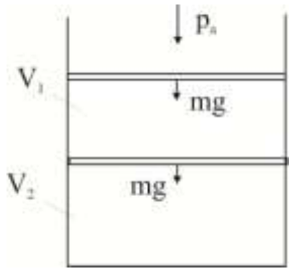
**РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ**

**УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ** (15. мај 2021)

**II РАЗРЕД**

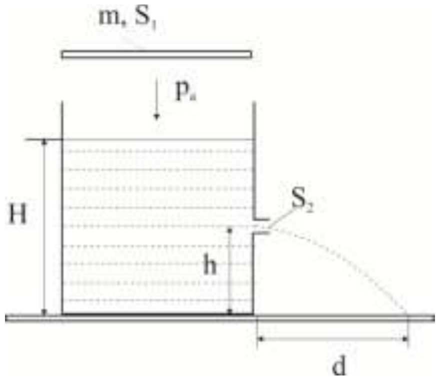
1. Мало тијело масе $m = 100\ \mathrm{g}$ мирује на хоризонталном столу на удаљености $l = 1\ \mathrm{m}$ од ивице стола, која је на висини $h = 0,50\ \mathrm{m}$ изнад пода. На тијело отпочне да дјелује сила интензитета $F = 2\ \mathrm{N}$ под углом $\alpha = 30^0$ у односу на хоризонталну раван. За вријеме дјеловања силе тијело се креће по столу, затим падне на под на удаљеност $d = 0,70\ \mathrm{m}$ од стола. Колики је коефицијент трења између тијела и стола? Занемарити отпор ваздуха, g = 9,81 m/s$^2$.

2. У суду облика ваљка, чија је површина дна $S = 10\ \mathrm{cm}^2$, налазе се два клипа једнаких тежина, по $mg = 10\ \mathrm{N}$, који дијеле суд на двије запремине: $V_1$ и $V_2$ (слика 1). Ако се занемари дебљина клипова, укупна запремина коју испуњава гас износи $V_1 + V_2 = 5\ l$. У свакој запремини је иста количина идеалног гаса, а атмосферски приритсак износи $p_a = 1,01 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}$. Суд са гасом је на собној температури. а) Колику запремину испуњава сваки гас у почетном стању? б) Колику ће запремину испуњавати гас након што се доњи клип извуче изотермски из посуде?



Слика 1

3. На хоризонталној подлози налази се на горњем крају отворен суд, облика ваљка, попречног пресјека $S_1 = 2\ \mathrm{dm}^2$ који је испуњен водом до висине $H = 1\ \mathrm{m}$, а који може да се затвори клипом масе $m$ (слика 2). На висини $h = 20\ \mathrm{cm}$ од дна суда начињен је отвор попречног пресјека $S_2 = 0,5\ \mathrm{cm}^2$ кроз који може да истиче вода. Након затварања суда клипом домет млаза кроз отвор био је за $\Delta d = 20\ \mathrm{cm}$ већи од домета млаза прије затварања суда клипом. Густина воде је $\rho = 10^3\ \mathrm{kg/m}^3$. Колика је маса клипа? Користити услов: $S_2 << S_1$.

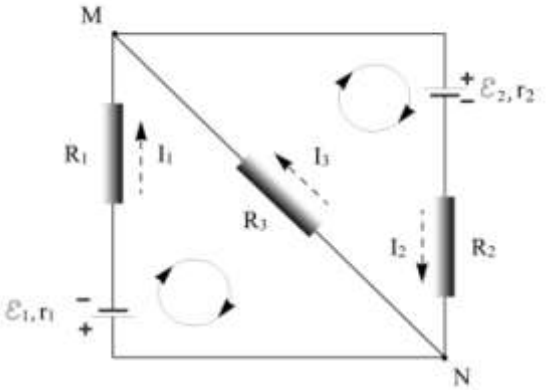


Слика 2

4. Двије куглице од истог материјала, маса по $m = 8\ \mathrm{g}$, окачене су о двије нити чији су горњи крајеви у заједничкој тачки, дужина по $L = 0,50\ \mathrm{m}$. Обје куглице су наелектрисане позитивним наелектрисањем, али различитим количинама наелектрисања: $q_1$ и $q_2$. У почетном положају угао између сваке нити и вертикале је $\alpha_1 = 30^0$. Куглице се споје проводеном жицом, затим се жица уклони. Након тога, угао између сваке нити и вертикале је

$\alpha_2 = 45^0$. Одредити количину наелектрисања на свакој куглици. Константа у Кулоновом закону износи $k = 9,0 \cdot 10^9 \ \mathrm{Nm^2 / C^2}$. Куглице посматрати као материјалне тачке.

5. Претпоставимо да су у електричном колу, датом на слици 3, познате бројне вриједности електромоторних сила: $\mathcal{E}_1 = 4 \ \mathrm{V}$, $\mathcal{E}_2 = 6 \ \mathrm{V}$, отпора отпорника: $R_1 = 1 \ \Omega$, $R_2 = 2 \ \Omega$, $R_3 = 3 \ \Omega$ и унутрашњих отпора струјних извора $r_1 = 0,2$ W, $r_2 = 0,5$ W. Колики је укупни губитак електричне енергије на унутрашњим отпорима оба извора сваке секунде.




Слика 3

Задатке припремио: Родољуб Бaврлић
Рецензент: Проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад

## РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА II РАЗРЕД

1. Из формуле $h = \frac{gt^2}{2}$ добије се вријеме за које тијело падне: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , $t = 0,32$ s . У тренутку кад тијело почне да пада са стола његова брзина $v$ је у хоризондалном правцу, па је његов домет на поду $d = vt$ , одакле је $v = d/t$ , $v = 2{,}19$ m/s . Ову брзину тијело је достигло након пређеног пута $s = l$ . На том путу тијело је убрзавало, под дјеловањем силе, из стања мировања, па из формуле $v^2 = v_0^2 + 2as$ , слиједи $v^2 = 2al$ , $a = v^2/2l$ , $a = 2,40$ m/s$^2$ .

При кретању по столу, у правцу x-осе, на тијело дјелују хоризонтална компонента силе $F$ и сила трења, па из једначине транслатроног кретања слиједи; $ma = F_x - F_{tr}$ , (1) $ma = \left(\sqrt{3}/2\right)F - F_{tr}$ . У правцу y-осе, на тијело дјелују вертикална компонента силе $F$ и нормална реакција подлоге: $0 = N - F_y$ , (2) $0 = N - (1/2)F$ , Из једначина (1) и (2) слиједи (3) $F_{tr} = \mu\left(mg + F/2\right)$ . Из (1) и (3) добија се за коефицијент трења $\mu = \frac{(\sqrt{3}/2)F - ma}{mg + F/2}$ . Након замене бројених вредности добија се $\mu = 0,75$ .

2. (а) У горњој запремини гас је под притиском (1) $p_1 = p_a + \frac{mg}{S}$ , а у доњој притисак је (2) $p_2 = p_1 + \frac{mg}{S}$ . За почетно стање гаса у горњој запремини важи једначина (3) $p_1V_1 = nRT$ , а за гас у доњој запремини важи: (4) $p_2V_2 = nRT$ . Из једначина (1), (2), (3) и (4) добија се (5) $V_1 = \frac{p_aS + 2mg}{2p_aS + 3mg} \cdot V$ и $V_2 = \frac{p_aS + mg}{2p_aS + 3mg} \cdot V$ , одакле је $V_1 = 2,6 \cdot 10^{-3}$ m$^3$, $V_2 = 2,4 \cdot 10^{-3}$ m$^3$.
б) Након извлачења клипа, у гасу се успоставља притисак који је једнак збиру притиска клипа и атмосферског притиска, а то је притисак $p_1$ . Гас прелази у стање за које важи једначина $p_1V_3 = 2nRT$ , одакле је (6) $V_3 = \frac{2nRT}{p_1}$ . Из релација (3) и (6) слиједи да гас у крајњем стању испуњава запремину: $V_3 = 2V_1$, $V_3 = 5,2 \cdot 10^{-3}$ m$^3$.

3. Прије затварања суда клипом на пресјеку 1, који је на висини $H$ од дна суда, спољашњи притисак је атмосферски: $p_1 = p_a$ , висински притисак је $\rho gH$ , а динамички је $\rho v_1^2/2$ . На пресјеку 2, на висини $h$ , спољашњи притисак је такође атмосферски: $p_2 = p_a$ , висински притисак је $\rho gh$ , а динамички је $\rho v_2^2/2$ . У овом случају из Бернулијеве једначине слиједи: (1) $p_a + \rho gH + \rho v_1^2/2 = p_a + \rho gh + \rho v_2^2/2$ . Пошто је $S_2 << S_1$ , слиједи $v_1 << v_2$ , па се из једначине (1) добија (2) $\rho gH = \rho gh + \rho v_2^2/2$ , одакле је (3) $v_2 = \sqrt{2g\left(H - h\right)}$ . Из формуле за домет хоризонталног хица $d_1 = v_2\sqrt{2h/g}$ , слиједи да је домет млаза: $d_1 = 2\sqrt{h\left(H - h\right)}$ , $d_1 = 80,0$ cm . Након затварања суда притисак на пресјеку 1 се повећава: $p_1' = p_a + mg/S_1$ , па се из Бернулијеве једначине добија: $p_a + mg/S_1 + \rho gH = p_a + \rho gh + \rho v_3^2/2$ , одакле је $v_3 = \sqrt{2g\left(\frac{m}{\rho S_1} + H - h\right)}$ , па је домет млаза $d_2 = 2\sqrt{h\left(\frac{m}{\rho S_1} + H - h\right)}$ , одакле је

$m = \rho S_1 \left( \frac{d_2^2}{4h} - (H-h) \right)$. Пошто је $d_2 = d_1 + \Delta d$, слиједи $m = \rho S_1 \left( \frac{\left(d_1 + \Delta d\right)^2}{4h} - (H-h) \right)$, $m = 9\ \mathrm{kg}$.

4. Из сличности троуглова слиједи $\frac{F_{e1}}{mg} = \frac{L/2}{\left(\sqrt{3}/2\right)L}$, (1) $\frac{F_{e1}}{mg} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, гдје је $F_{e1}$ електрична (Кулонова) сила: $F_{e1} = \frac{kq_1q_2}{r_1^2}$. Пошто је већи троугао једнакостранични, слиједи $r_1 = L$, па је (2) $F_{e1} = \frac{kq_1q_2}{L^2}$. Из (1) и (2) добија се $q_1q_2 = \frac{\sqrt{3}mgL^2}{3k}$, (3) $q_1q_2 = 1,283\cdot 10^{-12}\ \mathrm{C}^2$. Кад су куглице спојене жицом долази до прерасподјеле наелектрисања на куглицама. Кретање наелектрисања кроз жицу престаје када се изједначе електрични потенцијали куглица (разлика потенцијела једнака нули). На куглицама једнаких полупречника и једнаких потенцијала налазе се једнаке количине наелектрисања. Према закону одржања количине наелектрисања важи: $q_1 + q_2 = 2q$, одакле је (4) $q = \left(q_1 + q_2\right)/2$. Након уклањања жице, куглице се размакну тако да једнакостранични троугао прелази у једнакокрако- правоугли троугао, у којем је (5) $F_{e2} = mg$, и у којем је (6) $r_2 = L\sqrt{2}$. На основу (2), (4) и (6) електрична сила је (7) $F_{e2} = \frac{kq^2}{2L^2}$. Из (5) и (7) слиједи (8) $q = L\sqrt{2mg/k}$, $q = 2,108\cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}$, односно (9) $q_1 + q_2 = 4,216\cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}$. Рјешавањем система једначина (3) и (9) добија се $q_1 = 3,886\cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}$, $q_2 = 3,30\cdot 10^{-7}\ \mathrm{C}$ (или $q_2 = 3,886\cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}$, $q_1 = 3,30\cdot 10^{-7}\ \mathrm{C}$).

5. Примјена првог Кирхофовог правила на чвор M даје једначину: $I_1 + I_3 = I_2$. Примјена другог правила на контуре MR$_3$NE$_1$R$_1$M и ME$_2$R$_2$N даје $(R_1 + r_1)\times I_1 - R_3\times I_3 = -E_1$, $\left(R_2 + r_2\right) + R_3I_3 = -E_2$. Након уврштавања датих бројних вриједности добија се систем од три једначине са три непознате:

$$(1)\ I_1 - I_2 + I_3 = 0; \quad (2)\ 1,2\times I_1 - 3,0\times I_3 = -4,0; \quad (3)\ 2,5\times I_2 + 3,0\times I_3 = -6,0.$$

Када се бројне вриједности заокруже на двије значајне цифре добију се јачине струја: $I_1 = -2,8\ A$, $I_2 = -2,6\ A$, $I_3 = 0,2\ A$. Укупни губитак електричне енергије на унутрашњим отпорима оба извора је $\Delta W = r_1I_1^2t + r_2I_2^2t$, $\Delta W = 4.9\ \mathrm{J}$.