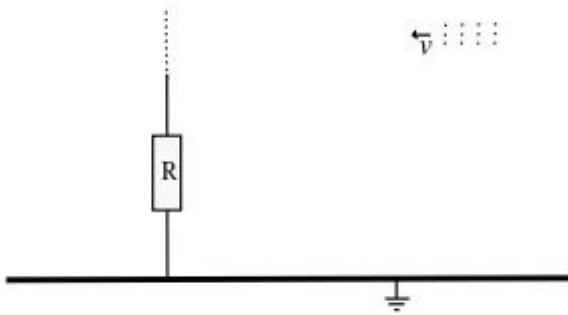


**31. РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА
СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (22. март 2025)**

III РАЗРЕД

1. Човјек подиже хомогену шипку масе $m = 250 \text{ kg}$ и дужине $l = 4.5 \text{ m}$. Један крај шипке је фиксиран за подлогу тако да шипка може слободно ротирати око те тачке. Подизање се врши тако што човјек креће са другог краја, увијек држећи шипку на висини $h = 180 \text{ cm}$ и приближава се фиксираној тачки. Која је минимална сила коју мора да примјени на шипку у тренутку када је његово растојање од тачке фиксирања $x = 1.5 \text{ m}$? Претпоставите да човјек стоји усправно.
2. У области $y > 0$ постоји хомогено магнетно поље $\vec{B} = 2 \text{ mT} \vec{e}_z$. У једном тренутку у ту област улијећу протон и неутрон. Протон улијеће у тачки $x = -2.5 \text{ cm}$ брзином $\vec{v}_1 = 9.58 \frac{\text{km}}{\text{s}} \vec{e}_y$, а неутрон у тачки $x = 0$ брзином $\vec{v}_2 = v_2 \vec{e}_y$. Одредити брзину v_2 при којој долази до судара ове двије честице. Маса протона и неутрона су приближно исте и износе $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$, док је елементарно наелектрисање $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.
3. Лука се заинтересовао за испитивање периода малих осцилација. У том циљу конструисао је систем који се састоји од тега масе m повезаног хоризонталном еластичном жицом коефицијента еластичности k за непокретни ослонац. Систем врши мале хоризонталне осцилације амплитуде A . У тренутку проласка тега кроз равнотежни положај, Лука је клијештима стистнуо жицу на њеној средини тако да сада клијешта представљају чврсти ослонац. Одредити како су се промјенили период и амплитуда малих осцилација?
4. Проводна мрежа је уземљена преко реостата отпора R . На мрежу са великог растојања равномјерно стижу електрони. Колика количина топлоте се ослободи у јединици времена услед бомбардовања мреже електронима, ако далеко од мреже електрони имају брзину v , а јачина струје уземљења је I .

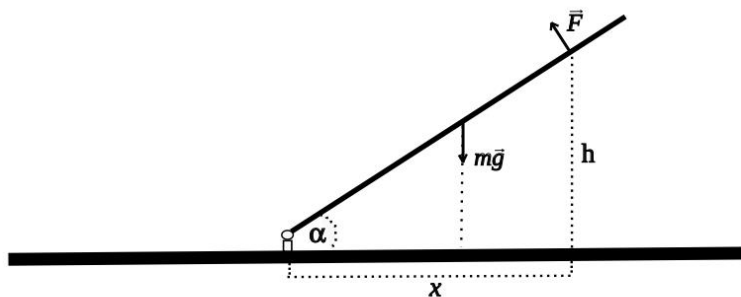


5. Хоризонтални цилиндрични суд подијељен је клипом на два дијела А и В. У почетном тренутку у оба дијела налази се гас температуре 300 K . Притисак гаса у дијелу А је 200 kPa , у дијелу В 100 kPa , а запремине оба дијела су по 1 l . Клип се тада откочи. Колики ће бити притисци и запремине гаса у дијеловима суда када се клип заустави у равнотежном положају? Трење је занемарљиво а температура константна.

Задатке припремио: *Јован Потребих*
Рецензент: *Проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад*

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА III РАЗРЕД

1. Минималну потребну силу можемо израчунати анализом равнотеже момената сила. Израчунаћемо ове моменте у односу на тачку гдје је шипка причвршћена, јер је тако најлакше. Тежина шипке је $F_g = mg$ и дјелује у њеном тежишту, које се налази на средини шипке. Пошто ова сила дјелује вертикално наниже, њен момент силе добијамо множењем са хоризонталним растојањем између тачке причвршћења и центра шипке x . Угао између шипке и подлоге можемо одредити помоћу висине човјека и његовог растојања од тачке фиксирања коришћењем формуле: $\alpha = \arctan\left(\frac{h}{x}\right)$. Хоризонтално растојање од центра шипке до осе ротације је: $x_{l/2} = \frac{l}{2} \cos \alpha$, па је момент силе услед тежине: $M_g = F_g x_{l/2} = mg \frac{l}{2} \cos\left(\arctan\left(\frac{h}{x}\right)\right)$. Сада претпоставимо да човјек врши силу F (што је величина коју тражимо). Пошто човјек није ограничен на то да гура само право навише, и пошто тражимо минималну силу, разматрамо ситуацију у којој он гура шипку нормално на њен правац. Растојање тачке у којој човјек гура шипку од тачке фиксирања можемо лако израчунати користећи Питагорину теорему: $r = \sqrt{x^2 + h^2}$. Момент ове силе је онда: $M_s = F \sqrt{x^2 + h^2}$. Сада треба да елиминишемо израз $\cos\left(\arctan\left(\frac{h}{x}\right)\right)$ што можемо урадити коришћењем тригонометријских идентитета или уочавањем да је троугао са хипотенузом $\frac{l}{2}$ за који рачунамо дужину налегле странице, сличан троуглу који смо већ користили (чија је хипотенуза: $r = \sqrt{x^2 + h^2}$, а налегла страница x). Дакле, умјесто да користимо тригонометрију, можемо директно записати: $x_{l/2} = \frac{l}{2} \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}}$. Изједначавањем момената добијамо: $M_g = M_s$, $\frac{l}{2} \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} = F \sqrt{x^2 + h^2}$, $F = mg \frac{l}{2} \frac{x}{x^2 + h^2}$. Убацавањем бројних вриједности добијамо $F = 1,5 \text{ kN}$.



2. При уласку протона у магнетно поље на њега ће почети да дјелује Лоренцова сила $\vec{F}_l = q\vec{v}_1 \times \vec{B}$. С обзиром да су вектори брзине и магнетног поља нормални, протон ће се кретати по (полу)кружној путањи чији радијус одређујемо изједначавајући Лоренцову и центрифугалну силу $\frac{mv_1^2}{R} = qv_1B \rightarrow R = \frac{mv_1}{qB} \approx 5 \text{ cm}$. Закључујемо, дакле, да се протон креће по кружници полупречника $R = 5 \text{ cm}$ са центром у $x = 0$. С друге

стране, неутрон је ненаелектрисан те на њега магнетно поље неће дјеловати. Дакле, до судара може доћи искључиво у тачки $(0, R)$ у тренутку $\tau = \frac{T}{4}$, гдје је $T = \frac{2\pi R}{v} = 3.28 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ период кружног кретања протона. Да би до тога дошло мора да важи $v_2 \tau = R$ одакле налазимо $v_2 = 6.1 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

3. У тренутку када је Лука клијештима стиснуо жицу њена дужина се смањила 2 пута . Према Хуковом закону $k = \frac{ES}{l}$, гдје је E Јунгов модул еластичности, S површина попречног пресјека жице а l њена дужина. Закључујемо, дакле, да се коефицијент еластичности жице се због њеног (ефективног) скраћења удвостручио. Како је период осцилација дат са $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ закључујемо да се период осцилација смањило $\sqrt{2}$ пута . Енергија тега прије и након стискања жице је иста те из израза $E = \frac{1}{2}kA^2$ слиједи да се амплитуда малих осцилација такође смањила $\sqrt{2}$ пута.
4. Кинетичка енергија електрона при њиховом паду на мрежу трансформише се у топлоту. Ако у јединици времена на мрежу пада n електрона, по закону одржања енергије важи $n \frac{mv^2}{2} = I^2 R + Q_t$, гдје је Q_t количина топлоте која се у јединици времена ослободи на мрежи. Како је $I = ne$ слиједи $Q_t = I(\frac{mv^2}{2e} - IR)$.
5. За гас у дијеловима А и В важи $p_{0A}V_{0A} = p_A V_A$ $p_{0B}V_{0B} = p_B V_B$. Како је $V_A + V_B = V_{0A} + V_{0B} = 2l$ и $p_A = p_B$ то је $\frac{V_A}{V_B} = \frac{p_{0A}}{p_{0B}} = 2$. Слиједи: $V_A = 2V_B = \frac{4}{3}l$ $V_B = \frac{2}{3}l$, па је $p_A = \frac{p_{0A}V_{0A}}{V_A} = 150kPa$.