RUCH DRGAJĄCY

Zadanie 1. (0–4)

Zgodnie z prawem Hooke'a wydłużenie, jakiemu ulega ciało sprężyste pod wpływem działania siły, jest wprost proporcjonalne do wartości siły i długości początkowej ciała, a odwrotnie proporcjonalne do jego przekroju poprzecznego. Prawo to można zapisać zależnością:

$$\Delta l = k \cdot \frac{l_0 \cdot F}{S}$$

gdzie $k = \frac{1}{E}$, a E oznacza moduł Younga.

Zadanie 1.1. (0–2)

Wykaż, że jednostką modułu Younga jest paskal.

Zadanie 1.2. (0–2)

Oblicz wydłużenie pręta stalowego o długości początkowej 1m i średnicy 10mm, na którym zawieszono ciężarek o masie 90kg. Wartość modułu Younga dla stali, z której wykonano pręt, wynosi 210GPa. Przyjmujemy wartość przyspieszenia ziemskiego 10 m/s^2 .

Zadanie 2

Dwie koleżanki chciały wyznaczyć masę dyni, wykorzystując linijkę, paczkę soli o masie 1 kg i lekką sprężynę, zaczepioną jednym końcem do nieruchomego haka wystającego z sufitu sali lekcyjnej. Zwisająca swobodnie, pionowo sprężyna miała długość 21 cm. Gdy dziewczynki zawiesiły na wolnym końcu sprężyny paczkę soli, długość sprężyny po wytłumieniu drgań była równa 25 cm. Gdy na sprężynie zawiesiły tylko dynię, długość sprężyny wzrosła do 31 cm.

Załóż, że sprężyna spełnia prawo Hooke'a, i rozwiąż zadania 2.1–2.4.

Zadanie 2.1. (0–1)

Oblicz stałą sprężystości sprężyny i wyraź ją w jednostkach układu SI.

Zadanie 2.2. (0–1)

Oblicz masę dyni.

Zadanie 2.3. (0–3)

Koleżanki ponownie zawiesiły na sprężynie paczkę soli. Chciały wyznaczyć stałą sprężystości sprężyny inną metodą. Tym razem kilkukrotnie zmierzyły za pomocą stopera czas 10 drgań paczki i wyniki zapisały w tabelce.

Pomiar	1	2	3	4
Czas drgań [s]	4,01	4,10	3,92	4,06

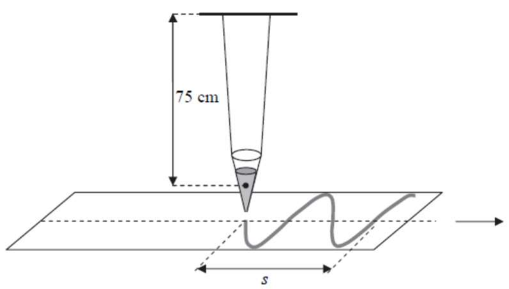
Dla każdego wyniku pomiaru czasu oblicz stałą sprężystości sprężyny. Wykonaj potrzebne obliczenia i podaj końcowy wynik wyznaczonej stałej sprężystości wraz z niepewnością.

Zadanie 2.4. (0–2)

Wymień trzy czynniki wpływające na niepewność wyznaczenia stałej sprężystości w zastosowanych metodach (czynnik może dotyczyć jednej metody lub obu).

Do zadań 3.1-3.2

Do demonstracji zależności wychylenia od czasu w ruchu drgającym wykorzystano małe stożkowe naczynie z piaskiem zawieszone na niciach (patrz rysunek poniżej). W dolnej części naczynia wykonano mały otwór. Naczynie wahało się w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny rysunku, a pod naczyniem ze stałą prędkością przesuwała się taśma papierowa, na którą wysypywał się piasek. Taśma miała szerokość 15 cm, a odległość *s*, zaznaczona na rysunku, była równa 30 cm.

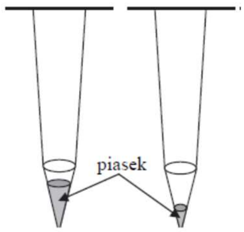


Masę nitek i naczynia pomiń: potraktuj opisany układ jak wahadło matematyczne.

Zadanie 3.1. (0–3)

Oblicz okres drgań wahadła i wartość prędkości taśmy oraz oszacuj maksymalną prędkość naczynia z piaskiem.

Zadanie 3.2. (0–1)
W trakcie wykonywania doświadczenia wraz z upływem czasu powoli zmniejszała się ilość piasku w naczyniu (patrz rysunek poniżej).
Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.



Z powodu zmniejszania się ilości piasku w naczyniu okres drgań wahadła

A.	maleje,	ponieważ	1.	obniża się środek masy wahadła.
B.	się nie zmienia,		2.	okres nie zależy od masy wahadła.
C.	rośnie,		3.	maleje amplituda drgań wahadła.

Zadanie 4. (0–1)
Ile razy zmieni się okres drgań wahadła matematycznego, jeżeli wahadło zostałoby umieszczone na powierzchni Księżyca i jednocześnie skrócone o połowę? Przyjmij $g_K = 1/6\ g_Z$.

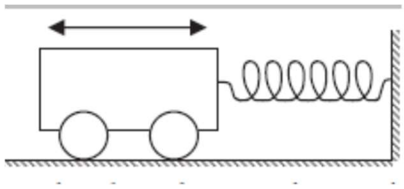
Zadanie 5.
Na lekkiej sprężynce o długości 25 cm (bez obciążenia), zawierającej 100 zwojów, zawieszono ciężarek i ponownie zmierzono jej długość. Następnie odcinano po 20 zwojów i mierzono długość sprężyny, nie zmieniając ciężarka. Wyniki pomiarów zapisano w tabeli.

Liczba zwojów	100	80	60	40	20
Długość obciążonej sprężyny [cm]	75	60	45	30	15
Wydłużenie sprężyny [cm]					

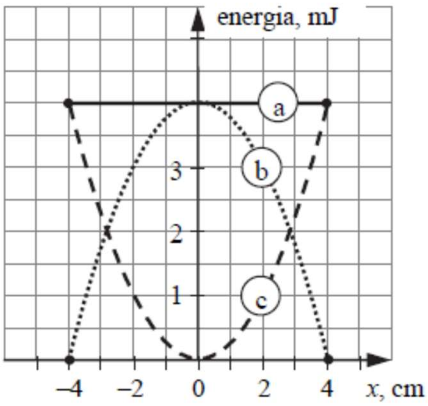
Zadanie 5.1. (0−1)
Oblicz wydłużenie sprężyny w każdym przypadku. Wyniki obliczeń wpisz do tabeli.
Zadanie 5.2. (0−3)
Przeczytaj tekst i podkreśl w nim odpowiednie słowa, aby powstał poprawny opis zależności wydłużenia sprężyny i współczynnika sprężystości od liczby zwojów. Uzasadnij odpowiedź.
Na podstawie otrzymanych wyników można ustalić, że wydłużenie sprężyny jest **wprost proporcjonalne/odwrotnie proporcjonalne** do liczby zwojów, a współczynnik sprężystości sprężyny – **wprost proporcjonalny/odwrotnie proporcjonalny** do tej liczby.
Zadanie 5.3. (0−2)
Oblicz stosunek liczby drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie o współczynniku sprężystości *k* do liczby drgań wykonanych w tym samym czasie przez ciężarek zawieszony na sprężynie o współczynniku sprężystości 4*k*.
Zadanie 6. (0–4)
Ciężarek o masie 20 g zawieszono na sprężynie i wprawiono w ruch harmoniczny. Amplituda tych drgań wynosi 3 cm, a ich częstotliwość 2 Hz.
Oblicz prędkość liniową ciężarka w chwili, gdy jego wychylenie z położenia równowagi wynosi 1 cm.
Zadanie 7. (0–4)
Motocyklista jedzie po betonowej drodze zbudowanej z płyt o długości 12 m. Między płytami występują szczeliny powodujące „stukanie" podczas jazdy. Koła połączone są z resztą motocykla za pomocą dwóch resorów o współczynniku sprężystości k = 4 kN/m każdy. Łączna masa motocyklisty i motocykla bez kół wynosi 200 kg. Zakładamy, że ciężar rozłożony jest równomiernie na oba koła.
Oblicz prędkość jazdy, przy której motocykl może wpaść w drgania rezonansowe. Wynik podaj W km/h**.**

Zadanie 8. (0–3)
Na sprężynie o współczynniku sprężystości 30 N/m zawieszono ciężarek o masie 50 g. Następnie rozciągnięto sprężynę o 3 cm względem położenia równowagi i puszczono swobodnie. Masę samej sprężyny i opory ruchu należy pominąć.
Oblicz prędkość ciężarka w chwili, gdy wydłużenie sprężyny wynosiło 2 cm.

Zadanie 9.
Wózek o masie 200 g jest doczepiony do sprężyny, której drugi koniec jest unieruchomiony (rysunek obok). Wózek wykonuje drgania wzdłuż osi poziomej. Opory ruchu, masę kółek i masę sprężyny pomijamy.



Na wykresie poniżej przedstawiono w jednym układzie współrzędnych wykresy zależności energii kinetycznej, potencjalnej i całkowitej układu wózek – sprężyna od wychylenia wózka *x*.



Zadanie 9.1. (0–1)
Wpisz do odpowiednich komórek poniższej tabeli obok każdej z nazw energii literę a, b lub c odpowiadającą wykresowi zależności tej energii od wychylenia *x*.

energia kinetyczna	
energia potencjalna	
energia całkowita	

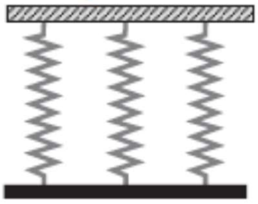
Zadanie 9.2. (0–1)
Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F – jeśli zdanie jest fałszywe.

1.	Energia kinetyczna wózka jest odwrotnie proporcjonalna do wychylenia *x* wózka z położenia równowagi.	P	F
2.	Energia potencjalna układu przy maksymalnym wychyleniu jest równa energii kinetycznej wózka przy przechodzeniu przez położenie równowagi.	P	F
3.	Energia całkowita układu jest zawsze równa maksymalnej energii kinetycznej wózka.	P	F

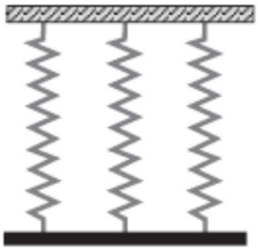
Zadanie 9.3. (0–2)
Oblicz maksymalną prędkość, z jaką porusza się wózek.
Zadanie 9.4. (0–3)
Oblicz okres drgań wózka.

Zadanie 10. (0–4)
Pręt zawieszono poziomo na trzech identycznych, bardzo lekkich sprężynach, których górne końce przymocowano do sufitu (zobacz rys. 1.). Następnie ten pręt wychylono w kierunku pionowym z położenia równowagi sił, po czym puszczono. Skutkiem tego pręt wraz z układem sprężyn został wprawiony w drgania o kierunku pionowym tak, że położenie chwilowe pręta zawsze było poziome (zobacz rys. 2.–4.). Częstotliwość drgań opisanego układu była równa *f*1.

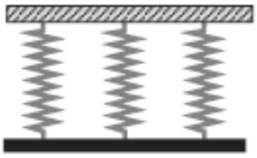
Rysunek 1.



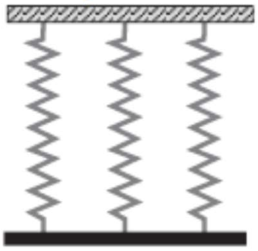
Rysunek 2.



Rysunek 3.

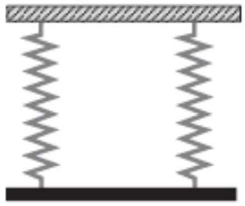


Rysunek 4.



Następnie z układu usunięto środkową sprężynę (zobacz rys. 5.), a całość ponownie wprawiono w ruch drgający, podobny do opisanego powyżej. Częstotliwość drgań układu po usunięciu środkowej sprężyny była równa $f2$.

Rysunek 5.

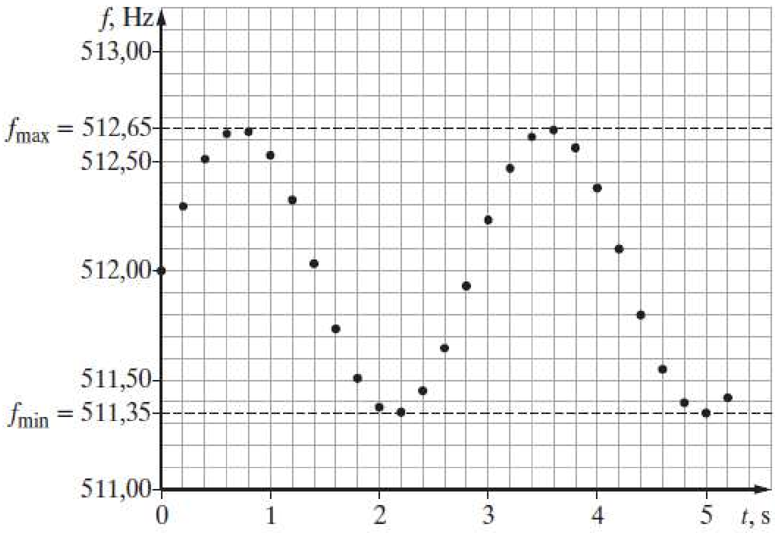


Oblicz stosunek częstotliwości $f1/f2$. Uzyskany wynik liczbowy zapisz z dokładnością do czterech cyfr znaczących. Pomiń opory ruchu.

Zadanie 11.

Na długiej nici zawieszono kamerton i w ten sposób powstało wahadło. Niedaleko od wahadła, na tej samej wysokości co kamerton, ustawiono w płaszczyźnie drgań wahadła przyrząd do pomiaru częstotliwości odbieranego dźwięku. Następnie uderzono młoteczkiem w kamerton, odchylono wahadło o niewielki kąt od pionu i puszczono.

Na wykresie przedstawiono rejestrowaną przez miernik częstotliwość w zależności od czasu, który upłynął od rozpoczęcia ruchu przez wahadło. Każdy pomiar wykonany przez miernik jest zaznaczony na wykresie jako jeden punkt.



Zadanie 11.1. (0–3)

Korzystając z wykresu, odczytaj lub oblicz:

I. częstotliwość, z jaką miernik wykonywał pomiary: ....

II. częstotliwość drgań kamertonu: ....

III. częstotliwość drgań wahadła: ....

Zadanie 11.2. (0–2)

Korzystając z danych przedstawionych na wykresie, oblicz wartość maksymalnej prędkości kamertonu. Przyjmij prędkość dźwięku v_d = 340 m/s.

Zadanie 11.3. (0–1)

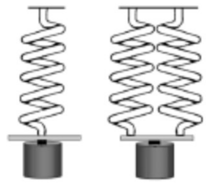
Wyprowadź wzór, za pomocą którego można obliczyć amplitudę drgań wahadła, jeżeli dana jest częstotliwość wahań i wartość maksymalnej prędkości wahadła.

Zadanie 11.4. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F – jeśli zdanie jest fałszywe.

1.	Jeśli dwukrotnie zwiększymy amplitudę drgań wahadła, to okres jego drgań dwukrotnie zmaleje.	P	F
2.	Długość fali emitowanej przez kamerton zależy od prędkości dźwięku w powietrzu.	P	F
3.	Miernik częstotliwości rejestruje częstotliwość równą częstotliwości drgań kamertonu wtedy, gdy energia potencjalna wahadła jest maksymalna.	P	F

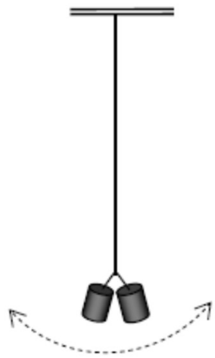
Zadanie 12. (0–1)



Rozważ dwa układy drgające przedstawione na rysunku. Wszystkie sprężyny są identyczne, a masy ciężarków – równe. Jeśli ciężarki zostaną wprawione w drgania, to okres drgań ciężarka na pojedynczej sprężynie wynosi *T1*, a okres drgań ciężarka w układzie z dwoma sprężynami wynosi *T2*.
Poniżej zapisano relacje pomiędzy okresami drgań ciężarków.
Wybierz i otocz kółkiem prawidłową odpowiedź.

A. $T_1 = \frac{T_2}{\sqrt{2}}$ **B.** $T_1 = T_2$ **C.** $T_1 = \sqrt{2} \cdot T_2$ **D.** $T_1 = 2 \cdot T_2$

Zadanie 13. (0–1)

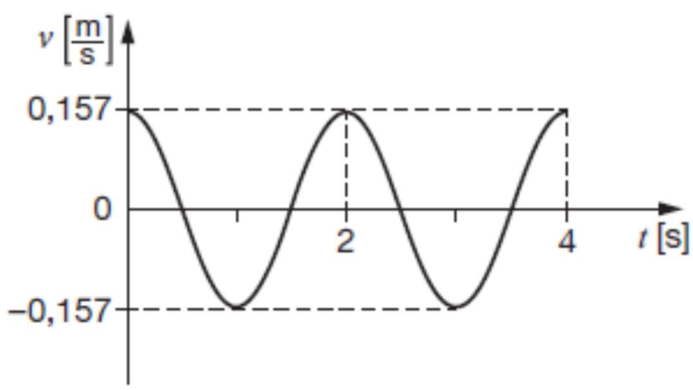


Na długiej nici zawieszono dwa identyczne, niewielkie ciężarki i wprawiono w drgania. W chwili, gdy układ był maksymalnie wychylony, jeden z ciężarków odpadł, a ciężarek pozostały na nici nadal drgał. W obu przypadkach potraktuj drgający układ jako wahadło matematyczne i pomiń opory ruchu.
Odpadnięcie ciężarka może spowodować zmiany niektórych parametrów układu drgającego.
Spośród podanych poniżej stwierdzeń A, B, C, D i E wybierz i otocz kółkiem prawidłowy opis zmian niektórych wielkości fizycznych charakteryzujących drgania układu.

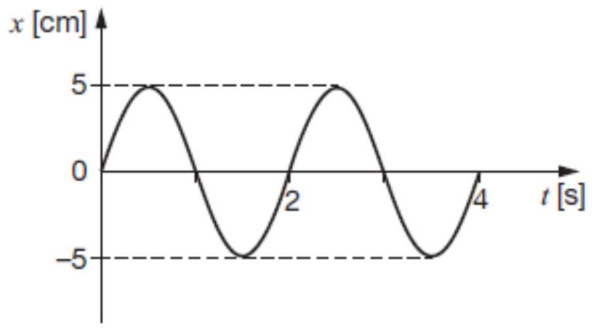
A. Okres drgań i maksymalne wartości energii kinetycznej i potencjalnej nie zmienią się.
B. Okres drgań nie zmieni się, zaś maksymalna wartość energii kinetycznej wzrośnie, a potencjalnej zmaleje.
C. Okres drgań nie zmieni się, a maksymalne wartości energii kinetycznej i potencjalnej zmaleją.
D. Okres drgań zmieni się, zaś maksymalna wartość energii kinetycznej zmaleje, a potencjalnej nie zmieni się.
E. Okres drgań zmieni się, a maksymalne wartości energii kinetycznej i potencjalnej zmaleją.

Zadanie 14. (0–2)

Na wykresie przedstawiono zależność $v(t)$ dla małego ciężarka zawieszonego na nierozciągliwej nici o długości 1 m i drgającego ruchem harmonicznym.
Oblicz amplitudę drgań tego ciężarka.



Zadanie 15. (0–2)
Na wykresie przedstawiono zależność wychylenia od czasu dla ruchu harmonicznego ciężarka o masie 50 g, zawieszonego na sprężynie.



Zadanie 15.1. (0–1)
Zapisz równanie $x(t)$, wyrażając występujące w nim wielkości fizyczne w jednostkach układu SI.

Zadanie 15.2. (0–1)
Oblicz maksymalną energię potencjalną tego ciężarka.