

**Zbiór zadań do zajęć *Podstawy fizyki*
dla kierunku *Bioinformatyka i biologia systemów***

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Wybór: Piotr Nieżurawski

Uwagi proszę kierować na adres 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)

Zadania na sprawdzianach i egzaminach będą modyfikacjami zadań z tego zbioru. Zadanie za dodatkowe punkty może być spoza tego zestawu, choć na końcu zbioru zamieszczam przykłady. Zbiór jest udostępniony w czterech wersjach:

- 1) z samymi treściami zadań,
- 2) z treściami zadań i wskazówkami
- 2) z treściami zadań i odpowiedziami oraz
- 3) z treściami zadań, wskazówkami i odpowiedziami.

Taka też jest zalecana kolejność korzystania z wersji zbioru.

Na sprawdzianach i egzaminach należy posiadać kalkulator naukowy oraz niezapisane maturalne karty wzorów i stałych!

Kinematyka

1 Zadanie – Echo

Anna słyszy dwa jednakowe dźwięki oddzielnie, jako echo, jeśli docierają do niej w odstępie czasu nie mniejszym niż 90 ms. Oblicz, w jakiej najmniejszej odległości od pionowej ściany odbijającej dźwięk powinna znajdować się Anna, aby po klaśnięciu w dłonie usłyszała echo. Przyjmij wartość prędkości dźwięku w powietrzu 343 m/s.

2 Zadanie – Sztafeta żółwi

Pałeczka niesiona przez trzy żółwie poruszała się ze średnią szybkością 210 cm/s przez 11 minut. Pierwszy żółw niosący pałeczkę w sztafecie poruszał się z szybkością 230 cm/s przez 2,5 minuty, po czym natychmiast pałeczkę przejął drugi żółw poruszający się z szybkością 180 cm/s przez 4,5 minuty, a potem przekazał ją błyskawicznie trzeciemu żółwiowi. Z jaką średnią szybkością poruszał się trzeci żółw?

3 Zadanie – Koło ratunkowe

Wioślarz płynął łodzią w górę szerokiej, prostej i równomiernie płynącej rzeki. Gdy przepływał pod kładką, z jego łodzi wypadło koło ratunkowe. Po 18 min wioślarz zauważył zgubę. Natychmiast zaczął płynąć w dół rzeki i dopędził koło w odległości 3000 m od kładki. Przyjmij, że wartość prędkości łodzi względem wody była stała i taka sama, gdy łódź płynęła w górę i gdy płynęła w dół rzeki. Załóż również, że koło od chwili, gdy wypadło z łodzi, nie poruszało się względem wody. Oblicz prędkość prądu rzeki względem brzegu w km/h.

4 Zadanie – Prędkość i przyspieszenie punktu materialnego

Oblicz prędkość i przyspieszenie punktu materialnego w chwili $t_1 = 4$ s, którego położenie na osi X jest opisane równaniem

$$x(t) = A \sin(\omega t + \phi) + B t^2$$

gdzie $A = 2,4$ m, $\omega = 1,3$ s⁻¹, $\phi = 1,6$ oraz $B = 0,7$ m/s².

5 Zadanie – Prędkość i przyspieszenie punktu materialnego 3D

Punkt materialny porusza się w przestrzeni. W wybranym układzie kartezjańskim wektor położenia tego punktu jest równy

$$\vec{r}(t) = \begin{bmatrix} f_x t^2 + g_x t + h_x \\ g_y t + h_y \\ e_z t^3 + f_z t^2 + g_z t \end{bmatrix}$$

gdzie t oznacza czas, a wartości stałych wynoszą odpowiednio:

f_x	g_x	h_x	g_y	h_y	e_z	f_z	g_z
-3 m/s ²	-2 m/s	11 m	4 m/s	-14 m	1 m/s ³	3 m/s ²	-4 m/s

Oblicz prędkość i przyspieszenie tego punktu materialnego w chwili $t_1 = 2$ s.

6 Zadanie – Strzelec

Antyterrorysta strzelił z poziomo ustawionego karabinu do pionowej tarczy oddalonej od niego o 170 m. Pocisk opuścił lufę z szybkością 970 m/s. Pomijając opory powietrza i przyjmując wartość przyspieszenia ziemskiego 9,8 m/s², oblicz o ile opadł pocisk w pionie podczas lotu. Wynik wyraż w centymetrach.

7 Zadanie – Na zakręcie

Samochód jedzie po łuku o promieniu 45 m ze stałą wartością prędkości 48,6 km/h.

a) Narysuj fragment toru samochodu, zaznacz jego przykładowe położenie i narysuj wektor jego prędkości oraz wektor jego przyspieszenia, opisz elementy rysunku.

b) Oblicz wartość przyspieszenia samochodu w m/s².

Dynamika

8 Zadanie – Statek kosmiczny Zazula

W przestrzeni kosmicznej, z dala od innych ciał spoczywał w układzie inercyjnym statek międzygalaktyczny Zazula. Na skutek eksplozji rozpadł się na trzy części. Jedna część o masie $17,9 \cdot 10^3$ kg porusza się z szybkością 3,2 m/s. Druga część o masie $23,3 \cdot 10^3$ kg nadal spoczywa. Oblicz masę trzeciego fragmentu statku, jeśli jego szybkość jest równa 6,7 m/s.

9 Zadanie – Spadochroniarz

Spadochroniarz wraz z wyposażeniem ma masę 142 kg i opada na spadochronie pionowo w dół ze stałą prędkością o wartości 5,2 m/s. Dzieje się to około 300 m nad poziomem morza, a przyśpieszenie ziemskie jest tam równe $9,8 \text{ m/s}^2$. Oblicz siłę oporów ruchu działającą na spadochroniarza wraz z jego wyposażeniem.

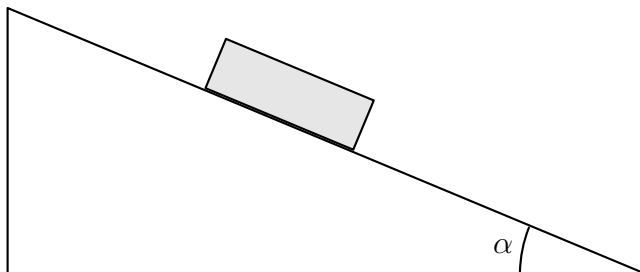
10 Zadanie – Kula w polu dwóch sił

Kula o masie 4 kg porusza się pod wpływem siły ciężkości oraz poziomo skierowanej, stałej siły elektrostatycznej. Wpływ innych sił jest pomijalny. Przyśpieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$. Wartość siły elektrostatycznej to 48 N. Oblicz:

- wartość wypadkowej siły działającej na kulę,
- wartość przyśpieszenia kuli,
- wartość prędkości kuli po czasie 5 s, zakładając, że początkowo znajdowała się ona w spoczynku.

11 Zadanie – Równia pochyła (rysunek)

Po idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu $\alpha = 44^\circ$ zsuwa się cegła o masie 4,2 kg. Oblicz przyśpieszenie cegły. Pomiń wpływ oporu powietrza. Przyśpieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$. Wartość kąta α na rysunku może być inna od podanej.



12 Zadanie – Rozpędzanie z oporem

Na lodowisku stoi łyżwiarz o masie 71 kg. Kolega rozpędza go, działając na łyżwiarza poziomą siłą o wartości 39 N na drodze 2,5 m. Wiedząc, że działająca na łyżwiarza pozioma siła oporu ma wartość 9 N, oblicz szybkość, z jaką łyżwiarz będzie się poruszać po rozpędzeniu.

13 Zadanie – Spacer z sankami

Dziecko ciągnie sanki ze stałą prędkością, po poziomym boisku, wzdłuż odcinka o długości 20 m. Oblicz pracę, jaką wykona ono przy ciągnięciu, jeśli siła napięcia sznurka wynosi 69 N i tworzy on kąt 25° z poziomem.

14 Zadanie – Cegły z wykopaliska

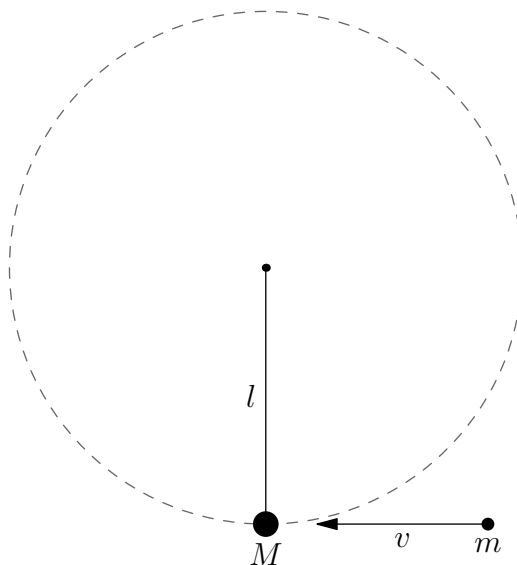
Ilu studentów archeologii potrzeba, by wynieść 3100 cegieł z wykopaliska? Każda z cegieł ma masę 7 kg, a każdy student może wykonać pracę 40000 J, niosąc cegły samodzielnie albo w grupie. Każdą cegłę należy przenieść o 23 m wyżej w polu grawitacyjnym o natężeniu $9,8 \text{ N/kg}$.

15 Zadanie – Wahadło

Kulkę o masie 60 dag zawieszoną na długiej, nierozciągliwej i bardzo lekkiej nici przymocowanej do nieruchomego zaczepu wychylono z położenia równowagi tak, że podniosła się ona na wysokość 3 cm. Nici cały czas była napięta. Po wypuszczeniu kulka wykonuje ruch wahadłowy. Zanedbując opory ruchu, oblicz wartość prędkości kulki w momencie przechodzenia przez położenie równowagi. Przyjmij, że przyspieszenie grawitacyjne jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$.

16 Zadanie – Postrzelone wahadło

Metalowy ciężarek o masie $M = 309 \text{ g}$ wisi na bardzo lekkim sznurku o długości $l = 54 \text{ cm}$. Sznurek zaczepiony jest jednym końcem w środku masy ciężarka, a drugim w taki sposób, że po nadaniu ciężarkowi prędkości o odpowiednio dużej wartości ciężarek może poruszać się po okręgu zawartym w pionowej płaszczyźnie. W pewnej chwili w ciężarek uderza poziomo lecący z prędkością o wartości v pocisk o masie $m = 49 \text{ g}$. Pocisk zlepia się trwale z ciężarkiem. Powstałą bryłę można traktować jak punkt materialny. Jaka powinna być minimalna wartość prędkości pocisku, aby utworzona bryła zatoczyła pełny okrąg o promieniu l w płaszczyźnie pionowej? Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$. Pomiń opory ruchu bryły.



17 Zadanie – Przyśpieszenie planety

Oblicz wartość przyśpieszenia, z jakim porusza się planeta MLMC wokół gwiazdy PRPL. Przyjmij, że MLMC i PRPL są punktami materialnymi o masach odpowiednio $8,84 \cdot 10^{24}$ kg i $3,09 \cdot 10^{30}$ kg, a planeta porusza się ze stałą szybkością w odległości $420 \cdot 10^6$ km od gwiazdy. Stała grawitacji $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg². Zagadnienie rozważ w układzie inercyjnym. Wpływ innych ciał jest nieistotny.

18 Zadanie – Naturalny satelita

Oblicz promień kołowej orbity naturalnego satelity o masie $82 \cdot 10^3$ kg okrążającego w czasie 63,4 h jednorodną planetę o masie $765 \cdot 10^{22}$ kg. Stała grawitacji $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg².

19 Zadanie – Dwie gwiazdy

Gwiazda A ma masę M_A , a gwiazda B masę M_B . Gdy były w odległości d_1 od siebie, ich szybkości w pewnym układzie inercyjnym wynosiły odpowiednio v_{A1} oraz v_{B1} . Gwiazdy oddziałują ze sobą jedynie grawitacyjnie. Układ jest izolowany. Wyznacz szybkość gwiazdy A w chwili, gdy odległość między gwiazdami wzrosła do d_2 , jeśli szybkość gwiazdy B była wtedy równa v_{B2} . Uzyskaj również wyniki liczbowe dla $M_A = 3 \cdot 10^{30}$ kg, $M_B = 9 \cdot 10^{30}$ kg, $v_{A1} = 43$ km/s, $v_{B1} = 28$ km/s, $d_1 = 6 \cdot 10^{11}$ m, $v_{B2} = 24$ km/s, $d_2 = 11 \cdot 10^{11}$ m. Stała grawitacji $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg².

20 Zadanie – Ciężarek na lince

Przymocowany do linki ciężarek o bardzo małych rozmiarach rozkręcono tak, że w czasie 0,82 s zakreśla okrąg o promieniu 130 cm. Linkę można skracać, wyciągając ją w punkcie zamocowania, czyli w środku okręgu, po jakim porusza się ciężarek. Oblicz okres obiegu tego ciężarka po okręgu, jeśli promień okręgu zostanie zmniejszony do 78 cm. Pomiń wpływ oddziaływań grawitacyjnych oraz oporów ruchu.

Płyny, ciepło

21 Zadanie – Przyssawka

Oblicz maksymalną masę odważnika, który może wisieć przyczepiony do okrągłej przyssawki przylegającej do poziomego sufitu. Średnica przyssawki jest równa 35 cm. Przyjmij, że między przyssawką a sufitem jest próżnia, ciśnienie atmosferyczne jest równe 1028 hPa, a przyspieszenie ziemskie $9,8 \text{ m/s}^2$.

22 Zadanie – Pod wodą

Oblicz ciśnienie wody działające na nurka znajdującego się na głębokości 30 m. Przyjmij gęstość wody 1012 kg/m^3 oraz natężenie pola grawitacyjnego $9,8 \text{ N/kg}$.

23 Zadanie – Kula w cieczy

Pełna kula wykonana z materiału o gęstości 1900 kg/m^3 pływa w cieczy o gęstości 2300 kg/m^3 . Cały układ znajduje się w jednorodnym polu grawitacyjnym. Oblicz stosunek objętości tej części kuli, która znajduje się powyżej powierzchni cieczy, do objętości całej kuli.

24 Zadanie – Wąż ogrodowy

Gumowy wąż ogrodowy o wewnętrznej średnicy 13 mm zakończony jest otworem o średnicy 3 mm. Z jaką szybkością wylatuje woda z otworu, jeśli w wężu porusza się ona z szybkością 50 cm/s ?

25 Zadanie – Parowanie wody

Do naczynia zawierającego 0,3 kg wody włożono grzałkę o mocy 900 W, a następnie doprowadzono wodę do wrzenia. Ile wody wyparowało w ciągu 2 minut wrzenia? Przyjmij, że ciepło parowania wody wynosi 2270 kJ/kg .

26 Zadanie – Lodowiec

Oszacuj masę stopionego lodu z lodowca, który zsunął się i zatrzymał w dolinie. Początkowo lodowiec spoczywał na wysokości 399 m nad doliną i miał masę $14 \cdot 10^9 \text{ kg}$. Załóż, że energia tracona przez zsuwający się lodowiec i spływającą wodę powstałą podczas topnienia lodowca powoduje dalsze topnienie lodu. Przyjmij ciepło topnienia lodu 334 kJ/kg . Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$.

Elektryczność, obwody

27 Zadanie – Łamigłówka z elektrostatyki

Do dyspozycji masz uziemienie oraz trzy jednakowe metalowe kule, dwie z nich naładowane są ładunkiem Q , a trzecia ładunkiem $-Q$. Otrzymaj na jednej z nich ładunek $\frac{3}{8}Q$. Możesz łączyć kule ze sobą oraz z uziemieniem.

28 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 13 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 9. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów. Przyjmij, że ładunek protonu jest równy $1,602 \cdot 10^{-19}$ C, jego masa to $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg, a stała Coulomba wynosi $8,988 \cdot 10^9$ Nm²/C².

29 Zadanie – Przyciągnięty elektron

Oblicz pracę siły elektrostatycznej ciężkiego jonu o wypadkowym ładunku $+6e$, gdzie e jest ładunkiem protonu, podczas przyciągania elektronu z odległości 3 mm do 4 nm. Przyjmij, że elektron na początku i na końcu procesu spoczywa. Wynik wyraż w elektronowoltach oraz w dżulach.

30 Zadanie – Praca nad ładunkiem w polu dipola elektrycznego

Oblicz pracę, jaką wykonała zewnętrzna siła, przemieszczając proton po półokręgu w polu trwałego, nieruchomego dipola elektrycznego o wartości momentu dipolowego $5 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo proton spoczywał na symetralnej dipola w odległości 1,9 nm od tego dipola. Na końcu proton również spoczywał na symetralnej dipola, ale w odległości 3,4 nm od tego dipola i po jego drugiej stronie.

31 Zadanie – Obrót molekuly w polu innej cząsteczki

Oblicz, ile energii zostanie przekazane otoczeniu, gdy molekula posiadająca moment dipolowy o wartości $1,9 \cdot 10^{-30}$ Cm ustawi się tak, by jej moment dipolowy był skierowany przeciwnie do momentu dipolowego drugiej, unieruchomionej molekuly znajdującej się w odległości 1,5 nm. Wartość momentu dipolowego drugiej molekuly jest równa $15,7 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo momenty dipolowe są ustawione równolegle i mają zgodne zwroty. Momenty dipolowe są prostopadłe do wektora względnego położenia molekuł. Przyjmij, że molekuly są trwałymi dipolami punktowymi. Energia potencjalna dwóch dipoli punktowych jest równa

$$E_p = k \left(\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 - 3 \frac{\vec{p}_1 \cdot \vec{r}}{r} \frac{\vec{p}_2 \cdot \vec{r}}{r} \right) \frac{1}{r^3}$$

gdzie k jest stałą elektryczną, \vec{p}_i momentem dipolowym, a \vec{r} wektorem względnego położenia dipoli. Korzystając z tego wzoru, uzasadnij, które jego składowe są istotne w rozważanym problemie. Wynik wyraż w elektronowoltach oraz w dżulach.

32 Zadanie – Alarm samochodowy

Przez pewien alarm samochodowy w trybie czuwania przepływa prąd o średnim natężeniu 35 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez ten układ w trakcie 23 dób. Wynik podaj w kulombach i amperogodzinach.

33 Zadanie – Opornik

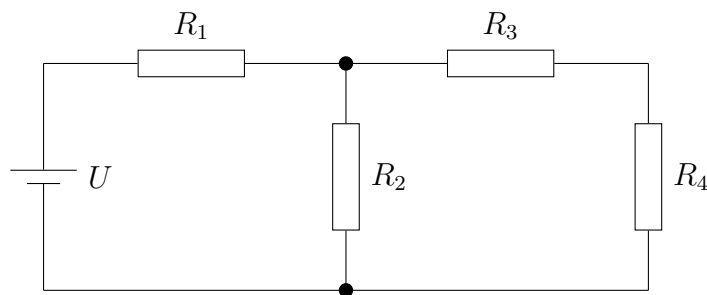
Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 20 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 0,56 V.

a) Oblicz opór opornika.

b) Zakładając, że opornik spełnia prawo Ohma, oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik, gdy napięcie mierzone między jego końcówkami jest równe 4,48 V.

34 Zadanie – Napięcie na oporniku – obwód 3

Oblicz spadek napięcia na oporniku R_4 w poniższym obwodzie, jeśli $R_1 = 9 \Omega$, $R_2 = 14 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$, $R_4 = 9 \Omega$, $U = 17 \text{ V}$.



Fizyka kwantowa

35 Zadanie – Wzbudzone atomy wodoru

Próbka składa się z wielu atomów wodoru, a każdy z nich na początku znajduje się w stanie wzbudzonym o głównej liczbie kwantowej $n = 4$.

a) Narysuj schemat przedstawiający poziomy energetyczne atomu wodoru wraz z wartościami odpowiadającej im głównej liczby kwantowej n (odległości między poziomami mogą być dowolne). Zaznacz na rysunku wszystkie możliwe bezpośrednie i pośrednie przejścia elektronów, których skutkiem jest emisja fotonu z atomów próbki.

b) Oblicz liczbę linii emisyjnych, które można zaobserwować, mierząc promieniowanie badanej próbki.

c) Napisz, dla którego przejścia emitowane fotony mają najmniejszą częstotliwość spośród wszystkich emitowanych przez próbkę.

36 Zadanie – Liczby kwantowe atomu wodoru

Opisz wszystkie kombinacje liczb kwantowych orbitalnej l i magnetycznej m określające możliwe stany elektronu w atomie wodoru, jeśli wiadomo, że elektron znajduje się w stanie o głównej liczbie kwantowej $n = 5$.

37 Zadanie – Gęstość prawdopodobieństwa w atomie wodoru

Dla każdego ze stanów opisanych następującymi funkcjami falowymi oblicz gęstość prawdopodobieństwa znalezienia elektronu na jądrze atomu wodoru:

a)

$$\Psi_{100}(x, y, z) = \frac{1}{\sqrt{\pi}a_0^{3/2}}e^{-r/a_0}$$

b)

$$\Psi_{210}(x, y, z) = \frac{z}{4\sqrt{2\pi}a_0^{5/2}}e^{-r/(2a_0)}$$

gdzie $a_0 \approx 0,529 \cdot 10^{-10}$ m. Wyniki podaj w jednostkach nm^{-3} . Funkcje falowe określone są w układzie kartezjańskim XYZ , jądro spoczywa w środku tego układu, a r jest odległością od środka układu do punktu (x, y, z) .

38 Zadanie – Liczba fotonów

Impuls monochromatycznego światła o długości fali 610 nm w próżni padł na ciemną płytkę, która pochłania 79% energii padającego na nią promieniowania. Oblicz liczbę fotonów w tym impulsie, jeśli wiadomo, że na skutek oświetlenia energia płytki zwiększyła się o 35 mJ. Przyjmij wartości: prędkości światła w próżni $c = 3 \cdot 10^8$ m/s i stałej Plancka $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s.

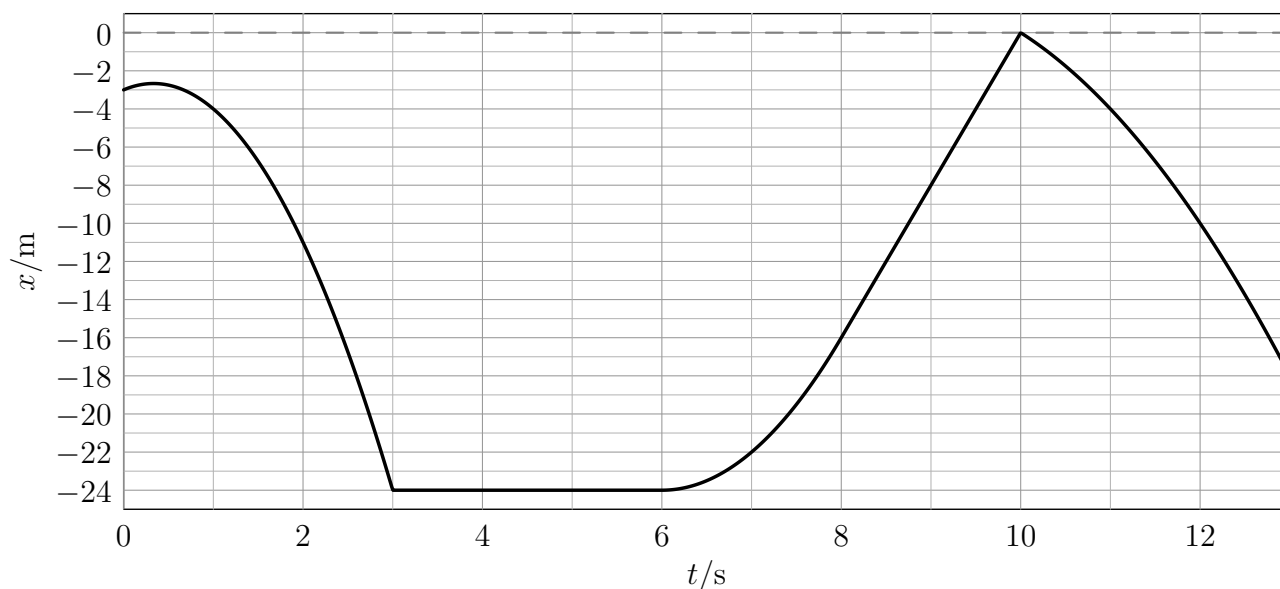
39 Zadanie – Efekt fotoelektryczny

Metalową płytkę oświetlono promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali 250 nm. Maksymalna energia kinetyczna wybijanych z płytki elektronów jest równa 1,89 eV. Oblicz pracę wyjścia elektronu z powierzchni tego metalu. Wynik podaj w eV. Przyjmij wartości: prędkości światła w próżni $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, ładunku elementarnego $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, stałej Plancka $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s = 4,136 · 10⁻¹⁵ eV · s.

Zadania dodatkowe, nieobowiązkowe!

40 Zadanie – Niezdecydowany punkt materialny

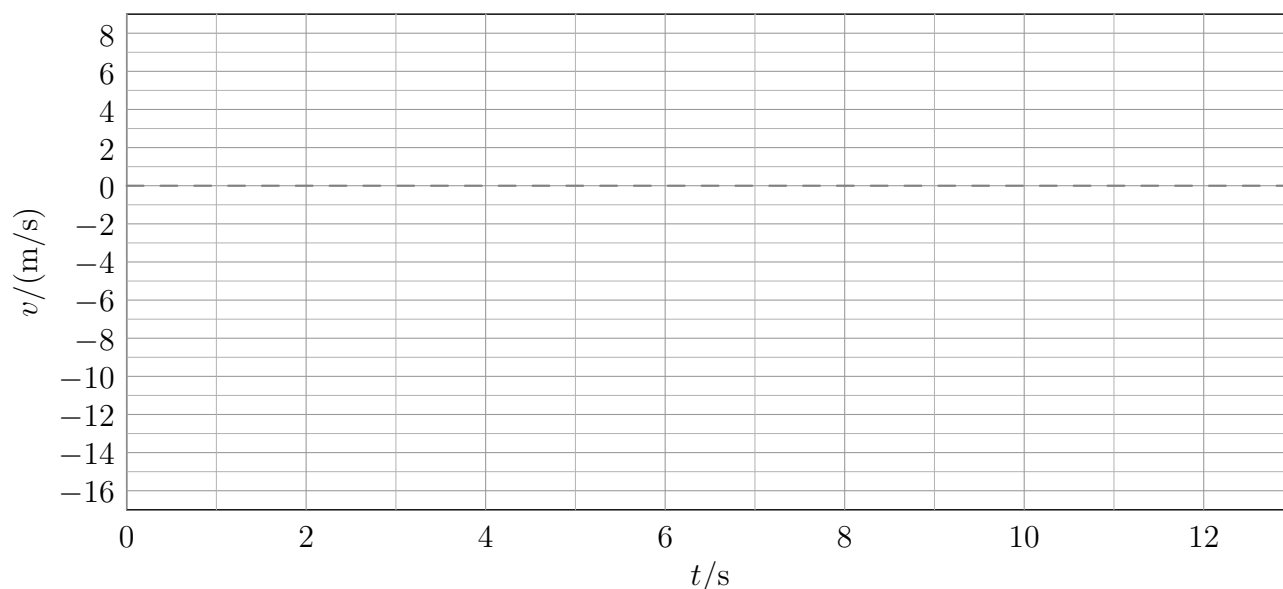
Punkt materialny porusza się wzdłuż osi X . Na wykresie przedstawiono zależność jego położenia x od czasu t .



W tabeli podano przyspieszenie a punktu materialnego w poszczególnych interwałach czasu.

t/s	[0, 3[]3, 6[]6, 8[]8, 10[]10, 13]
$a/(m/s^2)$	-6	0	4	0	-2

Wykonaj wykres zależności prędkości v od czasu dla tego punktu materialnego dla $t \in [0, 13]$ s.



41 Zadanie – Przecięcie torów?

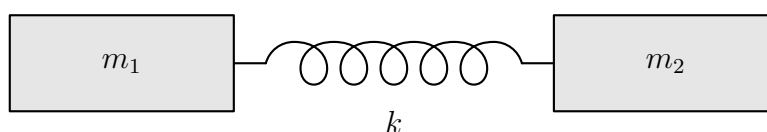
Mały, metalowy ciężarek wisi na bardzo lekkim sznurku. Sznurek zaczepiony jest jednym końcem w środku masy ciężarka, a drugim w taki sposób, że po nadaniu ciężarkowi prędkości o odpowiednio dużej wartości ciężarek może poruszać się po okręgu leżącym w płaszczyźnie pionowej. Udowodnij, że tor ciężarka, gdy porusza się on po takim okręgu, nie przecina się z torem, po jakim poruszałby się, gdyby sznurek zwolniono w momencie, gdy ciężarek znajduje się w najwyższym punkcie okręgu. Pomiń opory ruchu.

42 Zadanie – Wiewiórka na stacji kosmicznej

Wiewiórka o masie m odbiła się od ściany stacji kosmicznej i leci w pomieszczeniu wypełnionym powietrzem. Wyprowadź zależność prędkości v wiewiórki od czasu t , jeśli na początku miała ona prędkość v_0 w układzie stacji. Na wiewiórkę działa jedynie siła oporu powietrza o wartości kv^2 , gdzie k jest stałą.

43 Zadanie – Dwa ciężarki połączone sprężyną

Wyznacz okres drgań układu składającego się z dwóch ciężarków o masach m_1 i m_2 połączonych bardzo lekką sprężyną o współczynniku sprężystości k . Rozważ tylko drgania, przy których sprężyna nie wygina się na boki. Pomiń wpływ innych ciał. Uzyskaj również wynik liczbowy dla $k = 47 \text{ N/m}$, $m_1 = 3 \text{ kg}$ oraz $m_2 = 6 \text{ kg}$.



44 Zadanie – Kosmiczny walc

Dwa kuliste, jednorodny obiekty o masach M_a oraz M_b wirują w przestrzeni kosmicznej po orbitach kołowych wokół wspólnego środka masy. W układzie inercyjnym, w którym środek układu spoczywa, okres tego ruchu wynosi T . Obiekty oddziałują ze sobą jedynie grawitacyjnie. Układ jest izolowany.

- Oblicz odległość pomiędzy środkami tych obiektów oraz promienie ich orbit.
- Uprość wyniki w przypadku, gdy $M_a/M_b \rightarrow 0$, oraz w przypadku, gdy $M_a = M_b$.
- Uzyskaj również wyniki liczbowe dla $M_a = 36 \cdot 10^{22}$ kg, $M_b = 66 \cdot 10^{22}$ kg oraz $T = 860$ h. Stała grawitacji $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg².

45 Zadanie – Tunel średnicowy

Oblicz szybkość, z jaką poruszałaby się jednoosobowa kapsuła w odległości 3800 km od środka planety RBRTHK w tunelu wydrążonym wzdłuż jej średnicy. Przyjmij, że planeta RBRTHK jest jednorodną kulą, jej masa jest równa $8,08 \cdot 10^{24}$ kg, a jej promień 7300 km. Kapsuła porusza się tylko pod wpływem pola grawitacyjnego planety, a na początku podróży, na powierzchni planety spoczywała. Zmiany pola grawitacyjnego wynikające z wydrążenia tunelu oraz opory ruchu są pomijalne. Stała grawitacji $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg². Zagadnienie rozważ w układzie inercyjnym, w którym planeta spoczywa.

46 Zadanie – Ołów, lód i woda

Kulę o masie 7,5 kg wykonaną ze stopu ołowiu zatopiono w lodowej kuli. Lodową kulę z zatopioną ołowianą kulą włożono do częściowo wypełnionego wodą, prostopadłościennego pojemnika, którego poziome dno ma powierzchnię 0,35 m². Początkowo lodowa kula z zatopioną ołowianą kulą pływała w wodzie, częściowo zanurzona. Gęstość użytego stopu ołowiu jest równa 10300 kg/m³, a gęstość wody 1000 kg/m³. Lód, z którego zbudowana jest lodowa kula, powstał z zamrożenia takiej samej wody, jaka znajduje się w pojemniku. Cały układ znajduje się w jednorodnym polu grawitacyjnym. Oblicz, o ile zmieni się wysokość poziomu wody w pojemniku, gdy lód stopnieje. Napisz, czy poziom wody w pojemniku się podniesie, obniży, czy się nie zmieni.