KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt Fizyka Plus nr POKL.04.01.02-00-034/11 współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.

Kurs Plus - Fizyka
Materiały na kurs zaawansowany

Przygotowanie: Piotr Nieżurawski, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
e-mail: *Piotr.Niezurawski@fuw.edu.pl*

Gdy jestem pytany, dlaczego zajmuję się nauką, odpowiadam:
aby zaspokoić moją ciekawość, gdyż jestem z natury poszukiwaczem zrozumienia.
Jeśli nie zdziwiło cię coś przez cały dzień, to nie był on zbyt udany.
John A. Wheeler (1911–2008)

1 Zadanie - 7 ton

W trakcie akcji ratunkowej po wypadku w elektrowni jądrowej *Fukushima I* media doniosły, że pewnego dnia na reaktor zrzucono aż 7 ton wody. Oszacuj, na jakiej wysokości byłoby lustro wody, gdyby po uszczelnieniu sali, w której jesteście, wlano do niej tyle wody.

2 Zadanie - Wioślarz

Wioślarz płynie łodzią w górę rzeki. Gdy przepływał pod mostem, z jego łodzi wypadło koło ratunkowe. Po czasie $t = 15$ min wioślarz zauważył zgubę. Natychmiast zaczął płynąć w dół rzeki i dopędził zgubione koło w odległości $s = 1$ km od mostu. Obliczyć prędkość prądu rzeki, jeżeli wioślarz cały czas wiosłował z jednakowym wysiłkiem.
Proszę na początku rozwiązać zadanie w myślach, bez wypisywania wzorów.

3 Zadanie - Wioślarz'

Wioślarz płynie łodzią w górę rzeki. Gdy przepływał pod mostem, z jego łodzi wypadło koło ratunkowe. Po czasie $t = 15$ min wioślarz zauważył zgubę. Natychmiast zaczął płynąć w dół rzeki i dopędził zgubione koło w odległości $s = 1$ km od mostu. Obliczyć prędkość prądu rzeki, jeżeli wioślarz płynął **3 razy szybciej** względem wody w dół rzeki niż w górę rzeki.
Proszę na początku rozwiązać zadanie w myślach, bez wypisywania wzorów.

4 Zadanie - Egzamin u Fermiego

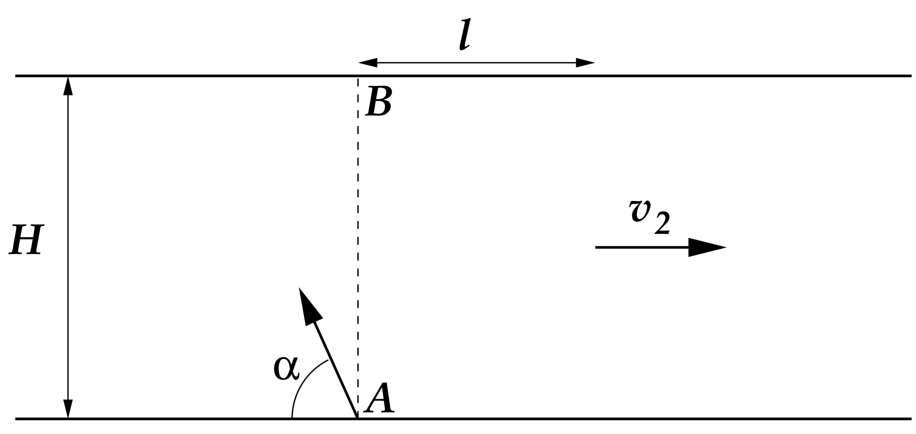
Oszacuj:

1. Liczbę pomieszczeń w budynku, w którym się znajdujesz.
2. Grubość śladu kredy na tablicy.
3. Czas potrzebny na wypłynięcie 1 m^3 wody z całkowicie odkręconego kranu.
4. Liczbę monet o nominale co najwyżej 2 gr znajdujących się w sali, w której odbywają się zajęcia.
5. Liczbę szkół podstawowych w Polsce.
6. Liczbę lekarzy i lekarzy dentystów w Polsce.
7. Utarg miesięczny warszawskiego taksówkarza.
8. Ładunek, który przepłynąłby podczas rozładowania baterii telefonów komórkowych uczestników zajęć.
9. Grubość arkusza papieru po jego 10-krotnym złożeniu (na pół, na pół itd.).
10. Ile metrów sześciennych wody wypijasz przez rok.

5 Zadanie - Łódka (ukośnie względem brzegu)

Przewoźnik, który przeprawia się przez rzekę o szerokości H z punktu A, przez cały czas kieruje łódź pod kątem α względem brzegu rzeki (czyli między brzegiem a prostą przechodzącą przez dziób i środek rufy jest kąt α; Rys. 3). Wyznacz prędkość łódki względem wody $\vec{v}_1$, jeśli prędkość wody względem brzegu wynosi $\vec{v}_2$ (równoległa do brzegu), a łódkę zniosło na odległość l poniżej punktu B.

Rys. 3



6 Zadanie – Osaczona mucha”

Mucha wystartowała z szyby samochodu w momencie, gdy znajdowała się w odległości $L = 10$ m od ściany domu (start muchy traktujemy jako jej pierwszy pobyt przy szybie). Samochód zaczął się wtedy poruszać i szyba zbliża się do ściany z prędkością $v = 3,6$ km/h. Oszalała mucha lata tam i z powrotem między szybą a ścianą z prędkością $u = 4$ m/s; owad porusza się zawsze po prostej prostopadłej do ściany i przechodzącej przez punkt startu na szybie. Samochód nagle zatrzymuje się, gdy szyba znajduje się w odległości $l = 1$ m od ściany.
a) Wykonaj rysunek, zaznaczając ścianę, szybę w odległościach L i l oraz początkowe położenie muchy.
b) Oblicz czas ruchu samochodu (t).
c) Oblicz drogę S, jaką przebyła mucha do momentu, gdy szyba znalazła się w odległości $l = 1$ m od ściany.
d) Oblicz, ile czasu mija między pierwszym i drugim pobytem muchy przy szybie t_{12} (zastanów się jaką drogę przebywa mucha między tymi chwilami).
e) Oblicz, ile czasu mija między kolejnymi pobytami muchy przy szybie, jeśli samochód dojeżdża aż do ściany ($l = 0$ m).

7 Zadanie - Wąż

Wychylenie węża w zależności od położenia x i czasu t jest opisane wzorem $y = A\sin(ax+bt+c)$, gdzie $a = 2$ m^{-1}, $b = 12$ s^{-1} oraz $c = 26$. Oblicz długość tej fali λ, jej okres T oraz prędkość rozchodzenia v. Przyjmij przybliżenie $\pi \approx 3$.

8 Zadanie - Dwie kule*

Kula czerwona toczy się po płaskim stole z prędkością $\vec{v}_R$. Po tym samym stole toczy się również niebieska kula z prędkością $\vec{v}_N$, przy czym $v_R \neq v_N$. Tory kul się przecinają, ale kule nie zderzają się. Narysuj przykładowe wektory prędkości kul i ich położenia początkowe. Wyznacz położenie kul w chwili, gdy odległość między nimi będzie najmniejsza. Zadanie rozwiąż
a) graficznie (*warto rozpatrzyć ruch w układzie związanym z jedną z kul*),
b) analitycznie.

9 Zadanie - Rozmiar i wiek Wszechświata

Prawo Hubble’a głosi, że galaktyki oddalają się od siebie z prędkością v proporcjonalną do ich wzajemnej odległości d

$$v = Hd \ ,$$

gdzie $H \approx 2 \cdot 10^{-18}$ s^{-1}. Zakładając, że Wszechświat powstał w punkcie i rozszerzał się z prędkością światła zgodnie z przedstawionym równaniem, oszacuj promień Wszechświata i jego wiek.

10 Zadanie – Wstęp do ekonofizyki ;-)

Nominalne oprocentowanie lokaty bankowej w skali roku wynosi p. Oznacza to, że gdyby kapitalizacja nastąpiła po roku, kwota zwiększyłaby się $(1 + p)$ razy. Ale kapitalizacja odsetek następuje na koniec

każdego miesiąca (oprocentowanie bank dzieli wtedy po równo – na każdy miesiąc przypada $p/12$). Oblicz efektywne oprocentowanie lokaty po 1 roku. Uzyskaj również wynik liczbowy, jeśli $p = 6\%$.
Dla zainteresowanych: Uzyskaj wynik przy codziennej kapitalizacji. Oblicz $e^{6\%}$.

11 Zadanie - Ruch jednostajnie przyśpieszony

W pewnym układzie kartezjańskim (np. związanym z ziemią) wektor położenia $\vec{r}$ małego kamyka zależy od czasu t następująco:

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0(t - t_0) + \frac{1}{2}\vec{a}_0(t - t_0)^2 \ ,$$

gdzie wektory $\vec{r}_0,\ \vec{v}_0,\ \vec{a}_0$ są stałe (czyli nie zależą od czasu).

Jakie jest znaczenie stałej t_0?
Wychodząc z definicji prędkości

$$\vec{v}(t) = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t} \qquad \text{przy}\ \ \Delta t \to 0$$

oraz przyśpieszenia

$$\vec{a}(t) = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t} \qquad \text{przy}\ \ \Delta t \to 0 \ ,$$

oblicz prędkość oraz przyśpieszenie kamyka.

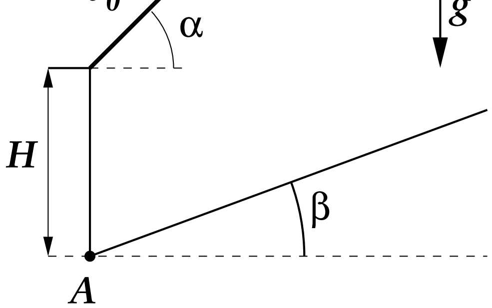
12 Zadanie - Rzut o ścianę'

Z wysokości $h = 20$ m wyrzucono w kierunku poziomym ciało z prędkością $v_0 = 20$ m/s. W odległości $d = 30$ m znajduje się pionowa ściana. Oblicz, na jakiej wysokości ciało uderzyło w ścianę oraz w jakiej odległości od ściany upadło na podłogę, jeśli wiadomo, że odbiło się od ściany idealnie sprężyście.

13 Zadanie - Wieża i stok

Piłkę wyrzucono z wieży o wysokości H z prędkością v_0 skierowaną pod kątem α do poziomu. Podnóże wieży jest nachylone pod kątem β do poziomu (Rys. 4).
W wybranym układzie współrzędnych uzyskaj równanie na jedną ze współrzędnych miejsca upadku piłki.
W szczególnym przypadku $\beta = \alpha$ rozwiąż to równanie; oblicz drugą współrzędną miejsca upadku i jego odległość od punktu A.

Rys. 4



14 Zadanie - Przepaść

Do przepaści spada kulka. Uderzenie o dno usłyszano po czasie $t = 4$ s. Oblicz głębokość przepaści, jeżeli prędkość głosu w powietrzu $v = 340$ m/s, przyspieszenie ziemskie $g = 9,81$ m/s^2, a opór powietrza pomijamy.

15 Zadanie - Zmienne przyśpieszenie

W pewnym układzie kartezjańskim (np. związanym z ziemią) wektor położenia $\vec{r}$ małego kamyka zależy od czasu t następująco:

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{b}_0(t - t_0)^3 \ ,$$

gdzie wektory $\vec{r}_0, \ \vec{b}_0$ są stałe.
Jakie jest znaczenie stałej t_0?
Wychodząc z definicji prędkości

$$\vec{v}(t) = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t} \qquad \text{przy} \ \ \Delta t \to 0$$

oraz przyśpieszenia

$$\vec{a}(t) = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t} \qquad \text{przy} \ \ \Delta t \to 0 \ ,$$

oblicz prędkość i przyśpieszenie kamyka.

16 Zadanie - Ruch po okręgu, przyśpieszenie dośrodkowe

Punkt materialny porusza się po okręgu o promieniu R. Wartość prędkości kątowej wynosi ω i jest stała.
Napisz parametryczne równanie toru.
Narysuj wektor prędkości w kilku punktach toru i określ zależność składowych prędkości od czasu.
Rozpatrując zmianę wektora prędkości w bardzo krótkim przedziale czasu, określ kierunek, zwrot i wartość przyśpieszenia punktu materialnego.

17 Zadanie - Wagi na Księżycu

Ile będzie ważył człowiek o masie 75 kg na powierzchni Księżyca, jeśli gęstość Księżyca $\rho_K = 0{,}6 \, \rho_{Ziemi}$, zaś promień Księżyca $R_K = 0{,}27 \, R_{Ziemi}$ (podaj wartość siły ciężkości)? Co wskaże sprężynowa waga wyskalowana w kilogramach (kalibrowana na Ziemi)? Co wskaże waga szalkowa?

18 Zadanie - Satelita geostacjonarny

Oblicz wysokość nad poziomem morza, na jakiej powinien znajdować się satelita geostacjonarny. *Potrzebne dane znajdziesz na maturalnej karcie stałych i wzorów z fizyki.*

19 Zadanie - Analiza wymiarowa

Rozważając tylko wymiary istotnych wielkości, zaproponuj zależność

1. prędkości v [m/s] od przyśpieszenia a [m/s^2] i czasu t [s].
2. okresu wahadła T [s] od przyśpieszenia ziemskiego g [m/s^2] i długości wahadła l [m].
3. masy kuli m [kg] od jej promienia R [m] i gęstości materiału ρ [kg/m^3].
4. długości fali λ [m] od jej prędkości v [m/s] i częstości f [Hz].
5. ciśnienia hydrostatycznego p [Pa] od przyśpieszenia ziemskiego g [m/s^2], głębokości cieczy h [m] i jej gęstości ρ [kg/m^3].
6. okresu wahadła T [s] od współczynnika sprężystości k [N/m] i masy wahadła m [kg].
7. prędkości fali wodnej (na płytkiej wodzie) od przyśpieszenia ziemskiego g [m/s^2], głębokości wody h [m].
8. prędkości fali wodnej (na głębokiej wodzie) od przyśpieszenia ziemskiego g [m/s^2] i długości fali λ [m].
9. ciśnienia dynamicznego p_d [Pa] od prędkości cieczy v [m/s] i jej gęstości ρ [kg/m^3].
10. prędkości fali na strunie od napięcia struny T [N], masy struny m [kg] i jej długości l [m].
11. siły oporu aerodynamicznego F [N] działającego na ciało od powierzchni przekroju poprzecznego ciała S [m^2], poruszającego się z prędkością v [m/s] względem ośrodka o gęstości ρ [kg/m^3].
12. mocy wiatru P [W] od powierzchni S [m^2], przez którą wiatr wieje, prędkości wiatru v [m/s] i gęstości powietrza ρ [kg/m^3].
13. okresu precesji bąka T_p [s] od okresu jego obrotu względem osi symetrii T [s], momentu bezwładności bąka względem tej osi I [kg m^2] i momentu siły grawitacyjnej działającej na bąk M [N m]. *Która propozycja jest lepsza?*

Załóż, że poza wymienionymi wielkościami prawdziwe równanie może zawierać jedynie bezwymiarowe liczby, których nie musisz uwzględniać w proponowanej zależności.

20 Zadanie - Łączenie sprężyn

Oblicz współczynnik sprężystości układu zbudowanego z dwóch sprężyn
a) połączonych szeregowo ($--$),
b) połączonych równolegle (=, tak że rozciągnięcie każdej ze sprężyn jest takie samo),
jeśli pierwsza sprężyna ma współczynnik sprężystości k_1, a druga k_2.

21 Zadanie - Oscylator tłumiony *

Oblicz prędkość i przyśpieszenie ciężarka, którego położenie na osi X jest opisane równaniem

$$x(t) = A\, e^{-\lambda t} \sin(\omega t + \phi) \ ,$$

gdzie A, λ, ω, ϕ są pewnymi stałymi. Wyraź przyśpieszenie jako funkcję prędkości i położenia.

22 Zadanie - Prędkość i przyśpieszenie w ruchu jednostajnym *

Udowodnij, że wartość prędkości punktu materialnego jest stała wtedy i tylko wtedy, gdy jego przyśpieszenie jest prostopadłe do prędkości albo wartość przyśpieszenia wynosi 0.

Wskazówka: Oblicz szybkość, z jaką zmienia się wartość wyrażenia $\vec{v} \cdot \vec{v}$ czyli v^2.

23 Zadanie - Część i całość *

Student otrzymał zadanie obliczenia siły, jaką jedna półkula jednorodnej kuli działa na drugą półkulę. Po wielu bezsennych nocach doszedł do wniosku, że musi skorzystać z następującego twierdzenia:

Zbiór Z punktów materialnych jest sumą dwóch rozłącznych zbiorów punktów materialnych: A oraz B. Jeśli oddziaływania między punktami materialnymi spełniają III zasadę dynamiki, to siła, jaką działa zbiór punktów B na zbiór punktów A, jest równa sile, jaką działa zbiór punktów Z na zbiór punktów A.

Udowodnij to twierdzenie.

24 Zadanie - L-bryła

Z czterech identycznych, jednorodnych sześcianów zbudowano bryłę w kształcie litery L. Wyznacz położenie środka ciężkości takiej bryły.

25 Zadanie - Kula z wydrążeniem

W ołowianej kuli o promieniu $a = 20$ cm znajduje się kuliste wydrążenie o promieniu $b = 3$ cm. Odległość między środkiem kuli a środkiem wydrążenia wynosi $d = 10$ cm. Znajdź położenie środka masy tej bryły.

26 Zadanie - Trójkąt z płyty

Wierzchołki wyciętego z jednorodnej płyty trójkąta mają w pewnym układzie kartezjańskim współrzędne: $(0,\ 0)$; $(x_2,\ 0)$ oraz $(0,\ y_3)$. Wyznacz równania środkowych oraz położenie środka masy tej figury.

27 Zadanie - Trapez z płyty

Wierzchołki wyciętego z jednorodnej płyty trapezu mają w pewnym układzie kartezjańskim współrzędne: $(0,\ 0)$; $(x_2,\ 0)$; $(0,\ h)$ oraz $(x_4,\ h)$. Wyznacz położenie środka masy tej figury.

28 Zadanie - Niemożliwa bryła

Czy można skonstruować taki wielościan wypukły, aby przez żadną ze ścian nie przechodziła prosta zawierająca środek masy wielościanu i prostopadła do płaszczyzny zawierającej daną ścianę? Jak zachowywałby się taki wielościan?

29 Zadanie - Most wysuwany

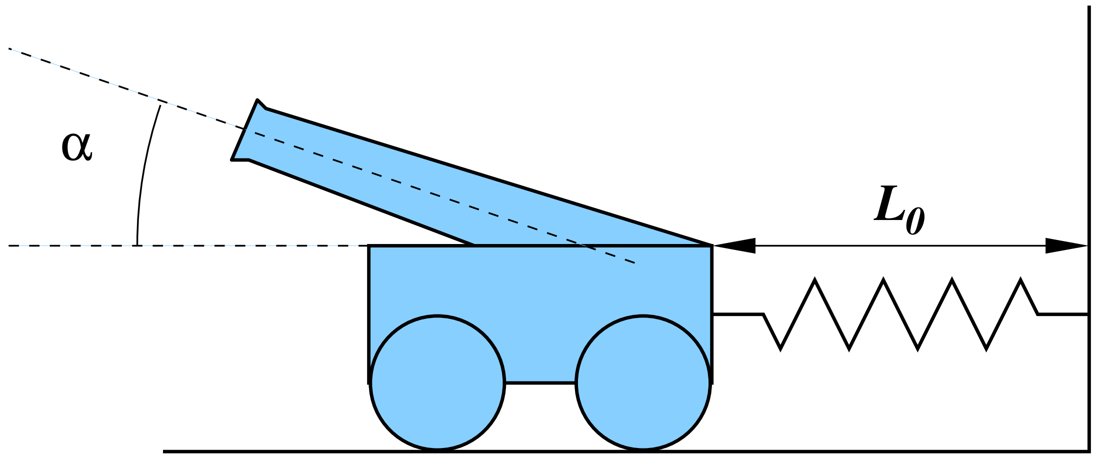
Dysponujesz tylko 100 identycznymi deskami, każda ma długość $l = 3$ m. Jedną kładziesz na poziomym boisku. Kolejne kładzione deski nie mogą dotknąć powierzchni boiska. Oblicz maksymalną możliwą, mierzoną w poziomie długość konstrukcji. Rozważ różne pomysły konstruktorskie.

30 Zadanie - Zachowanie pędu

Układ wielu punktów materialnych jest izolowany. Oddziaływania między punktami materialnymi spełniają III zasadę dynamiki. Udowodnij, że całkowity pęd układu jest zachowany.

31 Zadanie - Armata

Armatę przymocowano do ściany za pomocą poziomo położonej sprężyny o współczynniku sprężystości k oraz długości swobodnej L_0. Armata może poruszać się bez tarcia w poziomie. Początkowo armata spoczywa. Po wystrzale masa armaty równa się M_A, a początkowa prędkość i masa wystrzelonego pod kątem α do poziomu pocisku wynoszą odpowiednio v_P i m_P. Ile wynosi minimalna długość sprężyny, do której ściśnie ją armata? Czy armata uderzy o ścianę, jeśli $k = 10^3$ N/m, $L_0 = 50$ cm, $M_A = 10^3$ kg, $\alpha = 60°$, $v_P = 400$ m/s, $m_P = 2$ kg? Zaniedbać pęd gazów powstałych w trakcie wystrzału.



32 Zadanie - Woda z lodem i ołowiem

Ołowianą kulę o masie $m = 4$ kg zatopiono w lodowej kuli. Lodową kulę z zatopioną ołowianą kulą włożono do częściowo wypełnionego wodą, prostopadłościennego akwarium, którego poziome dno ma powierzchnię $S = 2$ m^2. Początkowo lodowa kula z zatopioną ołowianą kulą pływała w wodzie. Gęstość ołowiu $\rho_o = 11340$ kg/m^3, gęstość wody $\rho_w = 1000$ kg/m^3.

a) Co stanie się z ołowianą kulą, gdy lód stopnieje?

b) Czy poziom wody w akwarium podniesie się, czy obniży, gdy lód stopnieje?

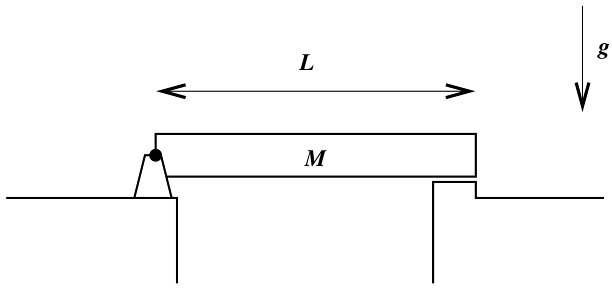
c) Oblicz, o ile zmieni się wysokość lustra wody, gdy lód stopnieje.

33 Zadanie - Beczka i deszcz

Przez czas $T = 10$ h padał pionowo deszcz o natężeniu $j = 0{,}1$ kg/(m^{2}h). Oblicz, ile wody zebrała stojąca pionowo beczka, której poziomy otwór ma powierzchnię $S = 1$ m^2. Ile wody byłoby w beczce po tym samym deszczu, gdyby beczka była przechylona tak, że jej oś tworzyłaby kąt α z pionem?

34 Zadanie - Właz

Prostopadłościenna, jednorodna płyta o masie M przykrywa właz do schronu. Płyta spoczywa poziomo, jej długość wynosi L, a z jednej strony jest przymocowana do włazu za pomocą mocnego zawiasu (rysunek). Ile trotylu należy zużyć, aby otworzyć trwale wejście, jeśli wiadomo, że efektywność zamiany energii wybuchu na energię kinetyczną płyty wynosi ϵ? Właz posiada mechanizm zabezpieczający przed powrotem płyty po odbiciu się jej od podłogi. Stosunek energii powstającej w wybuchu trotylu do jego masy wynosi ok. $w = 4$ MJ/kg. Uzyskać wynik liczbowy w przypadku, gdy $L = 3$ m, $M = 800$ kg, $\epsilon = 10\%$, $g = 10$ m/s^2.



35 Zadanie - Lodowiec

Po zboczu góry bardzo powoli zsuwa się lodowiec o masie początkowej M. Podczas tego ruchu część lodowca o masie m ulegnie stopnieniu na skutek tarcia o podłoże. Jaka część tego lodowca (jaki stosunek m/M) ulegnie stopnieniu w trakcie ruchu po zboczu, jeśli założyć, że całe ciepło powstające podczas zsuwania się lodowca powoduje jego topnienie? Lodowiec początkowo spoczywał, a po pokonaniu wysokości 660 m zatrzymał się. Ciepło topnienia lodu wynosi około 330 kJ/kg.

36 Moment pędu punktu materialnego

Wychodząc z II zasady dynamiki $\dot{\vec{p}} = \vec{F}$, gdzie $\vec{p}$ jest pędem punktu materialnego, a $\vec{F}$ działającą na niego siłą, udowodnij, że obowiązuje równanie

$$\dot{\vec{J}} = \vec{M} \ ,$$

gdzie $\vec{J} = \vec{r} \times \vec{p}$ (moment pędu), $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ (moment siły), a $\vec{r}$ jest wektorem położenia punktu materialnego.

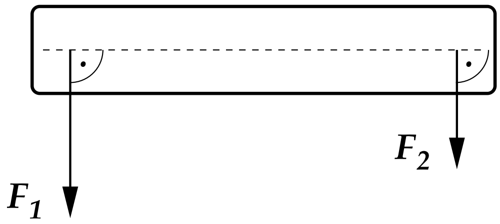
37 Zadanie - Moment pędu układu

Układ N punktów materialnych jest izolowany. Oddziaływania między punktami materialnymi spełniają III zasadę dynamiki. Udowodnij, że całkowity moment pęd układu jest zachowany, jeśli dla każdych dwóch punktów materialnych siła, jaką jeden z nich działa na drugi, jest równoległa do prostej przechodzącej przez te punkty materialne.

38 Zadanie - Momenty sił bez iloczynu wektorowego

Na bryłę sztywną działają dwie równoległe siły $\vec{F}_1$ oraz $\vec{F}_2$ (Rys. 3). Skonstruuj geometrycznie siłę równoważącą $\vec{F}_R$. Wyprowadź związek algebraiczny wiążący wartości sił $\vec{F}_1$ i $\vec{F}_2$ oraz odległości między prostymi ich działania a prostą działania siły równoważącej.

Rys. 3



39 Zadanie - Rozstanie

Z dala od innych ciał spoczywa układ dwóch odważników o masach m_1 i m_2 ściskających nieważką sprężynę, której współczynnik sprężystości wynosi k, a długość swobodna równa jest L. Nieruchome odważniki znajdują się w odległości l od siebie. Oblicz prędkości odważników po chwili, gdy sprężyna przestanie na nie oddziaływać. Uzyskaj również wyniki liczbowe w przypadku, gdy $m_1 = 20$ kg, $m_2 = 10$ kg, $k = 500$ N/m, $L = 50$ cm, $l = 30$ cm. Zaniedbaj oddziaływanie grawitacyjne między odważnikami.

40 Zadanie - Zjazd po ruchomej równi

Równia pochyła o kącie nachylenia α oraz o masie M może przesuwać się bez tarcia po stole. Na równię położono ciężarek o masie m. Ciężarek zaczął zsuwać się bez tarcia po równi i przebył drogę L' wzdłuż stoku. Układ znajduje się w polu grawitacyjnym o natężeniu g.
a) Ile wynosi w tym momencie prędkość równi względem stołu? Zadanie rozwiąż, korzystając z zasad zachowania pędu i energii.
b) Jak należałoby zmodyfikować wyjściowe równania, jeśli między równią a ciężarkiem występowałoby tarcie, a praca sił tarcia nad ciężarkiem w układzie związanym z równią wyniosłaby W_T ($W_T < 0$).

41 Zadanie - Układ podwójny

Dwa kuliste, jednorodne obiekty wirują w przestrzeni kosmicznej po orbitach kołowych wokół wspólnego środka masy. Okres tego ruchu wynosi T. Odległość pomiędzy środkami tych obiektów jest stała i równa R. Wiadomo, że jedno z ciał ma masę nie mniejszą niż M_0. Co można wywnioskować o masie drugiego obiektu? Potrzebną stałą przyrody należy uznać za daną.

42 Zadanie - LEP

W akceleratorze LEP elektrony poruszały się po okręgu o obwodzie 27 km z prędkością bliską prędkości światła $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s. W jednej paczce było około $60 \cdot 10^{10}$ elektronów. W ramach wiązki elektronowej jednocześnie krążyły 4 paczki. Oblicz średni prąd wiązki elektronowej. Ładunek elektronu jest równy $1e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

43 Zadanie - Elektroliza

Przez roztwór soli srebra (^{108}Ag) przepuszczano prąd o natężeniu $I = 2$ A przez czas $T = 7$ h. Metalowe łyżki, zanurzone w roztworze, podłączono jako katodę. Łyżek było $n = 15$, a każda miała powierzchnię $S = 70$ cm^2. Gęstość srebra jest równa $\rho_S = 10490$ kg/m^3, a jego wartościowość 1 (Ag^{+1}). Ładunek elektronu jest równy $1e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; liczba Avogadro $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}$/mol.
a) Oblicz grubość warstwy srebra na łyżeczkach.
b) Ile warstw atomowych ma powłoka?

44 Zadanie - Prędkość elektronów

Oszacuj średnią prędkość elektronów w miedzianym bezpieczniku o średnicy D przy maksymalnym dopuszczalnym prądzie $I_{\max}$. Gęstość i masa molowa miedzi wynoszą odpowiednio ρ =9 g/cm^3 oraz μ =63 g/mol; liczba Avogadro $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}$/mol; ładunek elektronu $e \approx 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C. Przyjmij jednorodny rozkład prądu. Załóż, że każdy atom miedzi oddaje jeden elektron do pasma przewodnictwa. Obliczenia przeprowadź dla trzech przypadków:

$I_{\max}$ [A]	1	10	100
D [mm]	0,042	0,25	1,2

45 Zadanie - Datowanie geologiczne

W pewnej próbce granitu wykryto 7 mg argonu ^{40}Ar i 1 mg potasu ^{40}K. Zakładając, że argon powstał z rozpadu potasu i wiedząc, że czas połowicznego rozpadu potasu wynosi 1,25 mld lat, wyznacz wiek granitu. Ile jąder potasu rozpadło się w trakcie ostatniego okresu połowicznego rozpadu?
Oszacuj czas, po jakim w dowolnej próbce liczba jąder potasu ^{40}K zmniejszy się przynajmniej 1000 razy.

Uwaga: Zadanie rozwiąż bez używania funkcji $\exp()$ *i logarytmów.*

46 Zadanie - ITER

ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) to międzynarodowy projekt badawczy, którego celem jest zbudowanie i uruchomienie urządzenia, w którym będzie można w sposób ciągły i kontrolowany przeprowadzać fuzję jądrową – łączenie jąder deuteru z jądrami trytu. Po syntezie jądra deuteru z jądrem trytu powstaje jądro helu oraz neutron, przy czym wydzielana jest energia 17,6 MeV. Deuter można odfiltrować z morskiej wody, a tryt uzyskuje się bombardując neutronami próbki litu.

a) Zapisz opisaną reakcję syntezy.

b) W jednym litrze morskiej wody znajduje się ok. 33 mg deuteru. Oszacuj, ile wody należy „odfiltrować”, aby w opisanym urządzeniu przez 15 minut uzyskiwać stałą moc 500 MW wydzielaną w opisanej reakcji.

c) Jaką masę trytu należy zużyć, aby całkowicie „spalić” 100 kg deuteru z opisanym procesie.