28. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (30. април 2022)

II РАЗРЕД

1. У овом задатку разматраћемо фазне прелазе (слика 1) описане једначином Клаузијус-Клајперона. У околини тројне тачке већине материјала, ова једначина је дата као: $\frac{\Delta p}{\Delta T} = c\,\frac{\lambda}{\Delta v}$, гдје је λ специфична латентна топлопта фазног прелаза, T апсолутна температура, p притисак а c нека константа. Δv означава разлику запремина по честици (запремине коју заузима једна честица). Знајући да је једначина криве коегзистенције пара-течност и пара-чврсто стање у близини тројне тачке дата једначинама: $\frac{p}{p_0} = 15 + 20\frac{T}{T_0}, \frac{p}{p_0} = 10 + 25\frac{T}{T_0}$, одредити: притисак и температуру тројне тачке (у функцији p_0, T_0) као и колико пута више је потребно уложити топлоте при претварању чврстог у гасовито и течног у гасовито стање ове супстанце.

2. Умјетничка клизачица висине $1{,}65m$ и масе $50kg$ може да се окреће око своје осе раширених руку угаоном брзином Ω_1. Процијените угаону брзину клизачице Ω_2 када споји руке. Можете претпоставити да је распон руку код човјека једнак његовој висини, „ширина“ човјека једнака петини његове висине, маса човјека по јединици дужине је константна (узети да је дужина човјека збир његове висине и дужине руку). На основу ових претпоставки, да ли је резултат има физичког смисла? Ако не, које претпоставке су највише утицале на резултат?

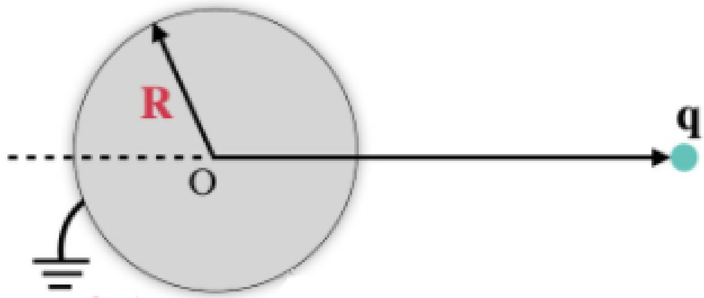
3. У овом задатку разматраћемо познати метод који се користи приликом рјешавања задатака из електростатике тзв. метод слика. Разматраћемо неко наелектрисање q које се налази на удаљености d од центра уземљене сфере полупречника R (слика 2). Ваш задатак је да одредите силу привлачења између наелектрисања и сфере. Метод слика: Када разматрамо неку електростатичку конфигурацију, циљ је појендоставити проблем, и идеално га свести на једноставну примјену Кулоновог закона, уметањем још неког електростатичког објекта, али на такав начин да се физичка слика система не промјени (сви потенцијали у простору остају исти). За овај задатак, претпоставите да се ради о тачкастом наелектрисању q' унутар металне сфере (као додатном електростатичком објекту), одредите његову вриједност, те коначно силу између сфере и наелектрицања q. Такође узмите да су $q,\ q'$ и центар сфере колинеарни.

4. а) Одредите отпор између два тјемена коцке која се налазе на дијагонали једне стране коцке (слика 3а) ако свака ивица има отпор r .

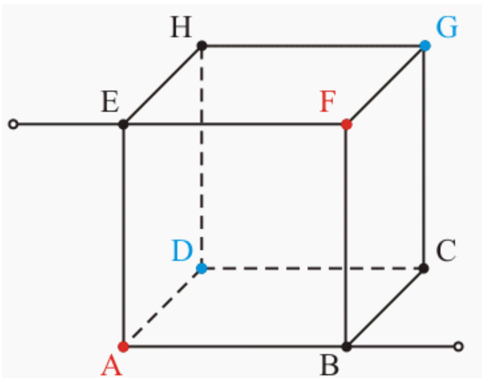
б) Одредите отпор између крајева коцке (слика 3б) ако свака ивица има отпор r . У ком случају је већи отпор?

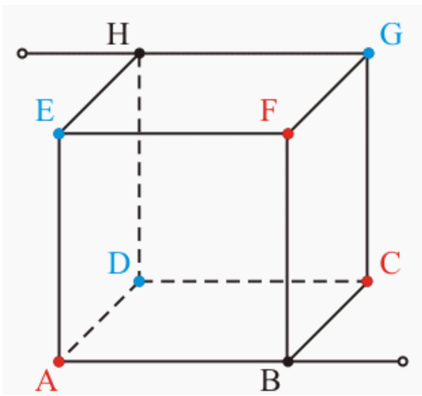
5. У веома дугачкој топлотно изолованој цијеви, између два једнака клипа маса m, налази се један мол гаса чија је моларна изохорска топлота C_V. Изван тог дијела у цијеви је вакуум. У почетном тренутку један клип има брзину $\alpha v,\ \alpha > 1$, а други v, и крећу се дуж цијеви са истим смјером вектора брзине. Одредити до које темепратуре ће се загријати гас, уколико нема трења, клипови не проводе топлоту и топлотни капацитети цијеви и клипова су занемрљиви. Температура у почетном тренутку је T_0.

Слика 1



Слика 2





Слика 3а

Слика 3б

Задатке припремио: Драган Марковић, ФФ Београд
Рецензент: Проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА II РАЗРЕД

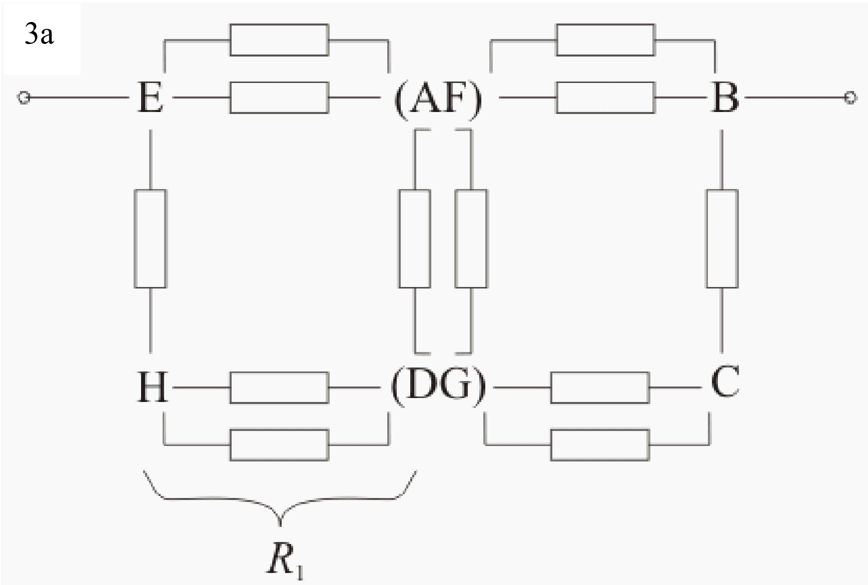
1. Прво ћемо одредити колико износе критична температура и притисак. Тај процес је веома једноставан, као што се види са графика у тој тачки се дате једначине сијеку, те рјешавамо систем 2 једначине са двије непознате. Лако се добија:$p = 35p_0, T = T_0$. За други дио задатка треба да одредимо однос дат у првој једначини за оба случаја. Добија се: $\left(\frac{\Delta p}{\Delta T}\right)_1 = 20\frac{p_0}{T_0}, \left(\frac{\Delta p}{\Delta T}\right)_2 = 25\frac{p_0}{T_0}$. Дијељењем једначина јасно је да се може добити однос између латентних топлота тј. $\left(\frac{\Delta p}{\Delta T}\right)_2 / \left(\frac{\Delta p}{\Delta T}\right)_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}\,\Delta v_1/\Delta v_2$ Сада је још остало да апроксимирамо $\Delta v_1, \Delta v_2$. Како је $\Delta v_1 = v_G - v_T,\ \Delta v_2 = v_G - v_{Č}$, и гасови су доста разуђенији од течности и чврстих супстанци то је $\Delta v_1 \approx v_G,\ \Delta v_2 \approx v_G$, одакле је $\frac{25}{20} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1.25$. Дакле потребно је уложити 1.25 пута већу количину топлоте приликом прелаза гасовито-чврсто стање него гасовито-течно стање.

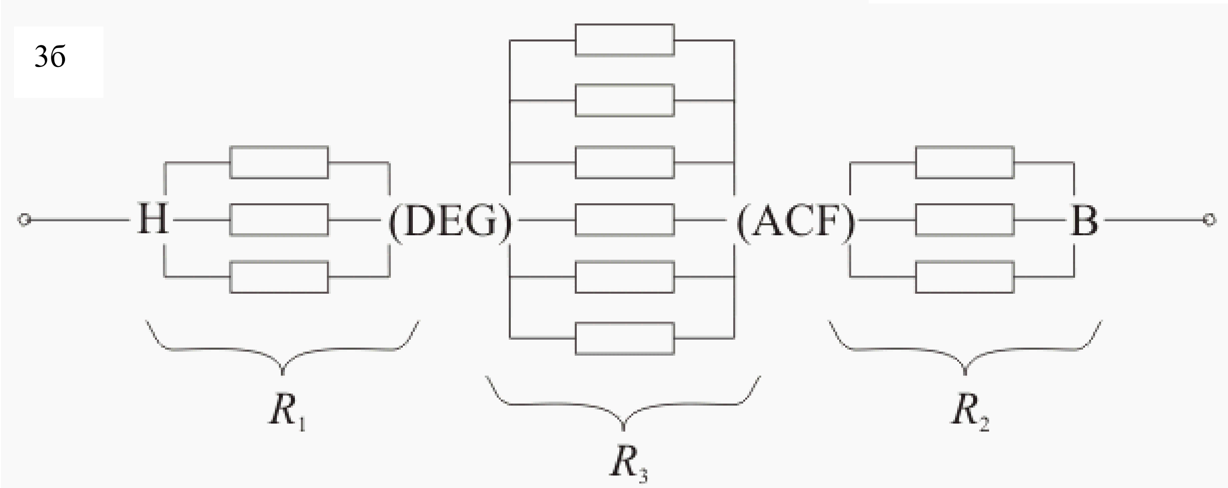
2. Занимљиво је да је на начин на који је формулисан задатак, маса и висина клизачице су непотребни подаци, па ћемо све радити у општим ознакама. Прво, по услову $\frac{\Delta m}{\Delta l} = const. = \frac{M}{L}$. Из услова задатка: $L = h + 2r,\ 2r + d = h,\ d = \frac{h}{5}, r = \frac{2h}{5},\ L = \frac{9h}{5}$. гдје су h висина човјека, r дужина руке и d ширина (рамена). Даље, одређујемо масу руке: $M_r = M\frac{r}{L} = \frac{2M}{9}$. Користимо да можемо апроксимирати људско тијело хомогеним ваљком и његове руке као штап који ротира око свог центра. $I_1 \approx \frac{(M-2M_r)}{2}\left(\frac{d}{2}\right)^2 + \frac{2M_r}{12}h^2 = \frac{7}{120}Mh^2,\ I_2 \approx \frac{M}{2}\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{Mh^2}{200}$. $I_1\Omega_1 = I_2\Omega_2$. Закон одржања момента импулса. Коначно добија се: $\Omega_2 \approx (10 \pm 1)\Omega_1$. Квалитативно резултат је логичан , јер очекујемо да приликом спајања руку се смањи момент инерције, те повећа угаона брзина. Квантитативно, апроксимација униформе расподјеле масе није најтачнија, као и формуле за моменте инерције су приближне. Реални резултат је негдје око 4 пута, што је исти ред величине, те овај модел може да функционише уз још пар корекција ка тачном резултату (наравно сви параметри дужине руку и сл. зависе од конкретног клизача). Заправо, проценат масе човјекове руке у односу на цијело тијело је око 5% док смо ми користили негдје око 20%, што је очигледно имало утицаја на резултат. Са овом корекцијом добија се $\Omega_2 \approx 3\Omega_1$, што је много реалистичније.

3. Као што нам је речено у задатку физичка слика система се не мијења приликом убацивања неког фиктивног електростатичког објекта, одакле слиједи да је потенцијал сфере и даље нула. Одатле можемо да посматрамо 2 крајње тачке сфере из којих можемо да одредимо и позицију и фиктивно наелектрисање. Те једначине изгледају овако:$\frac{kq}{d-R} + \frac{kq'}{x} = 0, \frac{kq}{d+R} + \frac{kq'}{2R-x} = 0$. Одатле слиједи да је $x = \frac{Rd-R^2}{d}, q' = -\frac{qR}{d}$**.** Коначно сила се рачуна по Кулоновом закону $F = k\frac{qq'}{r^2} = \frac{kq\left(-\frac{qR}{d}\right)}{(d-R+x)^2} = -k\frac{q^2d^2}{(d^2-R^2)^2}$. Бодује се образац за Кулонову силу, геометрија, предзнак и крајњи резултат.

4. а) Еквивалентне шеме су дате на сликама 3а и 3б. У првом случају (а), коло се редукује на два редно везана кола. Такође, кроз грану **(AF)-(DG)** нема струје због истог пада напона. Сада се лако врши рачун $R_1 = \frac{r}{2}$. Даље, остаје само да се одреде отпори између **EH** и **(DG)**. $R_{EHDG} = \frac{3r}{2}$ **.** Слиједи да је $R_{EDG} = \frac{3r}{8}$, како су паралелно везани R_1, R_{EHDG}. Коначан резултат је $R_e = \frac{3r}{4}$**.**

б) Са слике је јасно да се ради прво о паралелним везама, па се све повеже редно: $R_1 = \frac{r}{3} = R_2, R_3 = \frac{r}{6}$ $R_e = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{5r}{6}$. Из симетријских разлога су једнаке обје отпорности у првом случају као и друге три отпорности у другом случају. Дакле, већа је отпорност у другом случају.





5. Како нема топлотне размјене са околином, приликом примјене ЗОЕ, не морамо је узимати у обзир. Даље, гас ће достићи своју крајњу температуру када буде највише сабијен, односно када се клипови крећу истом брзином. Како нема трења то важи и ЗОИ: $m\alpha v + mv = 2mv', v' = v\,(1+\alpha)/2$. Даље се лако примјењује ЗОЕ:$U_1 + E_{k1} = U_2 + E_{k2}, C_v n T_0 + \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2\alpha^2}{2} = C_V n T' + \frac{2mv'^2}{2}$. одакле слиједи да је крајња температура једнака: $T' = T_0 + \frac{mv^2(\alpha-1)^2}{4C_V}$.