Klub 44

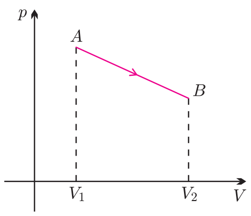
Zadania z fizyki nr 558, 559

Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

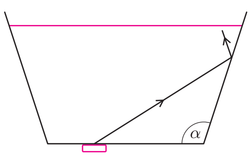
558. Jednoatomowy gaz doskonały poddano przemianie przedstawionej na wykresie pV (rys. 1). Końce odcinka AB leżą na tej samej izotermie, a odpowiadające im objętości wynoszą V_1 i V_2. Jaka jest część odcinka AB, dla której gaz pobiera ciepło w tej przemianie?

559. Cienkie szklane naczynie ma w przekroju kształt trapezu, a jego dno ma kształt prostokąta (rys. 2). Do naczynia nalano wody o współczynniku załamania $n = 1{,}33$. Jaką wartość musi mieć kąt α między podstawą a ścianką naczynia, aby przez boczną ściankę nie było widać monety umieszczonej pod dnem naczynia?

Termin nadsyłania rozwiązań: 31 VII 2013



Rys. 1



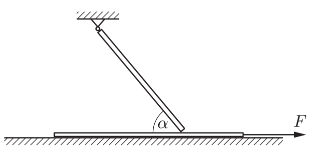
Rys. 2

Rozwiązania zadań z numeru 1/2013

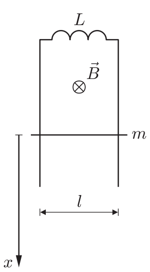
Przypominamy treść zadań:

550. Cienki arkusz papieru przyciśnięty jest do stołu jednorodnym prętem o masie m. Górny koniec pręta jest zamocowany przegubowo. Kąt między prętem i kartką wynosi α (rys. 3), współczynnik tarcia między nimi wynosi μ. Między kartką a stołem tarcia nie ma. Jaką minimalną, poziomą siłę trzeba przyłożyć do kartki, aby wyciągnąć ją spod pręta?

551. Cewkę o indukcyjności L dołączono do górnych końców dwóch równoległych szyn przewodzących ustawionych pionowo. Odstęp między szynami jest równy l. Jednorodne pole magnetyczne o indukcji B ma kierunek poziomy i jest prostopadłe do płaszczyzny szyn. Poziomy, przewodzący pręt o masie m może poruszać się w polu magnetycznym wzdłuż szyn w ten sposób, że stale się z nimi styka. Opór i samoindukcję przewodników oraz tarcie pręta o szyny zaniedbujemy. Znaleźć zależność położenia pręta od czasu $x(t)$ (rys. 4). Prędkość początkowa pręta jest równa zeru.



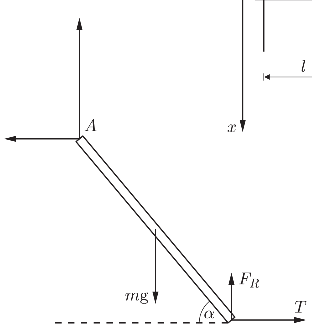
Rys. 3



Rys. 4

550. Kartkę uda się wyciągnąć, gdy przyłożona siła F przekroczy maksymalną wartość tarcia statycznego między prętem i kartką: $F > T_{\max} = \mu F_N$, gdzie F_N jest siłą nacisku pręta na kartkę, równą co do wartości sile reakcji F_R kartki na pręt. Rozważmy sytuację graniczną, gdy siła tarcia osiągnęła maksymalną wartość, a układ pozostaje jeszcze w równowadze. Oznacza to, że wszystkie siły działające na pręt równoważą się, a wypadkowy moment tych sił względem dowolnego punktu wynosi 0. Warunek równowagi momentów sił względem punktu A (rys. 5) ma postać $mg\frac{l}{2}\cos\alpha = T_{\max} l \sin\alpha + F_R l \cos\alpha$, gdzie l jest długością pręta. Uwzględniając, że $F_R = T_{\max}/\mu$, otrzymujemy

$$F > \frac{\frac{\mu}{2} mg\cos\alpha}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha}.$$



Rys. 5

551. Gdy pręt zaczyna opadać pod wpływem siły ciężkości, między punktami styku z szynami powstaje siła elektromotoryczna indukcji $\varepsilon = Bv_x l$, gdzie $v_x = \Delta x/\Delta t$ jest szybkością zmian położenia pręta. Prąd indukcyjny płynie w takim kierunku, żeby przeciwdziałać zmianom strumienia pola magnetycznego, które go wywołują, czyli siła elektrodynamiczna działająca na pręt ma zwrot przeciwny do siły ciężkości. Równanie ruchu pręta ma więc postać $ma_x = mg - BIl$, gdzie I jest natężeniem prądu w obwodzie. Możemy też napisać drugie prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego pręt i cewkę: $Bv_x l = L\Delta I/t$. Uwzględniając warunki początkowe $x(0) = 0$ oraz $I(0) = 0$, otrzymujemy $Bxl = LI$. Wstawiając otrzymane stąd wyrażenie na natężenie prądu do równania ruchu, możemy zapisać je w postaci

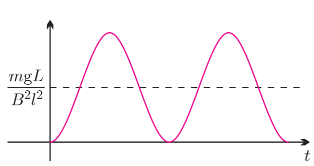
$$a_x + \frac{B^2 l^2}{mL}\left(x - \frac{mgL}{B^2 l^2}\right) = 0.$$

Jest to równanie oscylatora harmonicznego. Pręt drga wokół położenia równowagi, którego współrzędna wynosi

$$x_0 = \frac{mgL}{B^2 l^2}.$$

Siła elektrodynamiczna w tym położeniu równoważy siłę ciężkości. Zależność położenia pręta od czasu dana jest wzorem $x = x_0 + A\sin(\omega t + \varphi)$, gdzie częstość drgań jest równa $\omega = Bl/\sqrt{mL}$. Zależność prędkości od czasu ma postać $v_x = A\omega\cos(\omega t + \varphi)$. Amplitudę drgań A i fazę początkową φ możemy wyznaczyć z warunków początkowych: $x(0) = x_0 + A\sin\varphi = 0$ oraz $v_x(0) = A\omega\cos\varphi = 0$. Uwzględniając, że $A > 0$, otrzymujemy $\varphi = -\pi/2$ oraz $A = x_0$. Ostatecznie zależność położenia pręta od czasu ma postać (rys. 6)

$$x = \frac{mgL}{B^2 l^2}(1 - \cos\omega t).$$



Rys. 6

Czołówka ligi zadaniowej **Klub 44 F** po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań 544 ($WT = 2{,}08$) i 545 ($WT = 1{,}24$) z numeru 10/2012

Andrzej Nowogrodzki	Chocianów	39,02
Tomasz Rudny	Warszawa	35,20
Tomasz Wietecha	Tarnów	31,13
Krzysztof Magiera	Łosiów	28,34