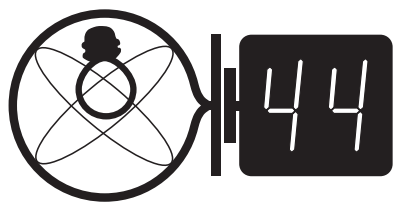
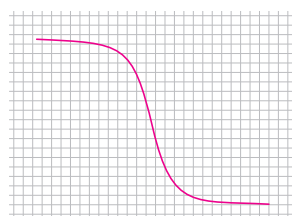


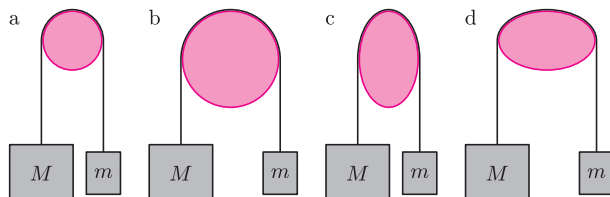
## Klub 44



Termin nadsyłania rozwiązań: 31 VII 2011



Rys. 1



Rys. 2

Czołówka ligi zadaniowej **Klub 44 F** po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań 506 ( $WT = 2,92$ ) i 507 ( $WT = 1,90$ ) z numeru 11/2010

Jerzy Witkowski	Radlin	37,45
Tomasz Rudny	Poznań	35,20
Andrzej Nowogrodzki	Chocianów	30,78
Tomasz Wietecha	Tarnów	29,21
Ryszard Woźniak	Kraków	16,47

510. Zapiszmy moc zasilającą żarówkę wzorem

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U_0^2}{R} \cos^2 \omega t = \frac{U_{\text{sk}}^2}{R} (1 + \cos 2\omega t),$$

gdzie  $U_0$  – amplituda napięcia,  $U_{\text{sk}} = U_0/\sqrt{2}$  – wartość skuteczna. Przyrównujemy zmienny składnik mocy do wyrażenia  $mcdT/dt$  i znajdujemy amplitudę zmian temperatury równą

$$T_0 = \frac{U_{\text{sk}}^2}{2\omega mcR} = 33 \text{ K.}$$

Korzystając ze wzoru Boltzmanna  $I \sim T^4$ , stwierdzamy, że szukana głębokość modulacji wynosi

$$(2533^4 - 2467^4)/(2533^4 + 2467^4) = 5,3\%.$$

Dane wymienione na końcu zadania są istotne przy dokładniejszej analizie równania bilansu cieplnego

$$\alpha_1 T'(t) + mcdT'/dt = P'(t),$$

gdzie primami oznaczono odchylenie wielkości  $T$  i  $P$  od ich wartości średnich, natomiast  $\alpha_1$  jest przyrostem mocy odprowadzanej do otoczenia na jednostkę przyrostu temperatury. Przy wzroście napięcia o  $\Delta U = 1 \text{ V}$  przyrost tej mocy jest równy  $\frac{231^2}{802,5} - \frac{230^2}{800} = 0,37 \text{ W}$ , czyli liczbową wartość  $\alpha_1$  wynosi  $0,37/0,7 = 0,53 \text{ W/K}$ . Ponadto po prawej stronie równania należałoby wziąć pod uwagę zależność  $R$  od temperatury

## Zadania z fizyki nr 518, 519

Redaguje Jerzy B. BROJAN

518. Źródło dźwięku o stałej częstotliwości poruszało się ruchem jednostajnym po linii prostej przebiegającej w pewnej odległości od nieruchomego mikrofonu. Wykonano staranny pomiar zależności częstotliwości rejestrowanej przez mikrofon od czasu odebrania sygnału i zapisano wykres  $f(t)$  na papierze milimetrowym. Niestety, zapomniano oznaczyć osie, wskutek czego arkusz papieru mógł zostać obrócony. Czy wykres jest symetryczny względem obrotu o  $180^\circ$ ? Jeśli nie, to czy można rozstrzygnąć, czy jest on prawidłowy w danej postaci, czy też należy go obrócić? Załączony rysunek 1 jest tylko ilustracją problemu, a nie informacją o dokładnym przebiegu wykresu.

519. Na lince zawieszono ciężar o masie  $M$ , a linkę przełożono przez nieruchomy walec o promieniu  $R$ . Na drugim końcu linki zawieszono najmniejszy ciężar  $m$  wystarczający do tego, aby większy ciężar nie ześlizgnął się w dół (rys. 2a). Jeśli ten sam ciężar  $M$  zawiesić na:

- 1) walcu o większym promieniu (rys. 2b),
- 2) podporze, której przekrój jest elipsą wydłużoną wzdłuż osi pionowej (rys. 2c) lub poziomej (rys. 2d),

to czy niezbędny ciężar  $m$  będzie mniejszy niż na rysunku a, większy, czy taki sam? Współczynnik tarcia linki o podporę jest w każdym przypadku jednakowy.

### Rozwiązania zadań z numeru 1/2011

Przypominamy treść zadań:

510. Masa wolframowego włókna żarówki wynosi  $m = 0,02 \text{ g}$ , a ciepło właściwe wolframu  $c = 160 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ . Gdy żarówka była zasilana stałym napięciem  $230 \text{ V}$ , jej opór wynosił  $800 \Omega$ , a temperatura włókna była równa  $2500 \text{ K}$ . Podłączono tę żarówkę do napięcia sinusoidalnie zmiennego o częstotliwości  $50 \text{ Hz}$  i wartości skutecznej  $230 \text{ V}$ . Obliczyć przybliżoną głębokość modulacji promieniowania żarówki, tzn. wielkość  $(I_{\text{max}} - I_{\text{min}})/(I_{\text{max}} + I_{\text{min}})$ , gdzie  $I$  – moc promieniowania. Założyć, że przepuszczalność szkła żarówki nie zależy od długości fali.

Można wykorzystać także następujące dane: gdy stałe napięcie zasilające zmieniano w niewielkim zakresie i powoli, na każdy  $1 \text{ V}$  jego przyrostu opór żarówki zwiększał się o  $2,5 \Omega$ , a temperatura włókna zwiększała się o  $0,7 \text{ K}$ .

511. Pod wpływem różnicy ciśnień w rurce o stałym przekroju występuje stacjonarny (niezmienny w czasie) i laminarny (bezwirny) przepływ cieczy. Jeśli dwukrotnie zwiększymy średnicę rurki, nie zmieniając jej długości, różnicy ciśnień i rodzaju cieczy, to ile razy wzrośnie ilość cieczy przepływającej w ciągu jednostki czasu? Uzasadnić odpowiedź.

Wskazówka: Opory ruchu cieczy charakteryzuje współczynnik lepkości  $\eta$  zdefiniowany wzorem  $\frac{F}{S} = \eta \frac{dv}{dy}$ , gdzie  $F$  – siła działająca stycznie na powierzchnię cieczy  $S$ , wzdłuż której następuje poślizg warstw,  $dv$  – różnica prędkości warstw na odcinku  $dy$  prostopadłym do  $S$ .

w wyrażeniu  $P = U^2/R$  – jak można wykazać, efekt ten jest równoważny dodaniu do  $\alpha_1$  członu  $\alpha_2 = U_{\text{sk}}^2 \gamma/R$ , gdzie  $\gamma$  jest temperaturowym współczynnikiem oporu. Wartość  $\gamma$  wynosi  $2,5/(800 \cdot 0,7) = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ , stąd  $\alpha_2 = 0,30 \text{ W/K}$ . Dla uwzględnionego wcześniej wyrażenia  $mcdT'/dt$  wielkością analogiczną jest  $2\omega mc = 2 \text{ W/K}$ , co oznacza, że w pierwszym przybliżeniu można  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  pominąć, zwłaszcza że w dokładniejszym rozwiązaniu porównywane wielkości wystąpiłyby w kwadracie.

511. Zastosujemy metodę analizy wymiarowej. Ruch cieczy jest jednostajny, dlatego jej gęstość nie ma znaczenia i jedynymi parametrami, od których zależy przepływ  $Q$  (wyrażony w  $\text{m}^3/\text{s}$ ), są: średnica rurki  $d$ , jej długość  $l$ , różnica ciśnień  $p$  i lepkość  $\eta$ , której jednostką w układzie SI jest  $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ . Parametry  $p$  i  $l$  muszą wystąpić w postaci ilorazu  $k = p/l$  o wymiarze  $\text{N}/\text{m}^3$ , który jest „czynnikiem napędowym” przepływu. Zatem

$$Q = f(d, k, \eta).$$

Zgodność wymiarów w zależności

$$\frac{\text{m}^3}{\text{s}} = f\left(\text{m}, \frac{\text{N}}{\text{m}^3}, \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}\right)$$

wystąpi tylko wtedy, gdy pierwszy argument wystąpi w potęgce 4, drugi – w potęgce 1, a trzeci – w potęgce  $-1$  (zależność ta jest znana jako wzór Hagen–Poiseuille’a). Po dwukrotnym powiększeniu średnicy rurki przepływ wzrośnie 16-krotnie.