dla jednego klocka. Wynika to wprost z wspomnianej proporcjonalności siły tarcia do składowej siły ciężkości prostopadłej do powierzchni stołu. Dla dwóch klocków siła ta jest dwukrotnie większa i wtedy, gdy leżą na sobie, i wtedy, gdy są przyczepione do siebie. Obrócenie klocka na większy lub mniejszy bok też nie wpływa na wskazania. Natomiast pokrycie stołu papierem ściernym zwiększa znacznie siłę oporu, bo dla takiego materiału znacznie większy jest współczynnik tarcia.

S.2.10 Siły oporu powietrza

Niezbędne przedmioty i materiały

Zeszyt i dwie wyrwane z niego kartki papieru.

Przebieg doświadczenia

- Weź dwie identyczne kartki papieru.
- Wypuść obie równocześnie z ręki, jedną trzymaną poziomo, a drugą pionowo. Która spadła szybciej?
- Teraz kartkę trzymaną pionowo zgnieć w kulkę i wypuść obie równocześnie z ręki. Która spadnie szybciej na podłogę?
- Teraz weź zeszyt, z którego pochodziły kartki i wypuść go z ręki równocześnie z pojedynczą kartką. Co spadnie szybciej?

Forma zapisu wyników

Notatki.

Wynik i wnioski

Kartka trzymana pionowo spadła szybciej, niż trzymana poziomo (choć zapewne obróci się w trakcie spadania i znacznie zwolni), zmięta kartka spadła szybciej, niż gładka, a zeszyt szybciej niż pojedyncza kartka. Wynika to z faktu, że siła oporu powietrza zależy głównie od rozmiarów ciała w kierunkach poprzecznych do ruchu, a siła grawitacji od masy.

S.2.11 Przekazywanie energii wewnętrznej w wodzie

Niezbędne przedmioty i materiały

Probówka, statyw z uchwytem, palnik, woda.

Przebieg doświadczenia

- Nalej prawie do pełna do probówki (nie krótszej niż 20 cm) zimnej wody z kranu i trzymając ją blisko dna podstaw górną część probówki pod płomień palnika.
- Dotknij dna naczynia, gdy woda zacznie wrzeć.
- Uwaga: nie trzymaj probówki bezpośrednio palcami, ale w uchwycie albo przez grubą rękawicę, a wylot probówki skieruj "od siebie" i sprawdź, czy nikt nie stoi zbyt blisko.

 Wysoka temperatura - możliwość poparzenia.

Forma zapisu wyników

Notatki

Wynik i wnioski

Choć woda zacznie wrzeć, dno probówki pozostanie prawie zimne. Wynika stąd, że przekazywanie energii wewnętrznej od górnych do dolnych warstw wody jest bardzo wolne, jeśli nie następuje mieszanie, a gorąca woda jest mniej gęsta od zimnej, więc pozostaje w górnej części probówki.

S.2.12 Bilans cieplny

Niezbędne przedmioty i materiały

Kalorymetr, menzurka lub waga, naczynie, palnik, termometr, woda lub olej.

Przebieg doświadczenia

Sprawdź w kalorymetrze, że mieszanie wody (lub innej cieczy) o różnych temperaturach T_1 i $T_2 > T_1$ oraz różnych masach m_1 i m_2 daje zawsze w przybliżeniu temperaturę T , którą można wyliczyć z warunku

$$m_1(T-T_1)=m_2(T_2-T),$$

czyli

$$T=(m_2T_2+m_1T_1)/(m_1+m_2).$$

Zastanów się, jaką zmianę tego wyniku da uwzględnienie wymiany energii wewnętrznej z otoczeniem podczas wlewania cieczy do kalorymetru, jeśli T jest większe/mniejsze od temperatury pokojowej.

Forma zapisu wyników

Tabela mas i temperatur cieczy przed zmieszaniem i temperatury po zmieszaniu w kalorymetrze.

Wynik i wnioski

Zmierzona temperatura końcowa będzie nieco mniejsza od wyliczonej dla dużych T , a mniejsza dla małych, bo w pierwszym przypadku strata energii wewnętrznej gorącej wody będzie większa niż ewentualny zysk energii ogrzewanej przez powietrze wody zimnej (praktycznie ogrzewanej tylko na powierzchni), a w drugim przypadku pierwszy efekt będzie nieobecny albo znacznie słabszy. Uwaga: przy wysokich temperaturach najpoważniejszą zmianę wyniku może spowodować parowanie wody, które trudno ściśle uwzględnić, lepiej więc używać cieczy, które wolno parują, jak olej.

S.2.13 Zamiana energii mechanicznej na wewnętrzną

Niezbędne przedmioty i materiały

Termometr lekarski, pasek płótna lub gruby sznurek.

Przebieg doświadczenia

- Ogrzej termometr lekarski do temperatury ciała, a następnie owiń koniec termometru paskiem płótna lub sznurkiem i kilkakrotnie przesuń pocierając termometr. Co zaobserwujesz?
- Sprawdź, jak zmieni się wynik w zależności od czasu pocierania.

Forma zapisu wyników

Tabela wskazań termometru.

Wynik i wnioski

Wskazywana temperatura podniesie się, bo praca wykonana przy pocieraniu zwiększy energię wewnętrzną termometru. Wzrost temperatury jest w przybliżeniu proporcjonalny do czasu pocierania.

S.2.14 Siły elektrostatyczne

Niezbędne przedmioty i materiały

Statyw, nitka i dwa baloniki.

Przebieg doświadczenia

- Potrzyj tkaniną dwa jednakowe nadmuchane baloniki.
- Następnie zawieś je na nitkach blisko siebie. Co zaobserwujesz?
- Teraz obejmij jeden z baloników wilgotnymi rękami, a następnie znów zawieś blisko siebie. Co teraz zaobserwujesz?

Forma zapisu wyników

Notatki.

Wynik i wnioski

Nitki, na których wiszą baloniki, nie będą pionowe i równoległe. W pierwszym przypadku baloniki będą się odpychały, bo naładowano je jednakowym ładunkiem, a w drugim lekko przyciągały, bo na baloniku rozładowanym przez dotknięcie ładunek przemieści się tak, że bliżej balonika naładowanego zbierze się ładunek przeciwnego znaku.


S.2.15 Czas gotowania wody

Niezbędne przedmioty i materiały

Grzałka lub dwie, naczynie o pojemności 0,5 litra, woda, zegarek.

Przebieg doświadczenia

- Sprawdź, ile czasu zajmuje doprowadzenie do wrzenia 0,5 l wody grzałką.
- Jeśli masz dwie różne grzałki, sprawdź, jak czas zależy od mocy.
- Sprawdź, jak wynik zmieni się, jeśli garnek przykryjemy i owiniemy izolacją cieplną.
- Porównaj wyniki z przewidywaniami, w których pomijamy straty ciepłe na parowanie, przewodnictwo i promieniowanie.

 Urządzenie zasilane napięciem 230 V. Wysoka temperatura – możliwość oparzenia.

Forma zapisu wyników

Tabela czasów.

Wyniki i wnioski

Zagotowanie wody następuje po czasie odwrotnie proporcjonalnym do mocy grzałki. Dla mocy 1000 W to czas rzędu 5 minut. Przykrycie i owinięcie izolacją skraca ten czas o około jedną minutę. Energia potrzebna na ogrzanie wody to $E=4,2\text{kJ/kg/}1^{\circ}\text{C}\cdot 0,5\text{kg}\cdot 80^{\circ}\text{C}\approx 170\text{kJ}$, więc przy pominięciu strat grzałka dostarczy takiej energii w czasie $t=E/M=170\text{ s}$, czyli poniżej 3 minut.


S.2.16 Podgrzewanie bez źródła ciepła

Niezbędne przedmioty i materiały

Kawałek miedzianego drutu bez izolacji, o średnicy około 1 mm.

Przebieg doświadczenia

- Dociskamy do kciuka dowolny palec tej samej ręki.
- Wkładamy pomiędzy palce kawałek drutu trzymając go drugą ręką i szybko przeciągamy pomiędzy palcami.
- Łapiemy drut w dwie ręce i szybkimi ruchami zginamy go kilkakrotnie w połowie,
a następnie dotykamy tego miejsca.

 Wysoka temperatura - możliwość poparzenia.

Forma zapisu wyników

Notatki.

Wynik i wnioski

Wszyscy znają sposób na rozgrzewanie zmarzniętych dłoni przez ich wzajemne pocieranie. Przeciągając drut pomiędzy zaciśniętymi palcami lub zginając go powodujemy, że temperatura drutu rośnie.

W każdym z przypadków wykonujemy pracę związaną z pokonywaniem siły tarcia, która powoduje wzrost energii wewnętrznej ciała. Skutkiem tego jest wzrost temperatury trących o siebie ciał.

DOŚWIADCZENIA DO WYKONANIA NA UCZELNI

U.2.01 Wahadło

Cel ćwiczenia, opis

Pokazanie, że energia potencjalna przechodzi w energię kinetyczną. Zasada zachowania energii

Niezbędne przedmioty i materiały

Ciężarek z zaczepem, statyw, mocna nitka, stoper.

Przebieg doświadczenia

- Sporządź wahadło, zawieszając na dość długiej nitce niewielki ciężarek.



- Wykonaj serię obserwacji wychylając wahadło pod różnymi, ale zawsze niewielkimi kątami i mierząc czas powrotu do pierwotnego położenia (zmierz czas np. dziesięciu wahań aby zmniejszyć niepewność). Co zaobserwowałeś?

Forma zapisu wyników

Tabela czasów dla różnych wychyleń.

Wyniki i wnioski

Czas wahnięcia nie zależy znacząco od kąta wychylenia. W najwyższym położeniu ciężarek spoczywa, więc cała jego energia to energia potencjalna, która jest tym większa, im wyższy jest kąt wychylenia. Zatem równa tej energii energia kinetyczna w najniższym punkcie toru ciężarka także rośnie z kątem wychylenia. Im bardziej wychylamy wahadło, tym szybciej przyspiesza ono, aby osiągnąć większą szybkość w najniższym punkcie toru. Ten wzrost szybkości kompensuje wydłużenie toru dla większych kątów wychylenia. Dokładne wyjaśnienie, dlaczego ta kompensacja jest tak dokładna dla niewielkich wychyleń, wynika ze szczegółowego opisu matematycznego ruchu wahadła.

U.2.02 Rozpalanie ognia wiertarką

Cel ćwiczenia, opis


Pokazanie, że energię wewnętrzną ciała zmieniamy przez wykonanie pracy.

Niezbędne przedmioty i materiały

Wiertarka, zaostriżony pręt z twardego drewna o średnicy ok. 10mm, deska, trochę bardzo drobnych trocin z drewna.

Przebieg doświadczenia

- Mocujemy drewniany pręt w wiertarce w miejscu wiertła, a następnie dociskamy do deski.
- Uruchamiamy wiertarkę i ostrożnie posypujemy wokół pręta trochę trocin.

 Urządzenie zasilane napięciem 230 V. Wysoka temperatura – możliwość oparzenia.

Forma zapisu wyników

Notatki.

Wynik i wnioski

W czasie obrotów wiertarki wzrasta temperatura obu kawałków drewna, pojawia się dym, a trociny zaczynają się żarzyć. Dzięki wykonaniu pracy wzrosła energia wewnętrzna obu kawałków drewna.

U.2.03 Ciepło topnienia lodu

Cel ćwiczenia, opis

Wyznaczanie ciepła topnienia lodu.

Jeżeli ciało stałe o budowie krystalicznej ogrzewamy, to jego temperatura początkowo wzrasta, aż do temperatury topnienia. Dalsze ogrzewanie ciała nie zmienia jego temperatury, a jedynie powoduje jego stopniowe topnienie. Całe ciepło dostarczane do ciała jest zużywane na zmianę energii potencjalnej wzajemnego oddziaływania cząsteczek. Ich energia kinetyczna a więc i temperatura, nie zmienia się. Ciepło topnienia informuje nas, jaką ilość ciepła należy dostarczyć ciału o masie jednego kilograma, aby je całkowicie stopić bez zmiany temperatury. Jeżeli całe ciało stałe przejdzie już w stan ciekły, to przy dalszym dostarczaniu ciepła jego temperatura zaczyna wzrastać.

Jeżeli do kalorymetru z wodą o znanej masie m_w i temperaturze początkowej t_p , wrzucimy masę m_l topniejącego lodu (w temperaturze 0°C), lód roztopi się i ustali się temperatura końcowa t_k . Z jednej strony woda i kalorymetr oddają ciepło, z drugiej ciepło to zostaje pobrane najpierw na stopienie lodu, a następnie podgrzanie powstałej z niego wody, aż do ustalonej temperatury końcowej t_k . Możemy więc napisać bilans cieplny:

$$(m_w c_w + m_k c_k)(t_p - t_k) = m_l q_l + m_l c_w (t_k - 0^\circ\text{C}),$$

gdzie m_k i c_k są masą i ciepłem właściwym kalorymetru, a q_l jest ciepłem topnienia lodu.

Ciepło topnienia lodu jest więc równe:

$$q_l = \frac{(m_w c_w + m_k c_k)(t_p - t_k) - m_l c_w (t_k - 0^{\circ} C)}{m_l}.$$

Niezbędne przedmioty i materiały

Kalorymetr, waga z zestawem odważników lub elektroniczna, termometr laboratoryjny o zakresie temperatur od 0°C (lub niższej) do około 50°C, bibuła lub ręcznik papierowy, zlewka, kilka kawałków lodu, woda.

Przebieg doświadczenia

- Budujemy układ przedstawiony na fotografii.



- Wyznaczamy masę środkowego naczynia kalorymetru wraz z mieszadłem. Wynik umieszczamy w tabeli pomiarów.
- Do kalorymetru nalewamy wody (do około $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ wysokości kalorymetru) o temperaturze około 30-35°C.
- Wyznaczamy masę kalorymetru z wodą.
- Naczynie kalorymetru z wodą wkładamy do wnętrza kalorymetru.
- Obliczamy masę wody.
- Lód kruszymy na drobne kawałki, umieszczamy w zlewce i pozostawiamy do czasu, gdy zacznie się topić. Przyjmujemy, że temperatura lodu wynosi wówczas 0°C.
- Wkładamy termometr do wody w kalorymetrze i odczytujemy jej temperaturę (początkową).
- Wyjmujemy lód ze zlewki, osuszamy bibułą i szybko wrzucamy do kalorymetru. Ciepło topnienia lodu jest bardzo duże ($332 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$) więc wprowadzenie do kalorymetru lodu nawet z niewielką ilością wody powoduje duże błędy w bilansie cieplnym.
- Przykrywamy kalorymetr i starannie mieszamy mieszadłem wodę z lodem w kalorymetrze, aż do momentu całkowitego roztopienia się lodu. Co jakiś czas sprawdzamy, czy lód uległ stopieniu. Staramy się jak najdokładniej uchwycić moment całkowitego roztopienia się lodu.
- Odczytujemy wskazanie termometru, wyznaczając temperaturę końcową wody i kalorymetru.
- Ponownie ważymy kalorymetr z wodą w celu ustalenia masy wody powstałej z roztopionego lodu, a tym samym masy lodu.
- Pomiary powtarzamy 2-3 krotnie.
- Sporządzamy bilans cieplny i na jego podstawie wyznaczamy ciepło topnienia lodu

$$q_l = \frac{(m_w c_w + m_k c_k)(t_p - t_k) - m_l c_w (t_k - 0^\circ C)}{m_l},$$

gdzie c_w i c_k oznaczają odpowiednio ciepło właściwe wody oraz ciepło właściwe aluminium, z którego wykonany jest kalorymetr.

Wielkość fizyczna	Pomiar I	Pomiar II	Pomiar III
Ciepło właściwe wody c_w (J/kg·°C)			
Ciepło właściwe aluminium c_k (J/kg·°C)			
Masa naczynia kalorymetrycznego m_k (kg)			
Masa naczynia kalorymetrycznego z wodą m_k+m_w (kg)			
Masa wody m_w (kg)			
Temperatura początkowa wody i kalorymetru t_p (°C)			
Temperatura końcowa wody, kalorymetru i wody powstałej z lodu t_k (°C)			
Masa naczynia kalorymetrycznego z wodą oraz wodą powstałą z lodu $m_k+m_w+m_l$ (kg)			
Masa lodu m_l (kg)			
Ciepło topnienia lodu q_l (J/kg)			

- Za niepewność wszystkich wykonywanych w doświadczeniu pomiarów prostych masy i temperatury przyjmujemy niepewność systematyczną pomiaru – wartość działki elementarnej wagi lub najmniejszego odważnika (w zależności od typu stosowanej wagi) oraz wartość działki elementarnej użytego termometru. Ciepło właściwe wody i aluminium przyjmujemy, że znamy dokładnie.
- Obliczamy niepewność maksymalną Δq_l ciepła topnienia lodu metodą najmniej korzystnego przypadku (NKP).

U.2.04 Badanie ruchu pod wpływem siły sprężystości

Cel ćwiczenia, opis

Kształtowanie umiejętności wykorzystania narzędzi matematyki tam, gdzie wymagają tego potrzeby codziennego życia oraz formułowania sądów opartych na rozumowaniu matematycznym, a w tym zakresie w odniesieniu do ruchu drgającego. Uczeń: opisuje ruch ciężarka na sprężynie oraz analizuje przemiany energii w tym ruchu; posługuje się pojęciami amplitudy drgań, okresu, częstotliwości do opisu drgań, wskazuje położenie równowagi oraz odczytuje amplitudę i okres z wykresu $x(t)$ dla drgającego ciała; interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym.

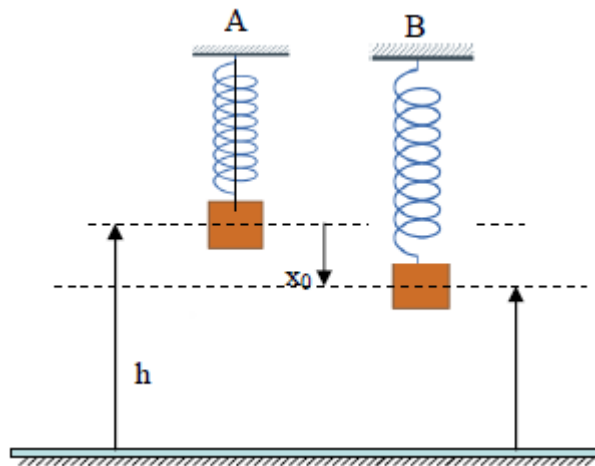
Niezbędne przedmioty i materiały

Komputer z programem Microsoft Excel, pisak, rolki papieru, sprężyna, tor pneumatyczny (czyli powietrzny), wózek, bramka z fotokomórką, zegar elektroniczny, poziomnica, czasomierz, wahadło sprężynowe, obciążniki, przymiar milimetrowy.

Przebieg doświadczenia

Na sprężynie mocujemy ciało o masie m i umieszczamy na statywie. W położeniu A ciało jest, przy pomocy nitki umocowane do statywu, w taki sposób, by sprężyna nie była rozciągana. W tym położeniu, energia układu, jeżeli pominiemy masę sprężyny, wynosi

$$E_p = mgh$$



Rys 2.04.1. Jeżeli przepalimy nitkę, ciało przesunie się niżej o odległość x_0 .

Jeżeli przepalimy nitkę, ciało przesunie się niżej o odległość x_0 . W tym położeniu energia potencjalna grawitacji wynosi $mg(h - x_0)$. Wiedząc, że energia nie może zniknąć musimy napisać,

$$mgh - mg(h - x_0) = \text{energia potencjalna sprężyny}$$

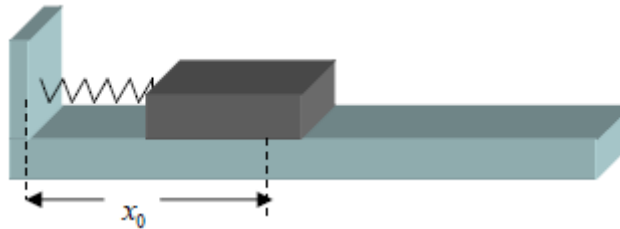
(piszemy potencjalna, ponieważ układ nie porusza się). W analizowanym przypadku wartość siły sprężystości zmienia się w granicach od zera do kx_0 i biorąc pod uwagę, że zmiana energii nastąpiła na sposób pracy możemy napisać

$$\Delta E = W = F_{sr} \cdot x_0 = \frac{1}{2} kx_0 \cdot x_0 = \frac{1}{2} kx_0^2$$

Otrzymany wzór potwierdzimy w eksperymencie.

Na torze powietrznym umieszczamy wózek. Do wózka przymocujemy pasek czarnego kartonu o długości 30cm, który umożliwi nam pomiar prędkości wózka. Obok wózka umieszczamy sprężynę (o znanym współczynniku sprężystości), która

jednym końcem przylega do wózka. Drugi koniec sprężyny przyczepiamy do statywu by nie zmieniał swego położenia. Sprężamy sprężynę o znaną wartość i przywiązujemy nitką .Nitkę przepalamy.



Rys.2.04.2 Schemat eksperymentu

Pod wpływem rozprężanej sprężyny, wózek będzie się poruszał na torze powietrznym. Zapisujemy wskazania zegarów i obliczymy prędkość, a następnie energię kinetyczną uzyskaną przez wózek.

Wynik i wnioski

Energia potencjalna sprężyny (energia potencjalna sprężystości) jest wprost proporcjonalna do kwadratu wychylenia (ściśnięcia) sprężyny.

Ściskamy sprężynę o znaną wartość np., 5 cm, 7.5 cm oraz 10 cm. Dla poszczególnych wartości ściśniętej sprężyny obliczamy prędkość, jaką uzyska wózek, a następnie energię kinetyczną. Jeżeli zestawimy wartości x i E_k otrzymujemy:

x_1	E_{k1}
x_2	$E_{k2} = 2.25 \cdot E_{k1}$
x_3	$E_{k3} = 4 \cdot E_{k1}$

Jeżeli uznajemy, że energia potencjalna sprężystości zamienia się w energię kinetyczną, to z powyższego zestawienia wynika, że energia zawarta sprężynie jest

zależna od wartości sprężenia tzn. $E_p \sim x^2$ i wobec tego sformułowane wyżej wyrażenie w postaci:

$$\Delta E = \frac{kx_0^2}{2}$$

określa wartość energii potencjalnej sprężystości.

U.2.05 Ciepło właściwe wody

Cel ćwiczenia, opis

Wyznaczanie ciepła właściwego wody metodą elektrokalorymetryczną.

Zasada wyznaczenia ciepła właściwego cieczy metodą elektryczną opiera się na procesie zamiany pracy prądu elektrycznego na energię wewnętrzną, zgodnie z prawem Joule'a. Jeżeli spiralę grzejną zanurzymy w badanej cieczy to wydzielone podczas przepływu prądu ciepło Joule'a zostanie przekazane cieczy oraz naczyniu kalorymetrycznemu o pojemności cieplnej $W = m_k c_k$. Zaobserwujemy wzrost temperatury od początkowej t_1 do końcowej t_2 .

Ciepło wydzielone przez przepływający prąd w czasie τ wynosi:

$$Q_1 = U \cdot I \cdot \tau$$

Ciepło pobrane przez wodę i kalorymetr:

$$Q_2 = (m \cdot c_w + W)(t_2 - t_1)$$

gdzie m – masa cieczy, a c_w – ciepło właściwe cieczy.

Na podstawie bilansu cieplnego:

$$(m \cdot c_w + m_k \cdot c_k)(t_2 - t_1) = U \cdot I \cdot \tau$$

otrzymujemy wzór na ciepło właściwe cieczy:

$$c_w = \frac{UI\tau - m_k c_k (t_2 - t_1)}{m(t_2 - t_1)}.$$

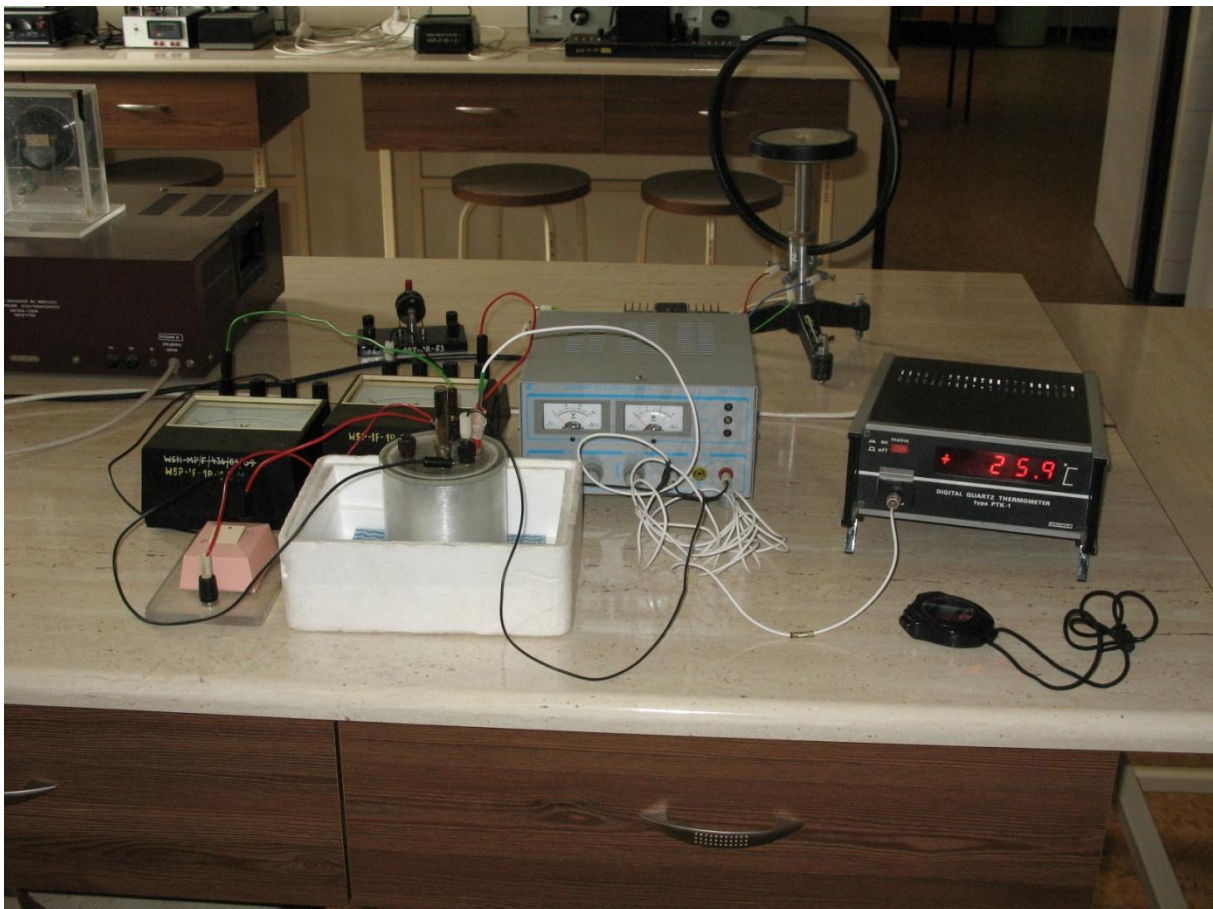
Niezbędne przedmioty i materiały

Kalorymetr ze spiralą grzejącą, zasilacz, woltomierz, amperomierz, wyłącznik, termometr elektroniczny, waga elektroniczna, woda.

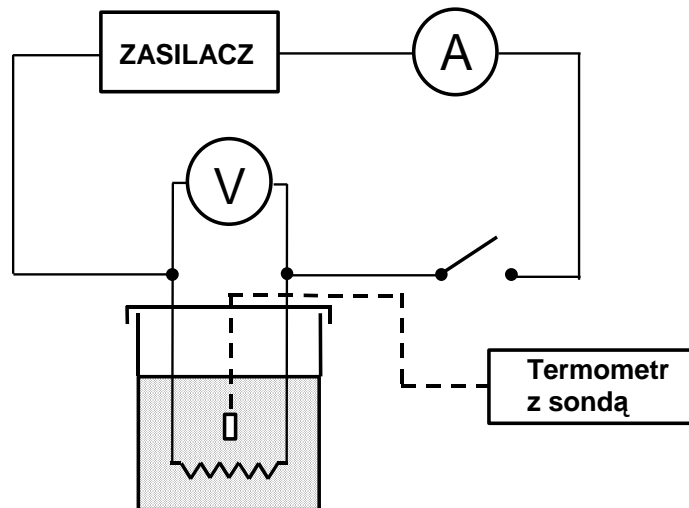
⚠ Urządzenie zasilane napięciem 230 V. Wysoka temperatura – możliwość oparzenia.

Przebieg doświadczenia

- Zbudować układ przedstawiony na fotografii.



- Wyznaczamy masę wewnętrznego naczynia kalorymetru oraz kalorymetru napełnionego do $\frac{3}{4}$ jego wysokości zimną wodą.
- Łączymy układ wg schematu:



- Włączamy termometr elektroniczny i zanurzamy jego sondę w wodzie w kalorymetrze. Czekamy, aż ustali się temperatura cieczy i zapisujemy jej wartość.
- Włączamy układ, ustalając wartość natężenia prądu na 2A i jednocześnie włączamy stoper.
- Notujemy czas, w jakim nastąpił przyrost temperatury o 10°C .
- Notujemy wartość napięcia na spirali grzejnej oraz natężenia prądu płynącego w obwodzie.
- Uzupełniamy tabelę:

Wielkość fizyczna	Pomiar I	Pomiar II	Pomiar III
Masa kalorymetru m_k (kg)			
Masa kalorymetru z wodą $m_k + m$ (kg)			
Masa wody m (kg)			
Temperatura początkowa wody t_1 (°C)			
Temperatura końcowa wody t_2 (°C)			
Przyrost temperatury $t_2 - t_1$ (°C)			
Natężenie prądu I (A)			
Napięcie na spirali grzejnej U (V)			
Czas przepływu prądu τ (s)			
Ciepło właściwe wody J/kg°C			

- Opisane czynności powtarzamy 2 ÷ 3 krotnie.
- Sporządzamy bilans cieplny $Q_{\text{oddane}} = Q_{\text{pobrane}}$ i wyliczamy wartość ciepła właściwego wody ze wzoru:

$$c_w = \frac{UI\tau - m_k c_k (t_2 - t_1)}{m(t_2 - t_1)}$$

- Określamy niepewności wszystkich wykonywanych w doświadczeniu pomiarów prostych przyjmując niepewności systematyczne związane z działką elementarną użytych przyrządów. Niepewności pomiaru napięcia i natężenia prądu ΔU i ΔI określamy na podstawie zależności

$$\Delta(U, I) = \frac{\text{klasa miernika} \cdot \text{zakres}}{100}$$

- Obliczamy niepewność maksymalną Δc_w metodą najmniej korzystnego przypadku (NKP).

U.2.06 Pomiar stosunku c_p/c_v powietrza metoda Desormes'a - Clementa

Cel ćwiczenia, opis

Wyznaczenie stosunku c_p/c_v dla powietrza

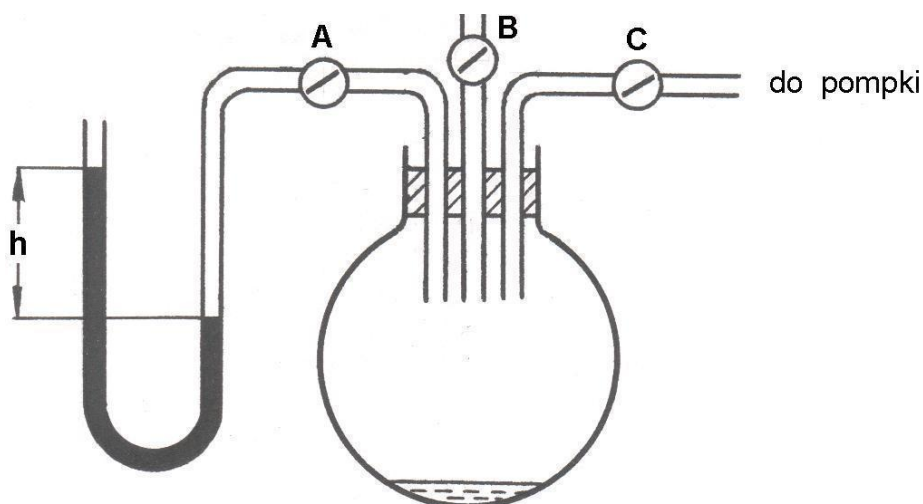
Przy definiowaniu ciepła właściwego gazów rozróżniamy ciepło właściwe gazu w stałej objętości i pod stałym ciśnieniem.

Ciepło właściwe gazu w stałej objętości c_v jest wielkością fizyczną, której wartość wyraża liczbowo ilość ciepła, jaką trzeba dostarczyć aby podwyższyć temperaturę 1 g gazu o 1 K w takich warunkach, w których ogrzewany gaz nie zmienia swej objętości.

Ciepło właściwe gazu pod stałym ciśnieniem c_p jest wielkością fizyczną, której wartość wyraża liczbowo ile ciepła trzeba dostarczyć, aby podwyższyć temperaturę 1 g gazu o 1 K przy stałym ciśnieniu.

Przyjmujemy, że stosunek c_p/c_v jest wielkością stałą i zmienia się tylko w zależności od tego czy mamy do czynienia z gazem jedno-, dwu- lub trójatomowym.

Do pomiaru używamy balonu szklanego, w którym znajduje się niewielka ilość stężonego kwasu siarkowego w celu pochłaniania pary wodnej. Balon jest szczelnie zamknięty gumowym korkiem, z którego wyprowadzone są trzy rurki:



A - łącząca balon z manometrem,

B - łącząca balon z powietrzem,

C - łącząca balon z pompką.

W opisanym naczyniu gaz mający prężność równą ciśnieniu atmosferycznemu i temperaturę równą temperaturze pokojowej, poddajemy trzem przemianom tj.: izotermicznej, adiabatycznej oraz izochorycznej.

Korzystając z równań opisujących poszczególne przemiany gazowe, otrzymujemy wyrażenie na stosunek c_p/c_v oznaczony jako χ :

$$\chi = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

gdzie h_1 , h_2 określono poniżej.

Niezbędne przedmioty i materiały

Balon szklany, gumowy korek, manometr, pompka, niewielka ilość stężonego kwasu siarkowego



Substancja żrąca – możliwość oparzenia.

Przebieg doświadczenia

- Otworzyć kran na rurce **B** i poczekać na wyrównanie ciśnienia w balonie i na zewnątrz.
- Zamknąć kran **B**, otworzyć kran **C** i za pomocą pompki zwiększyć ciśnienie gazu w balonie.

- Zamknąć kran **C**, odczekać kilka minut aby temperatura gazu wyrównała się z temperaturą otoczenia.
- Odczytać różnicę poziomów cieczy (h_1) w manometrze.
- Przez krótkotrwałe otwieranie kranu **B** zmieniać ciśnienie w balonie.
- Każdorazowo czekając na wyrównanie się temperatury w balonie z temperaturą otoczenia, odczytywać różnice poziomów cieczy w manometrze (h_2).
- Pomiar powtórzyć 10 - krotnie.

Literatura

- I. Antipin, *Zadania doświadczalne z fizyki. Kurs podstawowy*, WSiP, Warszawa 1986
- R. J. Brown, *200 doświadczeń dla dzieci*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999
- J. Van Cleave, *Fizyka dla każdego dziecka. 101 ciekawych doświadczeń*, WSiP, Warszawa 1994
- J. Domański, *Domowe zadania doświadczalne z fizyki*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999
- J. Domański, J. Turło, *Nieobliczeniowe zadania z fizyki*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997
- T. Dryński, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, PWN, Warszawa 1980
- Cz. Fotyma, *Komplet do doświadczeń z ciepła*, PZWS, Łódź 1971
- Foton, Pismo dla nauczycieli fizyki i ich uczniów, IF UJ, Kraków
- M. Godlewska, D. Szot-Gawlik, *Doświadczenia z fizyki dla uczniów gimnazjum, cz.2*, ZamKor, Kraków 2005
- M. Halaunbrenner, *Ćwiczenia praktyczne z fizyki. Kurs podstawowy*, WSiP, Warszawa 1976
- M. Halaunbrenner, *Ćwiczenia praktyczne z fizyki. Kurs średni*, WSiP, Warszawa 1982
- P. G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2000
- Z. Kostić, *Między zabawą a fizyką*, WNT, Warszawa 1964
- A. Magiera (red.), *I Pracownia Fizyczna*, IF UJ, Kraków 2007
- L. C. McDermott i in., *W poszukiwaniu praw fizyki*, T.1, 2, Prószyński i S-ka, Warszawa 2000
- J. Perelman, *Zajmująca fizyka*, WP, Łódź 1955
- T. Potocki (red.), *Fizyka i chemia. Katalog*, PZWS, Warszawa 1963
- E. M. Rogers, *Fizyka dla dociekliwych*, PWN, Warszawa 1970
- M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier, J. M. Kreiner, *Fizyka dla gimnazjum cz.1-3*, Wydawnictwo "Zamiast Korepetycji", Kraków 1999

J. Salach (red.), *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych*, cz.1, 2, Wyd. ZamKor, Kraków 2004

J. Semaniak, J. Semaniak, J. Krywult, *Fizyka i astronomia*, MAC Edukacja, Kielce 2003

Sz. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna*, cz. II, PWN, Warszawa 1976

G. L. Squires, *Praktyczna fizyka*, PWN, Warszawa 1992

K. Tabaszewski, *Fizyka z prostymi doświadczeniami*. Prószyński i S-ka, Warszawa 2000

B. Tokar, B. Pędzisz, D. Tokar, *Wykorzystanie przedmiotów codziennego użytku do doświadczeń domowych*, WSP, Opole 1984

D. Tokar i in., *Doświadczenia z fizyki dla szkoły podstawowej*, WSiP, Warszawa 1990

D. Tokar i in., *Zbiór zadań doświadczalnych z fizyki – kurs średni*, WSiP, Warszawa 1980