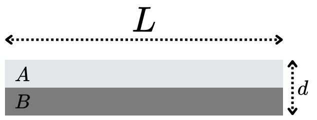
1. Куглица бакра полупречника $R = 0{,}5$ cm налази се на температури $T = 900$ °C. Маса једног атома бакра износи $m_{\mathrm{Cu}} = 1{,}055 \cdot 10^{-22}$ g, док се у куглици налази укупно $N = 4{,}07 \cdot 10^{22}$ атома бакра, тако да је укупна маса куглице једнака Nm_{Cu}. Одредити средње растојање $\bar{r}$ између атома бакра на датој температури, које је дефинисано као дужина странице мале коцке чија је запремина таква да се $N = 4{,}07 \cdot 10^{22}$ оваквих коцки налази у укупној запремини посматране куглице. Колику топлоту је потребно предати овој куглици, на температури топљења, тако да пређе у течно агрегатно стање? На температури $T_2 = 1200$ °C бакар је у течном агрегатном стању и без утицаја спољашњих сила, слободна површина капи течности се формира у облику сфере. Одредити промену енергије услед постојања површинског напона када се кап течног бакра, настала од куглице из првог дела овог задатка загревањем до температуре T_2, подели на две мање, једнаке сферне капи, на константној температури T_2. Температура топљења бакра износи $T_t = 1085$ °C, латентна топлота топљења овог метала је $\lambda = 206$ kJ/kg, док је густина течног бакра на температури T_2 дата као $\rho = 7846$ kg/m^3 а коефицијент површинског напона на температури T_2 износи $\gamma = 1{,}3$ N/m.

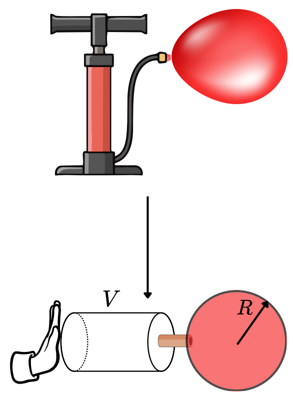
(20 поена)

2. Две металне траке, свака дужине L и дебљине $d/2$ на температури T_0, чврсто су спојене заједно тако да им се крајеви поклапају, сачињавајући такозвану биметалну траку (видети слику 1). Једна трака је направљена од метала A са коефицијентом линеарног ширења α_A, а друга од метала B са коефицијентом α_B при чему је $\alpha_A > \alpha_B$. Када се ова биметална трака загреје на температуру $T_0 + \Delta T$, она се савија у лук кружнице. Под претпоставком да дебљина d биметалне траке остаје константа приликом промене температуре, израчунати полупречник кривине линије која раздваја метале A и B. Претпоставити да се образац за линеарно топлотно ширење може употребити да би се одредила дужина једног хомогеног метала на средини његове ширине.

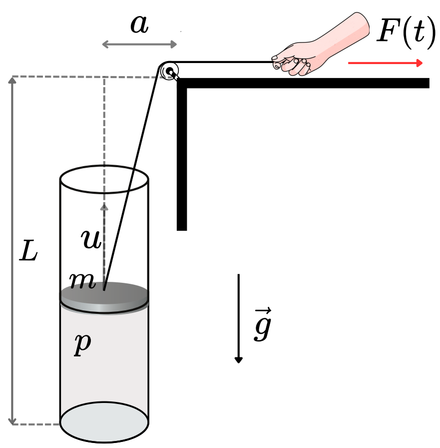
(20 поена)



Слика 1: биметална трака из задатка 2.



Слика 2: модел пумпања балона који се користи у задатку 3.



Слика 3: слика уз задатак 4.

3. Балони на надувавање, који се често срећу на дечијим забавама, могу се моделовати као еластична сферна опна од гуме унутар које је, у тренутку када је полупречник балона једнак R, притисак већи од атмосферског по закону $p = p_0 + K\left(\frac{R_0}{R} - \left(\frac{R_0}{R}\right)^7\right)\left(1 + 0{,}1\left(\frac{R}{R_0}\right)^2\right)$, где је R_0 почетни полупречник балона, p_0 атмосферски притисак, а K позитивна константа одговарајуће димензије. Овај балон се пумпа преко пумпе за бицикл, као на слици 2. Пумпу моделујемо као комору запремине V у коју улази ваздух на атмосферском притиску, а тај ваздух се онда, преко малог вентила, убацује унутар балона током једног циклуса пумпања. Сматрати да је све време температура ваздуха у околини и унутар балона константа, као и да вентил омогућава само улазак ваздуха из пумпе у балон, али не и излазак ваздуха из балона. Одредити колико пута је потребно обавити циклус пумпања да би се балон надувао до полупречника R_f. Материјал од кога је гума направљена је специфичан јер се приликом истезања запремина гуме не мења. У почетном тренутку, када је полупречник балона био R_0, дебљина гуме је износила $H_0 \ll R_0$ и сматрати да је дебљина униформна, као и да остаје униформна током пумпања. Одредити зависност нормалног напона у гуми, $\sigma(R_f)$, од полупречника R_f до ког је балон надуван. Величине p_0, K, R_0, V и H_0 сматрати познатим.

Подсетник: Нормални напон је једнак количнику силе која делује у правцу нормале на попречни пресек тела и површине тог пресека.

(20 поена)

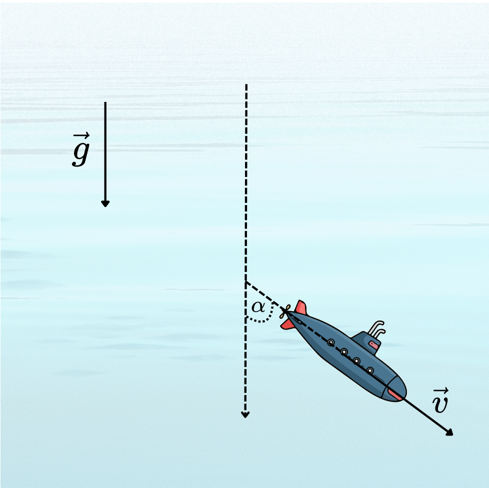
4. Испод клипа масе m и попречног пресека S налази се идеални двоатомски гас. Клип, преко неистегљивог, безмасеног канапа и система са идеалним, безмасеним котуром занемаривих димензија, држи Петар (видети слику 3). Он повлачи канап силом промењивог интензитета тако да се клип све време покреће навише константном брзином u. У тренутку када је клип био на висини H од дна суда (овај тренутак означимо са $t = 0$), притисак гаса у суду је износио p_1. Клип и посуда у којој се гас налази су топлотно непропусни и имају занемарив топлотни капацитет. Одредити како од времена t зависи сила којом Петар вуче канап, брзина краја канапа који Петар држи, као и снага коју Петар развија повлачећи канап. Како би ова снага зависила од времена уколико би поставка задатка била иста као до сада, до на то што би посуда и клип били направљени од материјала који има топлотни капацитет много већи него топлотни капацитет гаса унутар суда? Хоризонтално растојање од центра клипа, где је канап повезан са клипом, до ивице платформе на којој се налази котур износи a, док вертикално растојање између дна суда и котура износи L. Атмосферски притисак p_0 и гравитациона константа g су познати.

   Напомена: котур на слици је приказан са незанемаривим димензијама прегледности ради, у задатку сматрати да су његове димензије заиста занемариве. Сматрати да канап не додирује посуду, као и да се клип налази унутар посуде током времена које анализирамо у задатку.

(20 поена)

5. Подморница је опремљена сензором за мерење хидростатичког притиска спољашње воде. Приликом једног путовања, подморница се кретала константном брзином интензитета $v = 5$ m/s, тако да је правац кретања заклапао угао α са вертикалом, а смер кретања био ка дну океана (видети слику 4). Очитавање спољашњег притикса се вршило на сваких 3 min и резултати очитавања су приказани у табели испод, где t означава време од када је сензор укључен. У неком тренутку између $t = 12$ min и $t = 15$ min подморница је нагло променила правац кретања, без промене интензитета брзине, тако да сада заклапа угао β са вертикалом. Нацртати график зависности измереног притиска воде од времена. Одвојеном линеаризацијом података пре промене правца кретања и после промене правца кретања (на истом графику), одредити углове α и β. Са графика очитати у ком тренутку је дошло до нагле промене правца кретања. У овом задатку није потребно одређивати грешке тражених величина. Гравитационо убрзање износи $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$ а густина воде $\rho = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$.

(20 поена)



Слика 4: слика кретања подморнице на почетку задатка 5.

t [min]	3	6	9	12	15	18	21	24
p [10^5 Pa]	49	96	143	189	226	256	288	312

Табела 1: зависност спољашњег притиска од времена.

Решења свих задатака треба јасно образложити и треба јасно навести све физичке законе и дефинисати све ознаке које се користе у решењу задатка.

*У бета категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима свих врста гимназија осим специјализованих гимназија за области математика и физика.

Задатке припремили: *Душан Ђорђевић*, Физички факултет, Београд, *Милена Живковић* и *Момир Арсенијевић*, ПМФ Крагујевац.
Рецензент: *Никола Коњик*, Физички факултет, Београд.
Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: *проф. др Имре Гут*, ПМФ Нови Сад.