

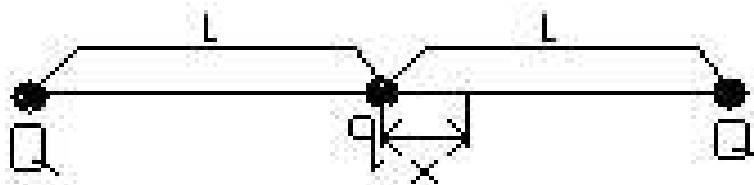
XXXVII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T5

Nazwa zadania: „II zasada dynamiki”

Punkt materialny o masie m mający ładunek q znajduje się na jednej poziomej prostej wraz z dwoma nieruchomymi, jednakowymi ładunkami Q . Odległość między nieruchomymi ładunkami wynosi $2l$. Opisz zachowanie się ładunku q po wychyleniu go z położenia równowagi na małą odległość x . Zakładamy, że wszystkie ładunki są tego samego znaku.



ROZWIĄZANIE ZADANIA T5

Ładunki skrajne są nieruchome. Będziemy, zatem rozważać jedynie siły działające na mogący się poruszać ładunek środkowy. Siła F_1 działająca na q , pochodząca od prawego ładunku Q jest zwrócona w lewo. Odwrotnie, siła F_2 , działająca na q , pochodząca od lewego ładunku Q jest zwrócona w prawo (wszystkie ładunki są tego samego znaku).

Po wychyleniu ładunku q w prawo o x , pojawi się niezrównoważona siła działająca na q , zwrócona w lewo, o wartości

$$F = F_1 - F_2 = kQq \left[\frac{1}{(l-x)^2} - \frac{1}{(l+x)^2} \right] = kQq \frac{l^2 + 2lx + x^2 - l^2 + 2lx - x^2}{(l^2 - x^2)^2} = kQq \frac{4lx}{l^4 \cdot \left[1 - \left(\frac{x}{l} \right)^2 \right]^2}$$

Dla $x \ll l$ można pominąć $\frac{x}{l}$ w mianowniku i kładąc za $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ mamy:

$$F = \frac{Qq}{\pi\epsilon_0 l^3} \cdot x$$

Zgodnie z II zasadą dynamiki Newtona, która mówi, że: *ciało, na które działają siły niezrównoważone, porusza się w układzie inercyjnym z przyspieszeniem a o kierunku i zwrocie zgodnym z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej F . Wartość przyspieszenia jest wprost proporcjonalna do wartości działającej siły wypadkowej, a odwrotnie proporcjonalna do masy ciała m*

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Możemy zatem zapisać:

$$m\vec{a} = \vec{F} = -\frac{Qq}{\pi\epsilon_0 l^3} \vec{x}$$

\vec{x} jest wektorem opisującym wychylenie ładunku q z położenia równowagi a \vec{a} przyspieszeniem ładunku q . Jest to równanie ruchu harmonicznego. Ładunek q będzie, więc poruszał się ruchem harmonicznym (dla małych wychyleń). Okres tego ruchu wynosi

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 m l^3}{qQ}}$$

Punktacja:

Obliczenie wartości siły F	6 pkt.
Przybliżenie $x \ll l$ we wzorze na F	1 pkt.
Uwzględnienie znaków F i x	2 pkt.
Okres	1 pkt.

razem 10 pkt.

Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w szkole” styczeń-luty 1988

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