

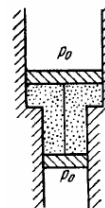


Молекулско-кинетичка теорија гасова

1) У суду сферног облика, пречника $D = 10 \text{ cm}$, налази се гас под притиском $p = 0.27 \text{ Pa}$. Ефективни пречник молекула гаса је $d = 0.23 \text{ nm}$. На којој најнижој температури ће почети међусобно сударање молекула гаса? (Г. Димић, М. Митриновић, *Збирка задатака из физике D (виши курс)*, задатак 719.)

2) Суд запремине V се вакуумира вакуумском клипном пумпом. Један замах клипа захвата запремину ΔV . Колико замах је неопходно да се притисак у суду смањи η пута? Процес сматрати довољно спорим, а гас идеалним. (И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.7)

3) Глатка вертикална цев, отворена са оба краја, је опремљена са два клипа (слика 1). Клипови су спојени неистегљивом нити, а између клипова се налази $n = 1 \text{ mol}$ идеалног гаса. Површина попречног пресека горњег клипа је $\Delta S = 10 \text{ cm}^2$ већа од површине попречног пресека доњег. Маса оба клипа износи $m = 5 \text{ kg}$. Спољашњи притисак износи $p_0 = 10 \text{ atm}$. За колико треба загрејати идеалан гас да би се клипови померили за $l = 5.0 \text{ cm}$?



Слика 1.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.10)

4) Топлотно изоловани суд, у коме се налази гас моларне масе M и адијабатске константе γ , креће се брзином v . Наћи промену температуре гаса насталу наглим заустављањем суда. (И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.27)

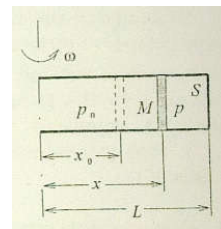
5) Вертикални цилиндар затворен је на оба краја и опремљен покретним клипом који га раздваја на два дела, при чему се у сваком од ових делова налази $n = 1 \text{ mol}$ ваздуха. У равнотежном стању на температури $T_0 = 300 \text{ K}$ запремина горњег дела је $\eta_0 = 4.0$ пута већа од запремине доњег. На којој температури T ће однос ових запремина износити $\eta = 3.0$?

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.6)

6) Претпоставити да је веза између притиска и густине ваздуха независна од висине и дата изразом $p/\rho^n = \text{const}$, $n = \text{const}$. Наћи одговарајућу зависност температуре од висине.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.14)

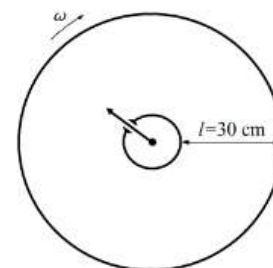
7) У цилиндру попречног пресека $S = 1 \text{ dm}^2$ и дужине $L = 1 \text{ m}$, налази се танак клип масе $M = 10 \text{ kg}$. Клип се у равнотежи налази на растојању $x_0 = 50 \text{ cm}$ од ивице цилиндра у коме се налази идеалан гас. Спољашњи притисак је $p_0 = 101.325 \text{ kPa}$. Цилиндар затим ротира угаоном брзином $\omega = 10\pi \text{ rad/s}$ око нормалне осе која пролази кроз ивицу цилиндра (слика 2). Наћи удаљеност новог равнотежног положаја клипа од x -осе, под претпоставком да температура свих делова система остаје све време непромењена и да клип идеално затвара цилиндар.



Слика 2.

(Општинско такмичење за 2. разред 2014, задатак 3.)

8) За мерење брзине атома гасова користимо два цилиндра (слика 3). Унутрашњи цилиндар има мали полупречник, а радијално растојање од малог до већег цилиндра износи $l = 30 \text{ cm}$. На мањем цилиндру се налази мали процеп. Велики цилиндар је слободан да ротира. Посматрајмо испарења сребра која пролазе кроз мали процеп и маркирајмо на великом цилиндру локацију радијалног правца где се таложу атоми. У наредном експерименту поставимо маркер на исти правац, али чим отворимо прорез започнимо са ротацијом великог цилиндра угаоном брзином $\omega = 120 \text{ rad/s}$. Највише атома сребра ће пасти под углом $\theta = 4.6^\circ$ у односу на маркер. Моларна маса сребра износи $M = 105 \text{ g/mol}$. Процес испарења атома сребра се скоро тренутно одвија.



Слика 3.

(а) Наћи највероватнију брзину атома сребра v ;

(б) Наћи температуру испарења сребра T .

(Општинско такмичење за 2. разред 2014 (фермионска категорија), задатак 1.)

9) У топлотно изолованом суду налази се N молекула двоатомног гаса на температури T_1 . При тим условима почиње дисоцијација молекула (разлагање молекула на јоне, односно атоме) која се прекида када температура у суду падне на T_2 . При дисоцијацији једног молекула апсорбује се енергија ϵ . Израчунати колико ће молекула N_1 дисосовати и колики је однос притисака p_1 на почетку и p_2 на крају дисоцијације.

(Републичко такмичење за 2. разред 2005, задатак 3.)

10) Изведите формулу за брзину звука v у идеалном гасу, ако је познато да она зависи само од притиска p и густине ρ гаса, као и да се у формули јављају само бездимензионе константе. Зашто је брзина звука при истим условима у кисеонику мања него у азоту? Знајући да при нормалним условима ($p = 101.325 \text{ kPa}$, $T = 273.15 \text{ K}$) брзина звука у кисеонику износи $v_O = 313 \text{ m/s}$, а у азоту $v_N = 334 \text{ m/s}$, одредите све константе које се јављају у формули. Моларна маса кисеоника је $M_O = 16 \text{ g/mol}$, а азота $M_N = 14 \text{ g/mol}$. Кисеоник и азот можете сматрати идеалним двоатомним гасовима.

(Савезно такмичење за 2. разред 2002, задатак 1.)

12) Суд запремине $V = 20 \text{ l}$ садржи смешу водоника и хелијума на температури $t = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ и притиску $p = 2.0 \text{ atm}$. Маса смеше износи $m = 5.0 \text{ g}$. Наћи однос маса водоника и хелијума у датој смеси. Изразити тражени однос преко ефективне моларне масе смеше.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.3)

13) Наћи зависност притиска гаса у функцији времена у суду који бива вакуумиран. Запремина суда износи V , а почетни притисак p_0 . Процес сматрати изотермним, брзина вакуумирања износи c и независна је од притиска. Искористити следећу релацију:

$$\sum \frac{\Delta p}{p} = \ln \frac{p_f}{p_i}$$

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.8)

14) Наћи максималну могућу температуру идеалног гаса у процесу у коме је зависност притиска p од запремине једног мола гаса V дата изразом $p(V) = p_0 - \alpha V$, где су p_0 и α позитивне константе.

(на основу И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.11)

15) У суду запремине $V = 1 \text{ l}$ налази се $n = 1 \text{ mol}$ азота. Наћи температуру азота на којој његов притисак може бити израчунат користећи једначину стања идеалног гаса са грешком од $\eta = 10 \%$, као и сам притисак гаса на овој температури.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.22)

16) Паралелан снап молекула азота креће се ка зиду брзином $v = 400 \text{ m/s}$ под углом $\theta = 30^\circ$ у односу на нормалу на зид. Концентрација молекула у снопу износи $n = 0.9 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Наћи притисак којим снап делује на зид, под претпоставком да су судари молекула са зидом апсолутно еластични.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.65)

17) При повећању температуре идеалног гаса за $\Delta T = 150 \text{ K}$ средња квадратна брзина његових молекула порасла је са $v_{sk1} = 400 \text{ m/s}$ на $v_{sk2} = 500 \text{ m/s}$. За колико степени треба загрејати исти тај гас да би се средња квадратна брзина његових молекула повећала са $v_{sk2} = 500 \text{ m/s}$ на $v_{sk3} = 600 \text{ m/s}$?

(Општинско такмичење за 2. разред 2017, задатак 1.)

18) Мала Софија проучава систем са два нивоа, који се састоји од N неинтерагујућих честица. Честице могу да имају енергију ε или $-\varepsilon$, зависно од тога да ли се налазе на горњем или доњем нивоу. Помозимо Софији да одреди термодинамичке карактеристике оваквог система.

(а) Болцманова ентропија оваквог система одређена је као $S_E = k \ln \Omega_E$, где је Ω_E број начина на које можемо расподелити N честица на два нивоа, тако да укупна енергија система буде E . Одредити Болцманову ентропију S_E у зависности од укупне енергије система;

(б) Наћи израз за температуру система користећи израз за ентропију одређен у претходном кораку. Софија зна да се инверзна температура може изразити као промена ентропије при малој промени енергије система, тј. када једну честицу пребацимо са нивоа енергије ε на ниво енергије $-\varepsilon$;

(в) Нека се конкретни систем састоји од $N = 1000$ честица и нека је $\varepsilon = 1 \text{ eV}$. Одредити температуру система за енергије $E_1 = -200 \text{ eV}$ и $E_2 = 200 \text{ eV}$. Чудан резултат за E_2 можемо разумети као последицу чињенице да су честице у побуђеним стањима, тј. да нису у стању термодинамичке равнотеже.

(Републичко такмичење за 2. разред 2018, задатак 3.)

Термодинамика

1) Израчунати адијабатску константу смеше 2 мола кисеоника и 3 мола угљен-диоксида.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.33)

2) Услед загревања хелијум се шири тако да му се запремина мења са притиском по закону $V = a \cdot p$, где је a позната константа. При томе се притисак промени од p_1 до p_2 . Одредити колики се део утрошене количине топлоте у овом процесу искористи за промену унутрашње енергије гаса.

(Окружно такмичење за 4. разред 2016, задатак 5.)

3) На слици 1 је приказан затворен циклус 1-2-3-1. Радно тело је идеалан једноатомски гас. У процесу 1-2 важи $V^2 \sim T$. Одредити коефицијент корисног дејства овог циклуса и приказати циклус у p - V дијаграму.

(Општинско такмичење за 2. разред 2015, задатак 3.)

4) На слици 2 је на T - S дијаграму приказан топлотни циклус, који има облик ромбоида, чије су дијагонале паралелне осама. Температура се у целом циклусу промени 2 пута. Наћи степен корисног дејства топлотне машине која би радила по датом циклусу.

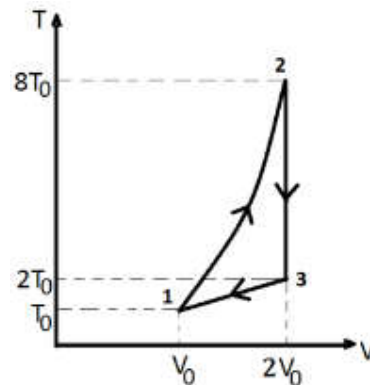
(Републичко такмичење за 4. разред 2011, задатак 4.)

5) Идеални гас се изотермски шири, потом адијабатски хлади, и то се понавља n пута. При сваком изотермском ширењу однос почетне и крајње запремине је константан, док је при сваком адијабатском хлађењу промена температуре иста и једнака најнижој температури у сиклусу. Након наизменичних n изотерми и n адијабата систем се изотермски враћа у стање почетне ентропије, а затим адијабатски у стање почетне температуре. Представити циклус у T - S дијаграму и наћи степен корисног дејства.

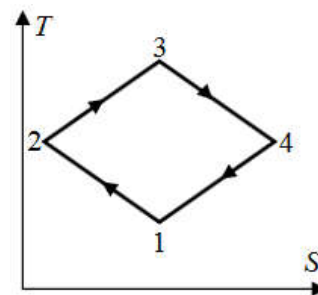
(Републичко такмичење за 2. разред 2015, задатак 2.)

6) Идеални гас, адијабатске константе γ , пролази кроз циклус приказан на слици 3. Наћи ефикасност овог циклуса ако је $T_{max}/T_{min} = \tau$.

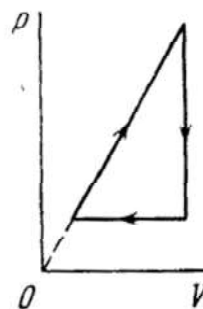
(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 2.127)



Слика 1.



Слика 2.

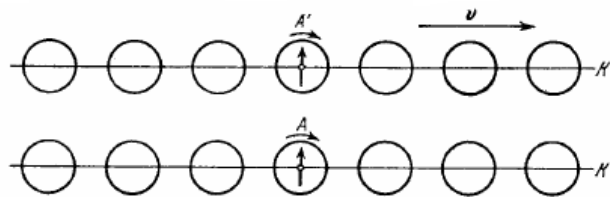


Слика 3.

Специјална теорија релативности

1) Две групе међусобно синхронизованих часовника K и K' се крећу једни у односу на друге брзином v (слика 1). Тренутак када сат A стане наспрам сата A' се узима за почетни. Нацртати приближне положаје казаљки свих сатова „у односу на K сатове“ и „у односу на K' сатове“.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 1.354)



Слика 1.

2) Референтни систем S' се креће у позитивном смеру x -осе референтног система S релативном брзином v . Претпоставимо да у тренутку поклапања координатних почетака O и O' сатови очитавају нулти временски тренутак у овим тачкама у оба референтна система. Наћи брзину померања тачке (у референтном систему S) у којој сатови у оба референтна система перманентно показују исто време.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 1.355)

3) Свемирски брод сопствене дужине L креће се брзином $v_1 = c/2$ у односу на лабораторијски систем референце. Са његовог задњег краја бачена је лопта брзином $v_2 = c/3$ у односу на брод у правцу и смеру кретања брода. Одредити колико растојање пређе лопта пре него што удари у предњи крај брода и колико траје њен лет у систему везаном за:

- (а) брод;
- (б) лабораторијски систем референце;
- (в) лопту.

(Окружно такмичење за IV разред 2015, задатак 3.)

4) Сфера се креће релативистичком брзином v кроз гас чија јединична запремина садржи n спорих честица, свака масе m . Наћи притисак p гаса на сферни елемент површине нормалан на вектор брзине сфере, под условом да се честице еластично одбијају о сферну површину. Показати да је овај притисак једнак у референтним системима везаним за сферу и за гас.

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 1.377)

5) Референтни систем S' се креће константном брзином \vec{u} у односу на референтни систем S . Наћи убрзање a' честице у референтном систему S' , ако се она у референтном систему S креће брзином v и убрзањем a по правој линији:

- (а) у правцу вектора \vec{u} ;
- (б) нормално на правац вектора \vec{u} .

(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 1.365)

6) Док воз улази у железничку станицу у Београду, путник из воза посматра станични сат у даљини и примећује да 10 s тог сата траје 8 s, мерено његовим ручним часовником. Нашавши се на перону, путник констатује да су сада сатови у савршеном складу. Коликом брзином је воз улазио у станицу ако се зна да СТР важи и у Београду, само што константа c у Лоренцовим трансформацијама (брзина светлости) има вредност $c = 41 \text{ m/s}$?

(Окружно такмичење за IV разред 2005, задатак 1.)

7) Извести нерелативистичку и релативистичку једначину Циолковског.

Механика флуида

1) Широки цилиндрични суд висок 50 cm је испуњен водом. Претпостављајући да је вискозност занемарљива, наћи на којој висини од дна суда треба избушити рупу да би млаз воде који из ње излеће погодио површину стола (на коме се налази суд) на максималном растојању l_{max} од суда. Наћи максимално растојање l_{max} . (И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 1.319)

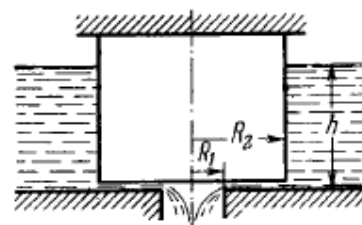
2) Стаклени отворени суд цилиндричног облика има висину $h_0 = 40\text{ cm}$ и пречник $d = 20\text{ cm}$. На његовом дну налази се мали отвор кроз који истиче вода из суда. Ако се суд потпуно напуни водом она из њега истекне за $t_0 = 2\text{ h}$. Коефицијент контракције млаза износи $k = 0.65$. Одредити:

а) колика је површина S_1 отвора на дну суда;

б) зависност висине воде у суду h од времена;

в) на којем растојању од дна суда треба да се налазе зарези, тако да ниво воде између било која два суседна зареза опадне за $\tau = 20\text{ min}$.

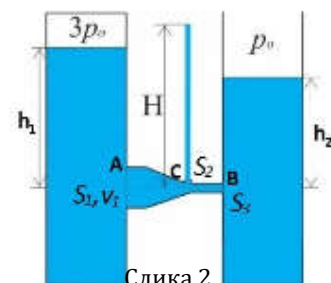
(Републичко такмичење за 4. разред 2011, задатак 1.)



Слика 1.

3) Хоризонтално дно широког суда испуњеног идеалним флуидом има кружни отвор радијуса R_1 , изнад кога се налази цилиндар радијуса $R_2 > R_1$ (слика 1). Растојање између дна цилиндра и дна суда је веома мало. Густина флуида је ρ . Наћи статички притисак флуида у области између цилиндра и дна суда као функцију растојања r од осе отвора (и цилиндра), ако је висина флуида једнака h .

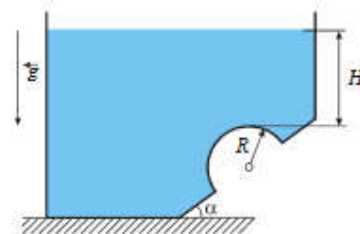
(И. Е. Иродов, *Збирка задатака из опште физике*, задатак 1.319)



Слика 2.

4) Два суда истог попречног пресека повезана су једном цеву као на слици 2. Леви суд је затворен са горње стране, а гас у њему је на притиску од 3 атмосфере. Ако су висине течности $h_1 = 1.5\text{ m}$ и $h_2 = 0.5\text{ m}$, а површине попречних пресека цевчица $S_1 = 1\text{ cm}^2$, $S_2 = 0.2\text{ cm}^2$ и $S_3 = 0.4\text{ cm}^2$, одредити висину H коју достиже млаз моментално након истовременог и брзог уклањања препрека А, В и С. Брзина којом вода истиче из левог суда је $v_1 = 6.4\text{ m/s}$. Густина течности је $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$, а атмосферски притисак $p_0 = 101325\text{ Pa}$. Узети да су ширине цевчица занемарљиве у односу на димензије судова. Гравитационо убрзање износи $g = 9.81\text{ m/s}^2$.

(Окружно такмичење за 2. разред – бозонска категорија 2017, задатак 4.)



Слика 3.

5) Део дна суда са течношћу заклапа угао α са хоризонталом. На том делу дна се налази полусферно испупчење полупречника R (слика 3). Висина стуба течности изнад испупчења износи $H = 2R$. Изведите, у општем случају, израз за вредност вертикалне компоненте силе F_v којом течност делује на то испупчење у зависности од угла α . Одредите смер силе F_v , ако је: а) $\alpha = 40^\circ$, б) $\alpha = 60^\circ$, в) $\alpha = 80^\circ$. Густина течности у суду је ρ . Убрзање силе земљине теже је g .

(Републичко такмичење за 2. разред 2009, задатак 5.)

6) Позната је чињеница да је дворце у песку лакше правити од влажног песка него од сувог. Могући разлог је вода која међусобно везује зрна песка. На слици 4 је приказана ситуација на нивоу пешчаних зрна, при чему је полупречник зрна R , r полупречник водене површине и x полупречник пресека водене површине и равни која додирује два зрна песка. Претпоставити да је квашење потпуно, тј. да је угао између воде и песка $\theta = 0^\circ$.

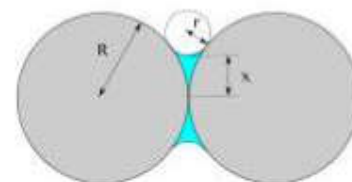
а) Наћи r у функцији од R и x ;

б) Наћи притисак у води ако је површински напон γ . Атмосферски притисак је p_0 ;

в) Колику је силу потребно применити да би се одвојила два зрна песка?

г) Да би се градила кула од песка која се неће крунити или срушити потребно је да сила између два зрна буде јача од силе гравитације. Наћи максимални полупречник R зрна песка који ово омогућава. Густина зрна песка је $\rho = 2650\text{ kg/m}^3$, површински напон воде износи $\gamma = 72\text{ mN/m}$ и гравитационо убрзање је $g = 9.81\text{ m/s}^2$. Сматрати да је квашење мало. На основу добијене величине за R , одговорити да ли је површински напон адекватан механизам који објашњава лепљивост влажног песка.

(Републичко такмичење за 2. разред – бозонска категорија 2017, задатак 4.)



Слика 4.