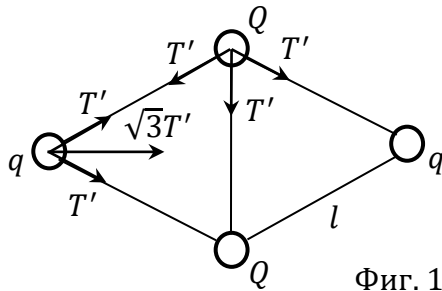


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА,
12 – 13 март 2016 г., Бургас
Тема за 10. клас, Решения и указания

Задача 1. Електростатика.



а) Системата е симетрична спрямо вертикалната права, минаваща през средните заряди, и хоризонталната права, минаваща през крайните два заряда. Търсената сила на опън означаваме с T . Силата на опън на останалите четири нишки е с една и съща големина T' . **[0,5 т.]** От условието за равновесие на системата следват две независими уравнения, които свързват големините на силите на опън с големините на Кулоновите сили, които

действат на зарядите. На левия заряд действат две сили на опън с големина T' , които сключват ъгъл 60° помежду си, както е показано на фиг. 1. Тяхната геометрична сума е вектор, насочен хоризонтално надясно, с големина $\sqrt{3}T'$, което може да се получи, като се използва Питагоровата теорема. **[0,5 т.]** По аналогичен начин векторната сума на силите, с които горният и долният заряди действат на левия заряд, дава сила с големина $\frac{\sqrt{3}kqQ}{l^2}$, насочена хоризонтално наляво. **[1 т.]** На левия заряд действа също така

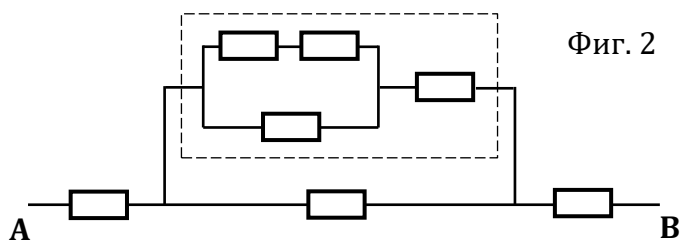
и десният заряд със сила с големина $\frac{kq^2}{3l^2}$, насочена хоризонтално наляво. **[0,5 т.]** За получаване на тази сила използваме, че разстоянието между крайните заряди е $2\sqrt{l^2 - l^2/4} = \sqrt{3}l$. **[0,5 т.]** От условието за равновесие на левия заряд имаме, че $\frac{kq^2}{3l^2} + \frac{\sqrt{3}kqQ}{l^2} = \sqrt{3}T'$. **[0,5 т.]** На горния заряд действа силата на опън на централната нишка с големина T , насочена вертикално надолу, и две сили на опън с големина T' , които сключват ъгъл 120° помежду си, както е показано на фиг. 1. Тяхната геометрична сума е вектор, насочен вертикално надолу, с големина T' . **[0,5 т.]** По аналогичен начин векторната сума на силите, с които левият и десният заряди действат на горния заряд, дава сила с големина $\frac{kqQ}{l^2}$, насочена вертикално нагоре. **[1 т.]** На горния заряд действа

също така и долният заряд със сила с големина $\frac{kQ^2}{l^2}$, насочена вертикално нагоре. **[0,5 т.]** От условието за равновесие на горния заряд следва, че $\frac{kQ^2}{l^2} + \frac{kqQ}{l^2} = T + T'$. **[0,5 т.]** Като изразим T' от уравнението, което дава условието за равновесие на левия заряд, и го заместим в последното уравнение, получаваме $T = \frac{kQ^2}{l^2} - \frac{\sqrt{3}kq^2}{9l^2}$. **[1 т.]**

б) Потенциалът в средата на централната нишка е алгебрична сума от потенциалите на четирите заряда в тази точка: $U = \frac{4kQ}{l} + \frac{4\sqrt{3}kq}{3l}$. **[2 т.]**

в) Интензитетът на много голямо разстояние от центъра на системата от заряди ще приеме вида на интензитета, създаван от един заряд с големина, равна на сумата от големините на зарядите на системата, т.е. $E \approx \frac{2k(q+Q)}{d^2}$. **[1 т.]**

Задача 2. Електрическа верига.



а) Еквивалентната схема на свързване е представена на фиг. 2. [1 т.] Съпротивлението, което ще се измери между точките А и В, е $R_{AB} = \frac{21R}{8}$. [2 т.]

б) Даденият в условието ток I протича през двата най-горни

резистора на еквивалентната схема. [0,5 т.] Токът през цялата схема е $I_{AB} = \frac{\varepsilon}{R_{AB}} = \frac{8\varepsilon}{21R}$.

[0,5 т.] Съпротивлението на оградената с пунктирна линия част от схемата е $R' = \frac{5R}{3}$.

Следователно през тази част от схемата протича ток $I' = \frac{R}{R+R'} I_{AB} = \frac{3}{8} I_{AB}$. [1 т.]

Съпротивлението на успоредно свързаните резистори в частта оградена с пунктирна линия е $R'' = \frac{2R}{3}$. Напрежението върху тези успоредно свързани резистори е $I'R'' = 2IR$.

[1 т.] От последното уравнение следва, че $R = \frac{\varepsilon}{21I} \approx 1,7 \Omega$. [1 т.]

в) В този случай съпротивлението между точките А и В ще бъде $R'_{AB} = \frac{11R}{4}$. [1,5 т.]

Мощността, която се отделя във веригата, е $P = \frac{\varepsilon^2}{R'_{AB}} = \frac{4\varepsilon^2}{11R} = \frac{84I\varepsilon}{11} \approx 11 \text{ W}$. [1,5 т.]

Задача 3. Равнозакъснително движение.

а) Нека да отчитаме разстоянията спрямо положението на задния автомобил в момента, когато предният автомобил започва да се движи равнозакъснително. Скоростта на предния автомобил като функция на изминалото време от този момент е $v_1 = v_0 - a_1 t$ [0,5 т.], а скоростта на задния автомобил е $v_2 = v_0 - a_2(t - t_0)$. [0,5 т.] Автомобилите се намират най-близо един от друг, когато относителната скорост на предния автомобил спрямо задния стане равна на нула, т.е. $v_1 - v_2 = a_2(t - t_0) - a_1 t = 0$. [0,5 т.] Това става при време $t_{\min} = \frac{a_2 t_0}{a_2 - a_1}$. [0,5 т.] Положението на предния автомобил

като функция на изминалото време е $x_1 = l_0 + v_0 t - a_1 t^2/2$. [0,5 т.] Задният автомобил се движи равномерно за време t_0 и след това започва да се движи равнозакъснително. Следователно неговото положение се дава с $x_2 = v_0 t_0 + v_0(t - t_0) - a_2(t - t_0)^2/2 = v_0 t - a_2(t - t_0)^2/2$. [1 т.] Разстоянието между автомобилите по време на тяхното движение е $l = x_1 - x_2 = l_0 - a_1 t^2/2 + a_2(t - t_0)^2/2$. [0,5 т.] Минималното разстояние между тях се реализира при $t = t_{\min}$, т.е. $l_{\min} = l_0 - a_1 t_{\min}^2/2 + a_2(t_{\min} - t_0)^2/2 = l_0 - \frac{a_1 a_2 t_0^2}{2(a_2 - a_1)}$. [0,5 т.] Следователно $l_0 = l_{\min} + \frac{a_1 a_2 t_0^2}{2(a_2 - a_1)} = 237,5 \text{ m}$. [0,5 т.]

б) Автомобилите ще се намират отново на разстояние l_0 един от друг, когато $a_1 t^2 = a_2(t - t_0)^2$ [0,5 т.], т.е. при $t = \frac{\sqrt{a_2}}{\sqrt{a_2} - \sqrt{a_1}} t_0$. [0,5 т.] Търсеното време е $t - t_{\min} = \frac{\sqrt{a_1 a_2}}{a_2 - a_1} t_0 \approx 8,7 \text{ s}$. [1 т.]

в) Предният автомобил спира да се движи при $t_1 = \frac{v_0}{a_1}$, а задният автомобил спира при $t_2 = t_0 + \frac{v_0}{a_2}$. [0,5 т.] Следователно $2t_0 = |t_1 - t_2| = \left| \frac{v_0}{a_1} - \frac{v_0}{a_2} - t_0 \right|$. [0,5 т.] От това уравнение получаваме, че $v_0 = \frac{3a_1 a_2 t_0}{a_2 - a_1} = 22,5 \text{ m/s}$. [1 т.]

г) Разстоянието между автомобилите след тяхното спиране е $x_1(t_1) - x_2(t_2) = l_0 + \frac{v_0^2}{2a_1} - v_0 t_0 - \frac{v_0^2}{2a_2} = l_0 + \frac{3a_1 a_2 t_0^2}{2(a_2 - a_1)} = l_{\min} + \frac{2a_1 a_2 t_0^2}{a_2 - a_1} = 350 \text{ m}$. [1 т.]