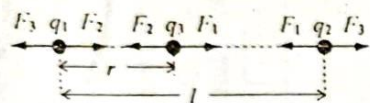


НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

27 – 28 ноември 2004 г., гр. Плевен

9 клас

Решения и указания



Фиг. 1

зарядът q е положителен, зарядът q_3 е отрицателен и обратнo. Тогава силите, действащи на зарядите q_1 и q_2 са с противоположни посоки (3 т.).

б, в) Нека означим големината на кулоновата сила на привличане между q_1 и q_3 с F_2 , между q_2 и q_3 с F_1 и на кулоновата сила на отблъскване между q_1 и q_2 с F_3 . Тогава зарядите са в равновесие, ако са изпълнени условията

$$\text{за } q_1: F_2 = F_3,$$

$$\text{за } q_2: F_1 = F_3, \quad (1 \text{ т.})$$

$$\text{за } q_3: F_1 = F_2$$

От тези условия само две са независими, например

$$F_1 = F_2 \text{ и } F_1 = F_3.$$

От закона на Кулон (при $q > 0$) следва

$$F_1 = k \frac{|q_1||q_3|}{(l-r)^2} = k \frac{4q|q_3|}{(l-r)^2},$$

$$F_2 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{q|q_1|}{r^2}, \quad (2 \text{ т.})$$

$$F_3 = k \frac{|q_1||q_2|}{l^2} = k \frac{4q^2}{l^2}$$

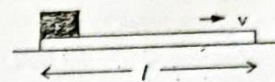
и след заместване в условията за равновесие получаваме уравненията

$$\frac{4}{(l-r)^2} = \frac{1}{r^2}, \quad \frac{|q_3|}{(l-r)^2} = \frac{q}{l^2} \quad (2 \text{ т.})$$

$$\text{От първото уравнение намираме } r = \frac{l}{3} \quad (1 \text{ т.})$$

След заместване във второто уравнение имаме

$$|q_3| = \left(\frac{l-r}{l}\right)^2 q = \frac{4}{9} q \quad (1 \text{ т.})$$



Фиг. 2

Задача 2. I. Търсената сила f е единствената, която действа на трупчето в хоризонтална посока. Тя е насочена противоположно на посоката на скоростта на трупчето и затова то се движи равномерно с начална скорост v и ускорение a (1 т.). За времето t , за което трупчето изминава

разстоянието l имаме

$$v_1 = v - at, \quad l = vt - \frac{at^2}{2} = \frac{v^2 - v_1^2}{2a} \quad (2 \text{ т.})$$

Като отчетем, че $f = ma$ (1 т.) получаваме

$$f = \frac{m}{2l}(v^2 - v_1^2) = \frac{mv^2}{2l} \cdot \frac{k^2 - 1}{k^2} = \frac{4mv^2}{9l}, \quad k = 3. \quad (1 \text{ т.})$$

Възможно е и решение, при което се използва закона за изменение на кинетичната енергия

ΔE_k на трупчето

$$\Delta E_k = A, \quad (1.5 \text{ т.})$$

където $A = -fl$ (1 т.) е работата, извършена от силата f . Знакът "минус" отчита противоположните посоки на силата f и скоростта на трупчето. Като отчетем, че

$$\Delta E_k = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \left(\frac{1-k^2}{k^2} \right), \quad (1 \text{ т.})$$

намираме

$$f = \frac{mv^2}{2l} \cdot \frac{k^2 - 1}{k^2} = \frac{4mv^2}{9l}, \quad k = 3. \quad (1.5 \text{ т.})$$

II. При издигането на товара му действат две сили – силата на тежестта mg , насочена надолу, и постоянната сила F , породена от издигащото устройство – насочена нагоре (1 т.). Товарът се движи с ускорение

$$a = \frac{F - mg}{m} \quad (1 \text{ т.})$$

и изминава разстоянието H за време t , като

$$t = \sqrt{\frac{2H}{a}} \quad (1 \text{ т.})$$

Като отчетем, че извършената работа е

$$A = FH, \quad (1 \text{ т.})$$

намираме

$$t = H \sqrt{\frac{2m}{A - mgH}} \approx 1.3 \text{ s} \quad (1 \text{ т.})$$

Задача 3. а) В режим на охлаждане климатикът работи по цикъл на Карно в обратна посока. От въздуха в стаята се отнема количество топлина $Q_2 = Q$ при температура $T_2 = 293 \text{ K}$ (0,5 т.) и се отделя в околната среда количество топлина Q_1 при температура $T_1 = 305 \text{ K}$ (0,5 т.), като външен източник (електричният ток) извършва работа $A = Q_1 - Q_2$ (0,5 т.) Като отчетем, че за цикъла на Карно

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \quad (1 \text{ т.})$$

намираме

$$Q_1 = \frac{T_1}{T_2} Q_2 \quad (0,5 \text{ т.})$$

Освен това $A = P_1 t_1$ (0,5 т.), откъдето следва

$$t_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_2} \cdot \frac{Q}{P_1} \approx 132 \text{ s.} \quad (1 \text{ т.})$$

б) В режим на отопление климатикът също работи по цикъла на Карно в обратна посока. В този случай от външния въздух се отнема количество топлина Q_2 при температура $T_2 = 273 \text{ K}$ (0,5 т.) и се предава на въздуха в стаята количество топлина $Q_1 = Q$ при температура $T_1 = 293 \text{ K}$ (0,5 т.) като електричният ток извършва работа $A = Q_1 - Q_2$ (0,5 т.). Принципната схема на действие на климатика в този случай е показана на фиг. 3.



в) Като отчетем, че $A = P_2 t_2$, $Q_2 = \frac{T_2}{T_1} Q_1$, намираме

$$t_2 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot \frac{Q}{P_2} \approx 137 \text{ s.} \quad (2 \text{ т.})$$