

XLI OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T5

Nazwa zadania:

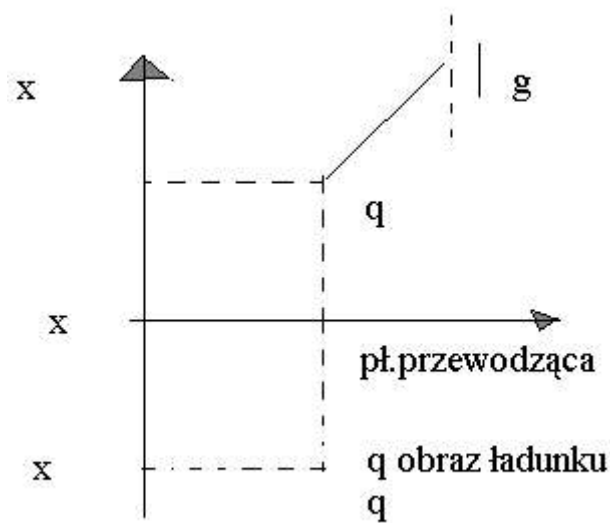
W jednorodnym polu grawitacyjnym, nad nieskończoną, poziomą, idealnie przewodzącą płaszczyzną zawieszono na nieważkiej, nieprzewodzącej nici elektrycznie naładowana mała kulka. Kulkę wychylono z położenia równowagi także kątem, jaki tworzyła nica z pionem (przyspieszenie grawitacyjne g jest skierowane pionowo w dół) wynosił $l=60^\circ$. Kulka puszczona z prędkością początkową równą zero uzyskała w najniższym położeniu $\sqrt{2}$ większą prędkość od tej, którą uzyskałaby w nieobecności płaszczyzny przewodzącej. Jaka wartość miał ładunek kulki, jeżeli jej masa wynosiła m , długość nici była równa l , a wychylona kulka o kącie l znajdowała się w odległości $h=l$ od płaszczyzny przewodzącej?

ROZWIĄZANIE ZADANIA T5

Niech oś X będzie skierowana pionowo do góry. Wypadkowa siły grawitacyjnej i elektrostatycznej, działających na kulkę na wysokości x nad płytka przewodząca wynosi:

$$F(x) = - \left[mg - \frac{q^2}{(2x)^2} \right] \quad (1)$$

Gdzie człon $\frac{q^2}{(2x)^2}$, odpowiada sile oddziaływania płaszczyzny przewodzącej z ładunkiem q . Wartość tej siły otrzymujemy korzystając z metody obrazów. Energia potencjalna kulki na wysokości h nad płaszczyzną wynosi więc



Rys.2

$$E_p(h) = -\int_{h_0}^h F(x) dx = mgh - mgh_0 - \frac{q^2}{4h} + \frac{q^2}{4h_0} \quad (2),$$

Gdzie przyjęliśmy, że $E_p(h_0) = 0$. Korzystając z zasady zachowania energii

$E_p + \frac{mv^2}{2} = const.$ otrzymujemy równanie :

$$mgl - \frac{q^2}{4l} = mgl \cos\alpha - \frac{q^2}{4l \cos\alpha} + \frac{mv^2}{2} \quad (3)$$

z którego wynika:

$$v^2 = 2gl \left(1 - \cos\alpha - \frac{q^2(\cos\alpha - 1)}{2lm \cos\alpha} \right) \quad (4)$$

W przypadku braku płaszczyzny przewodzącej otrzymaliśmy

$$v^2 = 2gl(1 - \cos\alpha) \quad (5)$$

Wykorzystując zależność $\frac{v}{v'} = \sqrt{2}$ i obliczając stosunek $\frac{v}{v'}$ przez podzielenie stronami równań (4) (5) otrzymujemy:

$$\frac{q^2}{2lm\cos\alpha} = 2gl \quad (6)$$

skąd wynika

$$q = \pm l(4mg \cos\alpha)^{1/2} = \pm l(2mg)^{1/2} \quad (7)$$

Punktacja:

Wzory(1) i (2) łącznie max 5 punktów

Skorzystanie z zasady zachowania energii wzór (3) max 2 punkty

Wynik ostateczny max 3 punkty

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl