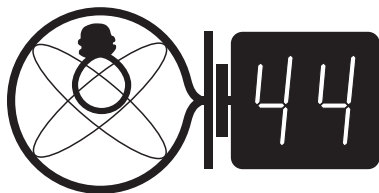


### Skrót regulaminu

Każdy może nadsyłać rozwiązania zadań z numeru  $n$  w terminie do końca miesiąca  $n + 2$ . Szkice rozwiązań zamieszczamy w numerze  $n + 4$ . Można nadsyłać rozwiązania czterech, trzech, dwóch lub jednego zadania (każde na oddzielnej kartce), można to robić co miesiąc lub z dowolnymi przerwami. Rozwiązania zadań z matematyki i z fizyki należy przysyłać w oddzielnych kopertach, umieszczając na kopercie dopisek: **Klub 44 M** lub **Klub 44 F**. Oceniamy zadania w skali od 0 do 1 z dokładnością do 0,1. Ocenę mnożymy przez współczynnik trudności danego zadania:  $WT = 4 - 3S/N$ , gdzie  $S$  oznacza sumę ocen za rozwiązania tego zadania, a  $N$  – liczbę osób, które nadesłały rozwiązanie choćby jednego zadania z danego numeru w danej konkurencji (**M** lub **F**) – i tyle punktów otrzymuje nadsyłający. Po zgromadzeniu 44 punktów, w dowolnym czasie i w którejkolwiek z dwóch konkurencji (**M** lub **F**), zostaje on członkiem **Klubu 44**, a nadwyżka punktów jest zaliczana do ponownego udziału. Trzykrotne członkostwo – to tytuł **Weterana**. Szczegółowy regulamin został wydrukowany w numerze 2/2002 oraz znajduje się na stronie [deltami.edu.pl](http://deltami.edu.pl)



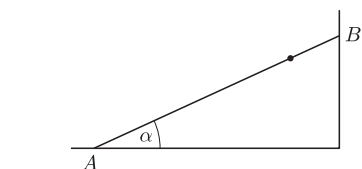
### Rozwiązania zadań z fizyki z numeru 3/2015

Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

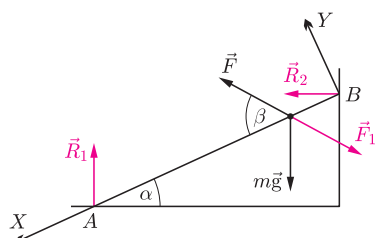
Przypominamy treść zadań:

**594.** Żuk pełźnie po sztywnej słonce, opartej o gładką podłogę i gładką pionową ściankę (rys. 1). Słonka jest jednorodna, tworzy z poziomem kąt  $\alpha$ , jej długość wynosi  $l$ , masa słonki jest zaniedbywalna w porównaniu z masą żuka  $m$ . Prędkość początkowa żuka w punkcie  $B$  wynosi  $v_0$ . Jak musi poruszać się żuk, aby słonka pozostawała nieruchoma? Po jakim czasie dopełźnie on do punktu  $A$ ?

**595.** W pionowo ustawionym cylindrze zamkniętym tłokiem znajduje się w stanie równowagi  $n$  moli jednoatomowego gazu doskonałego o temperaturze  $T_0$ . Układ jest izolowany cieplnie od otoczenia. Gaz ściśnięto za pomocą tłoka, wykonując nad gazem pracę  $W$ . Następnie tłok puszczono i zatrzymał się on w nowym położeniu równowagi. Jaka jest temperatura końcowa gazu? Ciśnienie zewnętrzne jest stałe.



Rys. 1



Rys. 2

Czołówka ligi zadaniowej **Klub 44 F** po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań 588 ( $WT = 2,29$ ) i 589 ( $WT = 3,23$ ) z numeru 12/2014

Andrzej Idzik	Bolesławiec	37,76
Tomasz Rudny	Warszawa	37,68
Jacek Konieczny	Poznań	27,92
Marian Łupieżowicz	Gliwice	26,26
Michał Koźlik	Gliwice	22,60
Ryszard Woźniak	Kraków	22,51
Bogusław Mikielewicz	Brodnica	22,22

Witamy ponownie obecnego po przerwie w zestawieniu pana Bogusława Mikielewicza, życzymy także sukcesów nowym uczestnikom zmagani ligowych: panom Jędrzejowi Biedrzyckiemu, Karolowi Łukanowskiemu i Janowi Zambrzyckiemu.

**594.** Wprowadźmy współrzędne  $XY$  jak na rysunku 2. Niech żuk znajduje się w odległości  $x$  od początku układu  $B$ . Siły działające na słonkę zaznaczono na rysunku kolorem. Są to siły reakcji  $R_1$  i  $R_2$  prostopadłe odpowiednio do podłogi i ścianki oraz siła  $F_1$ , jaką żuk działa na słonkę. Siłę ciężkości działającą na słonkę pomijamy zgodnie z treścią zadania. Słonka nie porusza się, więc siły działające na nią równoważą się:  $\vec{F}_1 + \vec{R}_1 + \vec{R}_2 = 0$ . Na żuka działa siła ciężkości oraz siła reakcji słonki  $\vec{F} = -\vec{F}_1$ , która tworzy ze słonką nieznaną kąt  $\beta$  (siły te zaznaczono na rysunku na czarno). Równanie ruchu żuka ma postać  $m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} = \vec{R}_1 + \vec{R}_2 + m\vec{g}$ . Przyspieszenie  $\vec{a}$  skierowane jest wzdłuż słonki. Stąd  $R_2 = ma \cos \alpha$  oraz  $R_1 = mg - ma \sin \alpha$ . Momenty sił działających na słonkę względem dowolnego punktu równoważą się. Względem punktu  $B$  warunek ten ma postać:  $lR_1 \cos \alpha = xF_1 \sin \beta$ . Siły działające na żuka prostopadłe do słonki równoważą się:  $F_1 \sin \beta = F \sin \beta = mg \cos \alpha$ , zatem  $-al \sin \alpha / g = x - l$ , gdzie

$$a = \frac{d^2x}{dt^2}.$$

Wprowadzając nową zmienną  $z = x - l$ , otrzymujemy równanie

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{gz}{l \sin \alpha}.$$

Jest to równanie oscylatora harmonicznego o częstości  $\omega = \sqrt{g/(l \sin \alpha)}$ . Ruch żuka opisuje funkcja  $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t + l$  z warunkami początkowymi:  $x(0) = B + l = 0$  oraz  $v(0) = \omega A = v_0$ . Zatem  $x = v_0 \sin \omega t / \omega + l(1 - \cos \omega t)$ . Kładąc  $x = l$ , otrzymujemy czas  $\tau$  podróży żuka do końca słonki:

$$\operatorname{tg}(\omega\tau) = \frac{l\omega}{v_0}.$$

**595.** Niech ciśnienie zewnętrzne wynosi  $p_0$ . Oznaczmy objętości i temperatury gazu w kolejnych stanach równowagi przez  $V_0, V_1, V_2$  oraz  $T_0, T_1, T_2$ . Zmiana energii wewnętrznej podczas ściskania gazu wynosi  $\Delta U_1 = nc_v(T_1 - T_0) = W + p_0(V_0 - V_1)$  a po oswobodzeniu tłoka  $\Delta U_2 = nc_v(T_1 - T_2) = -p_0(V_2 - V_1)$ , gdzie molowe ciepło właściwe przy stałej objętości  $c_v = 3R/2$ . Całkowita zmiana energii wewnętrznej  $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = nc_v(T_2 - T_0) = W + p_0(V_0 - V_2)$ . Z równania Clapeyrona  $p_0(V_0 - V_2) = nR(T_0 - T_2)$ . Szukana temperatura końcowa wynosi

$$T_2 = T_0 + \frac{2W}{5nR}.$$