LII Olimpiada Fizyczna (2002/2003)
Stopień I część I — rozwiązania zadań

Zadanie 1

Ilość wody spadającej obydwoma strumieniami jest jednakowa. Masa wody wylatującej z poziomą prędkością v z węża o przekroju poprzecznym S wynosi bowiem $\varrho S v t$, gdzie ϱ jest gęstością wody, a t czasem spadania. Ponieważ zasięg wody, który wynosi vt jest jednakowy dla obu strumieni, to również ich masy są równe.

Zadanie 2

Siła tarcia zależy jedynie od siły nacisku i kierunku (a nie wartości) prędkości względnej ciał. Dlatego, gdy równia wykonuje ruchy poprzeczne, pojawia się naprzemienna składowa poprzeczna siły tarcia. Ponieważ wartość siły tarcia nie zmienia się i wynosi $T = \mu m g \cos\alpha$, to składowa tej siły skierowana w górę równi musi się zmniejszyć, co umożliwia klockowi zsuwanie się.

Uśredniona po czasie składowa siły tarcia ,,w górę" równi wynosi:

$$T_{\text{,,w górę"}} = \mu m g \frac{v}{\sqrt{v^2 + u^2}} \cos\alpha. \tag{1}$$

Ponieważ po upływie dostatecznego czasu klocek zsuwa się ze stałą prędkością v, to składowa $T_{\text{,,w górę"}}$ musi równoważyć składową ,,zsuwającą" siły grawitacji $mg \sin\alpha$. Otrzymujemy stąd warunek na wartość v:

$$v = \frac{u \operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{\mu^2 - \operatorname{tg}^2\alpha}}. \tag{2}$$

Jak widać znalezione rozwiązanie traci sens, gdy $\mu \leq \operatorname{tg}\alpha$, bo wówczas klocek poruszałby się ruchem przyspieszonym, więc jego prędkość nie osiągałaby wartości granicznej.

Zadanie 3

Droga optyczna jest proporcjonalna do współczynnika załamania ośrodka, w którym propaguje się światło. Współczynnik załamania zależy od odległości od osi wiązki, gdyż I zależy od tej odległości. Propagacja promieni w płytce jest zatem równoważna propagacji w ośrodku wykonanym z materiału o stałym współczynniku załamania i grubości zależnej od odległości od osi optycznej. Aby ośrodek miał własności soczewki skupiającej, grubość ta musi się zmniejszać wraz z odległością od osi, co odpowiada $\alpha > 0$ i dowolnemu n_0.

Zadanie 4

Poprawna jest odpowiedź c. Początkowe energie skoczków są takie same, a przy powierzchni Ziemi obaj osiągają również tę samą prędkość. Zatem ciepło wydzielone do atmosfery, które równe jest początkowej energii pomniejszonej o energię końcową musi być jednakowe w obu przypadkach.

Zadanie 5

Z równania Clapeyrona $pV = NRT$ wynika, że jednostkowe objętości różnych gazów w tych samych warunkach (ciśnieniu i temperaturze) zawierają tę samą liczbę moli N, a więc tę samą liczbę cząsteczek. W przypadku powietrza suchego mamy tyle samo cząsteczek w ustalonej objętości co w przypadku powietrza wilgotnego, z tym że w drugim przypadku pewna liczba cząsteczek powietrza (tlenu i azotu) została zastąpiona lżejszymi cząsteczkami wody. Zatem powietrze wilgotne ma mniejszą gęstość.

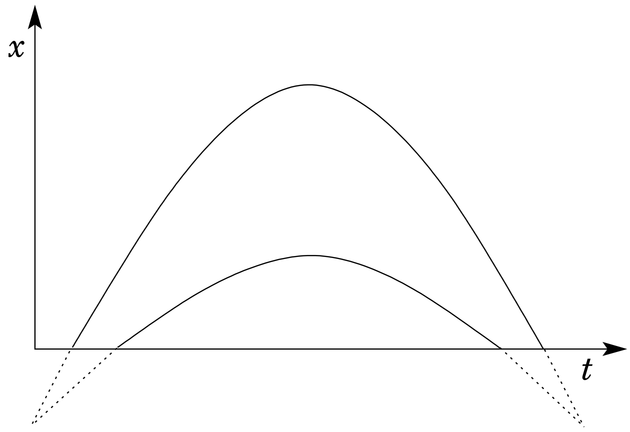
Zadanie 6

Sztywność pręta oznacza, że wydłużenia drutów spełniają związek $\Delta l_1 + \Delta l_3 = 2\Delta l_2$. Ponadto $F_1 = k\Delta l_1$, $F_2 = k\Delta l_2$, $F_3 = 4k\Delta l_3$ dla pewnego k. Ta ostatnia równość wyraża fakt, że dwukrotnie grubszy pręt ma czterokrotnie większe pole przekroju poprzecznego, a więc i czterokrotnie większy współczynnik sprężystości. Po podstawieniu otrzymujemy, $F_1 + F_3/4 = 2F_2$. Z warunku równowagi pręta (znikanie momentu sił) mamy także $F_1 = F_3$. Ponadto oczywiście spełniony musi być warunek równowagi sił $F_1 + F_2 + F_3 = P$. Rozwiązaniem jest

$$F_1 = F_3 = \frac{8}{21}P = \frac{80}{21}\mathrm{N}, \qquad \mathrm{F}_2 = \frac{5}{21}\mathrm{P} = \frac{50}{21}\mathrm{N}. \tag{1}$$

Zadanie 7

Zależność wychylenia kulki z położenia równowagi od czasu w ciągu jednego okresu dla dwóch różnych amplitud przedstawiono na rysunku 1 (linie ciągłe). Zależności te opisane są fragmentami sinusoid odpowiadających drganiom harmonicznym. Z wykresu widać, że okres drgań jest dłuższy, gdy amplituda drgań jest większa.



rys. 1

Zadanie 8

Zmienny strumień pola magnetycznego wyindukuje w ramce, w czasie włączania pola, prąd elektryczny I, którego natężenie można wyznaczyć z prawa Faradaya:

$$\frac{Ba^2\cos\alpha}{T} = I\rho\frac{4a}{S}, \tag{1}$$

gdzie S jest polem przekroju poprzecznego drutu. Na każdy bok ramki będzie więc działać siła Lorentza, jednak tylko dla jednego z boków siła ta ma składową skierowaną do góry, która daje moment dążący do uniesienia tego boku nad powierzchnię stołu. Bok ramki zostanie uniesiony, gdy spełniony będzie warunek:

$$BIa^2\sin\alpha > mg\frac{a}{2}, \tag{2}$$

gdzie $m = 4daS$ jest masą ramki. Wstawiając I wyznaczone z prawa Faradaya dostajemy:

$$B > 4\sqrt{\frac{Tgd\rho}{a\sin 2\alpha}} \approx 0.016\mathrm{T}. \tag{3}$$

Zadanie 9

Na kulkę całkowicie zanurzoną działa pewna siła wyporu F oraz siła ciężkości G, natomiast na kulkę częściowo zanurzoną działa siła aF. Na układ działa ponadto siła reakcji podłoża R, zaczepiona w punkcie podparcia pręta. Suma momentów sił obliczona względem środka ciężkości środkowej kuli musi być równa zeru, a zatem $R = aF$. Natomiast z warunku na to, że suma wszystkich sił działających na układ musi być równa zeru otrzymujemy $G = F + 2aF$.

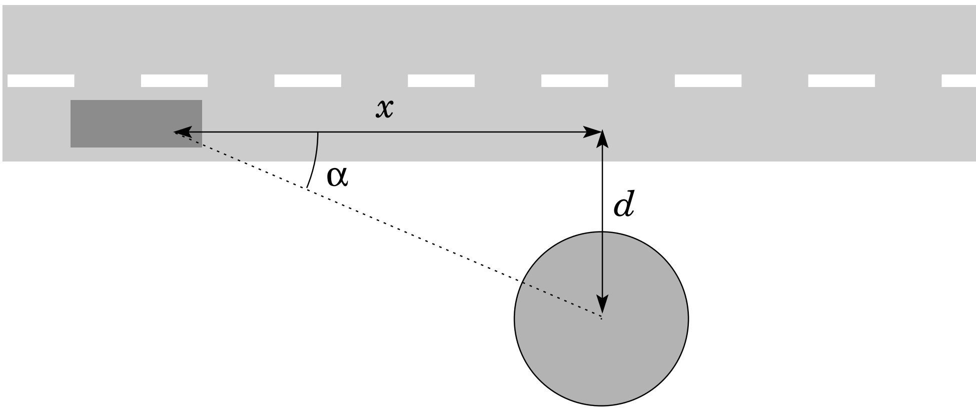
Układ przeniesiony na głęboką wodę nie zatonie jeśli $G < 2F$. Po podstawieniu wartości G z poprzedniego równania otrzymujemy ostatecznie $a < 1/2$.

Zadanie 10

W układzie kierowcy przez cały czas porusza się Ziemia. Pod wpływem tarcia kół o tory, Ziemia porusza się coraz wolniej. Mimo, że zmiana jej prędkości jest znikoma, to zmiana energii kinetycznej Ziemi pozwala jej ,,rozpędzić" pociąg i rozgrzać tory.

Zadanie 11

Drzewa obracają się, gdyż sami ,,obracamy się" wokół nich. Prędkość kątowa zależy od prędkości samochodu, odległości d drzewa od drogi oraz dystansu dzielącego nas od punktu na drodze najbliższego drzewu, x — rysunek 2.



rys. 2

Pozorna prędkość kątowa jest zatem równa chwilowej prędkości kątowej z jaką objeżdżamy drzewo. Aby ją wyznaczyć, musimy obliczyć składową prędkości samochodu prostopadłą do prostej łączącej nasze oczy i środek drzewa. Składowa ta wynosi $v \sin\alpha = vd/\sqrt{x^2+d^2}$. Natomiast prędkość kątową obliczamy dzieląc tę składową prędkości przez odległość od drzewa:

$$\omega = v\frac{d}{x^2+d^2}. \tag{1}$$

Jak widać, prędkość kątowa jest maksymalna i wynosi $\omega_{\text{max}} = \frac{v}{d}$ gdy jesteśmy najbliżej drzewa, a dąży do zera, gdy się od niego oddalamy.

Zadanie 12

Do rozwiązania zadania potrzebna jest znajomość wysokości h na jaką może podskoczyć konik polny, a także długość l jego tylniej nóżki. Podczas odbijania się do skoku, konik polny wykonuje pracę mal, gdzie m jest jego masą, a a jest przyspieszeniem, którego doznaje. Jeżeli konik podskakuje idealnie pionowo, a opory powietrza można zaniedbać, to praca ta zamieniona zostaje w czasie lotu na energię potencjalną mgh. Wynika stąd, że $a = \frac{h}{l}g$. Jeśli konik nie skacze pionowo i uwzględnimy tarcie powietrza, to przeciążenie będzie jeszcze większe. Przyjmując $h = 0,5$m i $l = 3$cm otrzymujemy:

$$a \approx 15g. \tag{1}$$

Aż trudno uwierzyć do czego zdolne są koniki polne! Niektóre ich gatunki potrafią dodatkowo ,,podfruwać" wspomagając swój skok ruchem skrzydeł, zmniejszając tym samym przeciążenie niezbędne do osiągnięcia danej wysokości.

Zadanie 13

Jeśli masy kulek są jednakowe, to po zderzeniu sprężystym kulka poruszająca się przed zderzeniem z prędkością v zatrzyma się, a z tą samą prędkością v zacznie poruszać się kulka początkowo spoczywająca. Zatem poruszająca się kulka straci całą swoją energię kinetyczną. Inaczej jest w przypadku zderzenia niesprężystego, po którym sklejone kulki będą poruszać się wspólnie z dwukrotnie mniejszą prędkością. Poprawna jest zatem odpowiedź c), a błędne są odpowiedzi a) i b). Błędna jest też odpowiedź d), co można sprawdzić na przykładzie zderzenia dwóch kulek, z których kulka spoczywająca ma o wiele większą masę niż poruszająca się. W zderzeniu sprężystym, poruszająca się kulka po prostu odbija się prawie nie tracąc swej energii. Natomiast w zderzeniu niesprężystym lekka kulka przykleja się do ciężkiej tracąc niemal całą energię kinetyczną.

Zadanie 14

Pole elektryczne wewnątrz kondensatora o ustalonym ładunku nie zależy od odległości między okładkami. Oznacza to, że zwiększając tę odległość dwukrotnie, podwajamy różnicę potencjałów między okładkami. Dwukrotnie wzrośnie zatem energia kinetyczna ładunku przy drugiej okładce, co oznacza, że prędkość wzrośnie $\sqrt{2}$ razy. Poprawna jest więc odpowiedź b.

Zadanie 15

Okres drgań wahadła matematycznego umieszczonego w satelicie jest nieskończony. Poprawna jest zatem odpowiedź e.