



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ



**Методика решавања рачунских задатака из области топлотне
физике према образовним стандардима**

- мастер рад -

Ментор: др Бранка Радуловић

Кандидат: Милица Зелић

Нови Сад, 2022.

Желим да се захвалим др Бранки Радуловић, проф. др Маји Стојановић и проф. др Ивани Богдановић на подршци, саветима и разумевању током целокупног студирања, као и на указаном поверењу. Захваљујем се ментору и члановима комисије на предложеној теми, на стрпљењу и помоћи током израде овог рада. Бранка је била изузетан ментор и њени савети су били од драгоцене помоћи, на чему сам јој веома захвална.

Захваљујем се свим професорима од којих сам имала прилику да учим о овој предивној науци коју зовемо физика.

Посебно хвала колегиници Драгици Радумило на лектури овог рада.

Од свег срца захваљујем својој породици, најдражем Небојши и својој Фреји на неизмерној подршци, љубави и бодрењу током студирања, а посебно свом ујаку, др Браниславу Јуришићу, који је највише заслужан што сам се определила за студије физике.

Хвала и свим пријатељима који су увек били и јесу ту за мене.

Рад желим да посветим својој баки Љуби која ми је вечни ослонац и без које све ово не би било могуће. Хвала ти на свему!

Милица Зелић

Садржај

1. Увод.....	5
2. Дефиниција задатка	6
3. Методика решавања рачунских задатака у настави физике	7
3.1. Значај задатака у настави физике	9
3.2. Циљеви решавања задатака у настави физике	10
3.2.1. Дубље схватање физичких величина, закона и теорија	10
3.2.2. Усмеравање ученика на самосталан рад и истрајност у решавању проблема ...	10
3.2.3. Повезивање знања из физике са свакодневним животом	11
3.2.4. Дугорочније и темељније усвајање градива	11
3.3. Класификација задатака	11
3.3.1. Подела према дидактичком циљу	11
3.3.2. Подела према начину задавања услова	12
3.3.3. Подела према степену тежине:	13
3.3.4. Подела према методама решавања	14
3.3.5. Подела према садржају	15
3.3.6. Домаћи задаци	16
4. Образовни стандарди	18
4.1. Циљеви образовних стандарда	18
4.2. Три нивоа постигнућа	19
4.3. Особине добрих образовних стандарда	20
5. Образовни стандарди у настави физике	21
5.1 Нумерација образовних стандарда за физику	22
5.2 Општи стандарди постигнућа за крај општег средњег и средњег стручног образовања за општеобразовни предмет физика	23
5.2.1. Основни ниво	23
5.2.2. Средњи ниво	23
5.2.3. Напредни ниво	23

5.3. Општи стандарди постигнућа за крај општег средњег и средњег стручног образовања за област топлотне физике.....	24
5.3.1. Основни ниво	24
5.3.2 Средњи ниво.....	37
5.3.3 Напредни ниво.....	53
6. Закључак	74
7. Литература.....	75
8. Кратка биографија кандидата	77

1. Увод

Физика је фундаментална природна наука. У школама, деца на часовима физике уче о физичким појавама и упознају се са физичким величинама и начинима којима се дате појаве описују, теоријама, законима који важе у природи, итд. Због важности самог предмета, главни задатак сваког наставника је да наставу учини интересантном, а градиво разумљивије за ученике, како би га ученици могли применити, како у задацима и приликом извођења експеримената, тако и у реалним ситуацијама. Ово управо омогућавају рачунски задаци својом разноврсношћу и сложеностју. Стога, потребно је посветити посебну пажњу избору задатака и начину њиховог постављања и решавања, што ће бити фокус овог рада.

2. Дефиниција задатка

Задатак је, грубо речено, захтев субјекту да испуни одређену радњу. У наставном процесу, под задатком се подразумева испуњавање одређених захтева које наставник ставља пред ученике.

У психологији се задатак дефинише као чин деловања који треба извршити, а који има своју структуру и у себи садржи одређен циљ, без обзира да ли је дефинисан свесно или несвесно. Са друге стране, у социологији је задатак дефинисан као захтев или наредба одређеној особи или групи особа да изврши одређену радњу или одговори на постављена питања, односно, да реши дату проблемску ситуацију.

Конкретно у настави физике, под задатком се подразумева проблемска ситуација која се решава логичким закључивањем и применом математичког апарата или експериментом, на основу физичких закона. Они су најјаснија спона између физике и математике, а у циљу постизања веће интердисциплинарности и бољег повезивања градива између предмета потребно је наставу физике обогатити разноврсним задацима.

3. Методика решавања рачунских задатака у настави физике

Уколико се зна запис неке формуле или физичког закона не значи да се заиста разуме шта се у одређеној појави дешава и зашто до ње долази. Да би се у потпуности разумело по ком механизму се одређена појава одвија, које су везе између природних појава и зашто је све баш тако како јесте, као и да би се појаве прецизно описале физичким законима и формулама, врше се посматрања конкретних појава у природи, изводе се експерименти, реални и/или мисаони, и решавају се разни задаци.

Велик број ученика слушајући о физици од породице или старијих пријатеља рано створи негативну перцепцију према овој науци због уверења да ју је веома тешко савладати. Због тога се у бројним истраживањима уочио проблем ученичке демотивације за учењем физике. Као најчешћи разлог који доводи до ове перцепције лежи у сложености саме науке која захтева обједињавање знања и вештина из различитих предмета, а на првом месту добро овладавање математичким апаратом. Управо је ова потреба за математичким апаратом посебно изражена у оквиру решавања рачунских задатака. Због тога, често, мали број ученика брзо решава задатке, доносећи логичке закључке релативно брзо и спонтано. Штавише, пружају и различите и иновативне начине за долазак до тачног решења.

За ученике који имају потешкоће са коришћењем и разумевањем математичког апарата, веома је важно да буду упознати са самом методиком решавања задатака, односно са корацима које треба направити како би се дошло до тачног решења.

Основни кораци при решавању сваког рачунског задатка су следећи:

1. Пажљиво прочитати задатак са разумевањем, ако је потребно и више пута.

Углавном се примењује техника три читања где се у првом читању ђаци упознају са проблемом који је пред њима, у другом читању записују дате податке, док се у трећем читању, које је најважније, тражи веза између свих датих података.

2. Поставити задатак, односно записати податке дате у тексту коришћењем одговарајућих ознака.

Податке је најбоље записивати један испод другог, затим подвући црту и онда записати тражене величине, једну иза друге. Овако је преглед података најбољи јер ученик једним погледом види све што је у задатку дато, као и оно што се од њега тражи.

3. Проверити да ли су у датим подацима коришћене основне мерне јединице, и ако нису, превести податке у основне мерне јединице.

4. Анализирајући податке и услове задате у тексту, утврдити које величине треба пронаћи.
5. Скицирати ситуацију дату у тексту задатка, график или шему.
6. Записати формуле које повезују величине које су дате и величине које треба пронаћи.
7. Заменити дате вредности у претходно записане формуле и израчунати тражену величину.
8. Резултат изразити бројем и мерном јединицом, затим продискутовати о решењу и поступку који је коришћен при решавању задатка.

Наравно, након што је задатак завршен, треба га проверити, како нам се не би поткрала грешка и треба размислити о самом физичком смислу и реалној могућности добијеног решења. Задатак можемо проверити и утврђивањем димензионалне једнакости леве и десне стране резултата. Овде се може проверити и да ли постоји могућност да се задатак реши на други начин и дискутовати о томе који је начин најадекватнији и због чега. Треба дозволити ученицима да пре почетка решавања задатка изнесу своје претпоставке за решавање задатака, на основу своје интуиције и не треба те идеје одмах одбацити уколико су нетачне, већ заједно са ученицима пронаћи пропусте у логичком мишљењу и доћи до исправног начина за решавање датог задатка.

Оно што се применом ових корака постиже јесте систематичност у тражењу решења, а самим тим и убрзавање процеса решавања задатака код ученика, као и навикавање ученика на начин размишљања који је оријентисан ка решавању проблема.

Према приступу решавања, разликују се аналитички и синтетички приступ решавању задатака, али се подједнако користе и потребно је указати на њихову равноправност и недопуњавање. Аналитички метод представља рашчлањавање комплексног задатка на простије делове након чега се решавање почиње тражењем законитости која ће дати одговарајући одговор на тражено питање. Синтетички метод се надовезује на резултате добијене при анализи, поступно, док се не дође до формуле која ће повезати све задате податке и довести до траженог решења. Очигледно је да се анализа и синтеза никако не могу раздвојити.

Оно што је важно при одабиру задатака јесте потрудити се да сваки задатак доприноси лакшем и темељнијем прихватању градива. Нужно је да наставник сагледа све могућности које њихово решавање пружа и да осмисли конкретна питања на које нам задаци пружају одговоре. На тај начин сваки задатак има тачно одређен циљ. Приликом решавања задатака,

неопходно је испоштовати градијацију у сложености задатака, па се стога почиње са лакшим задацима и постепено се прелази на теже, односно, од квалитативних постепено се прелази на рачунске, а потом и експерименталне и комбиноване, при чему се број веза између физичких величина и појмова који се користе константно повећава и усложњава.

3.1. Значај задатака у настави физике

Приликом решавања рачунских задатака, може се рећи да се знање ученика трансформише из пасивног и непримењивог у активно и применљиво, односно да се информације интегришу у кохерентну целину, чиме се остварује могућност примене стеченог знања у новим ситуацијама. Процесима који прате начин решавања рачунских задатака ученици се усмеравају на самостални рад, подстиче се развој мисаоних способности и активности ученика, њихово логичко и креативно размишљање. Такође, решавање задатака их наводи да дођу до оригиналних закључака и уоче везу између различитих физичких величина.

Ипак, оно што је најзначајније јесте да им задаци помажу да уоче везу физике као науке са светом око себе и својом свакодневицом и да се заинтересују за физику као наставни предмет, а притом и да науче како да приступе решавању проблема. Примена стеченог знања у реалним ситуацијама је највиши степен усвојености знања. Штавише, решавање задатака доводи до развоја такмичарског духа ученика, поготово уколико је тачно урађен задатак посебно награђен. Овакав вид спољашње мотивације ученика, кроз остваривање одређене награде у виду оцене или броја бодова, позитивно се одражава на подстицање унутрашње мотивације ученика, те ученик бива заинтересован за суштинско разумевање наставног градива. Повећана унутрашња мотивација и суштинско разумевање градива се повратном спрегом одражава на виша постигнућа ученика.

Наставнику решавање задатака омогућава увођење нових величина и појмова, као и понављање и утврђивање пређеног градива и успостављање корелације са другим наставним предметима чиме се градиво повезује у компактну целину. Помоћу решавања задатака, наставник може да проверава и оцењује ниво знања и разумевања градива ученика. Дакле, успешност у решавању задатака је директно повезана са способношћу примене знања, која је финална фаза у сложенем процесу стицања знања. Теоријска знања се конкретизују и стичу се умећа за практичну примену градива. Стога, решавање задатака је нужан део наставног процеса на часовима физике.

3.2. Циљеви решавања задатака у настави физике

Циљева решавања задатака у физици има много, а у овом раду ће бити наведено неколико најважнијих.

3.2.1. Дубље схватање физичких величина, закона и теорија

Пракса показује да је решавање веома важно за усвајање појмова о физичким величинама, законима и теоријама који се теже усвајају од појмова о физичким телима и појавама који су, донекле, ученицима видљиви и доступни. Рецимо, разумевање појмова силе, рада, снаге и сл. неће бити потпуно уколико се не вежба са ђацима јер је без вежбања задатака сам процес формирања знања непотпун. Решавање задатака омогућава лакше прихватање и памћење новог градива јер се најбоље учи када се до резултата и физичких законитости долази самостално, решавањем конкретне проблеме.

Пажљивим одабиром питања и задатака које ће наставник укључити у обраду одређеног градива, као и применом одговарајућих метода решавања, доприноси се бољем разумевању и уклањању површног знања ученика.

3.2.2. Усмеравање ученика на самосталан рад и истрајност у решавању проблема

Сам процес решавања задатака је веома важан вид самосталног рада ученика, како на часовима физике у школи, тако и при учењу градива код куће. Решавање задатака из физике развија вољу, иницијативу и истрајност у постизању постављених циљева, као и логичко мишљење. Све ово заједно подстиче ученика да нађе начин да савлада препреке на које наилази током свог рада.

Да би се овај циљ успешно остварио, неопходно је ученицима задавати индивидуалне задатке које ће решавати самостално, без помоћи наставника, других ученика или родитеља. Овако ученици своју пажњу усмеравају на проблем или питање које треба одгонетнути, а до изражаја долази њихов самостални рад. Такође, ово је корисно и у васпитном смислу, јер ученици на овај начин превазилазе многе тешкоће самостално, што је веома важно за процес сазревања.

3.2.3. Повезивање знања из физике са свакодневним животом

За ђаке су од највећег значаја задаци који су применљиви у свакодневном животу и носе податке везане за њега. Такви задаци могу да се прикажу и графички, па на тај начин развијају способност ученика да графички интерпретирају решење. Овакви задаци се најчешће јављају на пољу технике и производње и указује им на практичан значај физике. Решавајући овакве задатке, ученици схватају да се теоријско знање може применити у решавању конкретних проблема из свакодневнице.

Управо из овог разлога неопходно је укључити рачунске задатке у наставу физике и тако развијати код ученика свест о примени науке за потребе производње и технолошког развоја, као и у другим индустријским областима.

3.2.4. Дугорочније и темељније усвајање градива

Решавањем задатака ученици се оспособљавају да научене законе и физичке теорије примењују на појаве које се одвијају под одређеним условима и увиде начине на који су одређене физичке величине повезане. Стога, рачунски задаци играју веома важну улогу у конкретизацији ученикових знања која би иначе остала површна и без велике практичне вредности. Ученици схватају суштину већине дефиниција, формула и физичких закона тек након што их примене у задацима. Разумевање суштине физичких закона и формула повећава интересовање ученика за физику и науку уопште, па су стога задаци апсолутно неопходни у настави физике.

3.3. Класификација задатака

Веома је тешко направити строгу поделу задатака или наћи један критеријум за њихову општу поделу јер сваки задатак може да се сврста у различите групе, зависно од класификације која се примењује. Стога је њихова прецизна и строга категоризација практично немогућа.

У овом раду биће наведена руска класификација, према ауторима В.И. Богдан, Б.А. Бондарь и Д. И. Кульбицкий.

3.3.1. Подела према дидактичком циљу

Подела се врши на:

- тренажне задатке,

- стваралачке задатке и
- контролне задатке

Тренажни или тренинг задаци су почетна тачка код усвајања пређеног наставног градива и служе за репродукцију већ пређеног градива. По тежини деле се на три нивоа.

Тренажни задаци првог нивоа су задаци који захтевају примену формула и користе се за лакше памћење градива.

Тренажни задаци другог нивоа захтевају анализу дате физичке ситуације. Овде до изражаја не долази само памћење, већ и подстицања способности ученика да репродукују стечена знања.

Задаци трећег нивоа решавају се на основу претходно стеченог знања вршењем упоређивања и тражења сличности са претходно познатим градивом.

Стваралачки задаци могу да се формулишу у облику питања или у облику рачунског задатка. Њихово решавање изискује самостално закључивање ученика, као и увођење нових величина и појмова, па се зато називају и задацима за добијање нових знања.

Контролни задаци користе се за проверу нивоа стеченог знања ученика и могу бити квалитативни (у облику задатака-питања, односно, теоријски) или квантитативни (рачунски задаци).

3.3.2. Подела према начину задавања услова

Подела се врши на:

- текстуални задатак,
- задатак – график,
- задатак – цртеж и
- задатак – оглед (експериментални задаци)

Текстуални задаци дате проблеме изражавају потпуно у виду текста и могу бити како квалитативни (питања; теорија), тако и квантитативни (рачунски задаци).

Задатак - график проблеме изражава графиконима и омогућава одређивање функционалне зависности између различитих физичких величина које описују неку појаву или објекат на основу чега можемо уочити њихове узајамне, узрочно-последичне везе. Ови задаци се, између осталог, користе у случајевима кад ученици не поседују изузетно добро развијен математички апарат, а одређени процеси могу да се прикажу графички. Овде се

развијају посматрачке способности ђака и њихове моторне радње, мада решавање графичких задатака подразумева и анализу датих зависности, а не само њихово исцртавање.

Задатак - цртеж користи се када је проблем који треба да се реши комплекснији, па ученици коришћењем физичког модела дате ситуације олакшавају себи решавање задатка. Након читања текста, скицира се реална ситуација постављена у текстуалном делу задатка, након чега се приступа решавању.

Задатак - оглед се своди на експериментални задатак. Експерименти треба да буду једноставни и одржани у условима који су ученицима лако разумљиви. За спровођење ових задатака неопходно је доста времена, па самим тим и добра припрема како ученика, тако и наставника. Ово је најзанимљивији вид задатака за ученике где они имају прилику да покажу своју практичну вештину, самосталност и умеће у раду. Нажалост, оглед - задаци су веома занемарени у нашим школама које су у већини случајева веома оскудно опремљене или имају веома застарелу и оштећену опрему.

3.3.3. Подела према степену тежине:

Подела се врши на:

- једноставне задатке,
- сложене задатке,
- комбиноване задатке и
- такмичарске задатке

Једноставни задаци су они за чије решавање није потребно више од две формуле. Њихова сврха је да ученици што лакше запамте потребне формуле и да науче да замењују дате податке у њих, као и да брже запамте градиво. Углавном се решавају након обраде новог градива.

Сложени задаци захтевају примену целокупног знања једне области како би се дошло до решења. Потребно је применити више закона и формула како би се дошло до тражених података. Погодни су за систематизацију градива.

Комбиновани задаци се односе на примену различитих тема и области физике. Често садрже ново градиво, проблемску ситуацију и служе за продубљивање и проверу знања ученика из дате наставне теме или области.

Такмичарски задаци су задаци намењени ученицима чије способности и интересовања за физику превазилазе обавезан школски програм – задаци за талентоване и компетитивне ученике. У ову групу могли би се сврстати и тзв. најсложенији задаци у којима логичко и креативно-стваралачко мишљење ученика највише долази до изражаја. Они су углавном проблеми практичног садржаја и често излазе ван оквира редовне наставне. Време за израду оваквих задатака је флексибилно и варира од неколико дана до месец дана, а чак се могу дати и у облику наградног конкурса.

3.3.4. Подела према методама решавања

Подела се врши на:

- квалитативне задатке,
- квантитативне задатке,
- графичке задатке и
- експерименталне задатке

Квалитативни задаци (задаци - питања) су теоријски, односно логички задаци у којима нема података са бројним вредностима, па се ни не решавају коришћењем математичког апарата већ логичким расуђивањем и закључивањем, а решење је дато образложено речима. Могу бити постављени у виду цртежа, експеримента, текстуално или графички. Решавање ових задатака је брзо па се најчешће комбинују са обрадом новог градива или понављањем већ обрађеног градива. Циљ квалитативних задатака јесте да заинтересују ученике за физику као наставни предмет, оспособе их да примене знање за објашњавање процеса који се око њих дешавају и да подстакну и развију логичко размишљање ученика.

Квантитативни задаци су рачунски задаци који се, насупрот квалитативним, решавају помоћу формула и математичког апарата, а подаци и решење се изражавају бројним вредностима. Ово је најчешћи облик задатка, а користе се на свим нивоима наставе, као и у домаћим задацима. Њима се одређује бројна зависност између одређених физичких величина. Решавање ових задатака започиње квалитативном анализом, која се потом допуњава квантитативном анализом, односно, израчунавањем тражених величина коришћењем математичког апарата. Квантитативни задаци омогућавају ученицима да боље усвоје физичке теорије и законе, као и да се код њих оформи реално знање о материјалистичкој представи природе која их окружује.

Графички задаци су сви задаци који укључују коришћење или израду графика. График може бити дат у упутству задатка, може се јавити као његово решење, или може бити коришћен приликом решавања задатка. Овде ђаци увежбавају цртање графика, читавање података и уочавање важних функционалних зависности са њих. Графичка представа функционалне зависности између одређених појава или објеката погодна је у моментима када су математичке способности ђака испод нивоа који би требао бити задовољен за квантитативно решавање датог задатка. Овај тип задатака помаже развијању посматрачких и моторних способности ученика, прецизности и педантности у цртању. Они припремају ђаке за успешно вршење експеримената и лабораторијских вежби.

Експериментални задаци представљају вршење неког једноставног експеримента при чему ђаци показују практичне вештине и самосталност. Код оваквих задатака се тражи експериментална провера датог решења или одређивање неке непознате величине експерименталним путем. Такође, може се десити да услови задатка не пружају бројне вредности па се до решења долази експерименталним путем, или услови задатка могу да пруже шему или слику којом се приказује проблемска ситуација, а решење се даје у облику одговора на питања теоријског или експерименталног карактера. Предност ових задатака је што је за њихово решавање неопходно осмишљавање појаве или процеса који се испитује.

Решавање експерименталних задатака врши се у неколико фаза:

- 1) постављање задатка,
- 2) анализа услова задатка,
- 3) вршење мерења,
- 4) обрада резултата,
- 5) провера решења и
- 6) дискутовање и уопштавање резултата

Могу да се дају као домаћи задаци, а тада су прилагођени тако да буду изводљиви у кућним условима.

Нажалост, експериментални задаци су слабо заступљени у нашим школама, углавном због неадекватне опремљености кабинета.

3.3.5. Подела према садржају

Подела се врши на:

- историјске задатке,
- техничке задатке и
- интердисциплинарни задатке.

Историјски задаци упућују ученика у историју физике, односно, на историју физичких открића, огледа и проналазака, чиме се буди жеља за самосталним истраживањем разних научних открића.

Технички задаци у својој поставци садрже податке о пољопривредној и индустријској производњи, транспорту, функционисању уређаја, инструмената, машина, и слично. Задаци овог типа треба да су логички повезани са градивом физике и да садрже податке о техничким објектима и појавама које имају широку примену у индустрији и привреди. Неки од најважнијих задатака овог типа баве се прорачуном електричног кола, потрошњом електричне енергије, итд. Овакви задаци буде код ученика интересовање за науком и упознају их са перспективом науке и технике. Технички задаци треба да прате градиво, садрже праве податке и да одговарају ономе што се заиста дешава. На тај начин се ученицима пружа прилика да примене знање физике на реалне ситуације и да виде „физику на делу“.

Интердисциплинарни задаци повезују и примењују градиво физике са осталим областима науке. Рецимо, повезују физику са математиком, хемијом, медицином, биологијом, итд.

3.3.6. Домаћи задаци

Представљају основни облик самосталог рада. Задају се углавном на крају сваког часа. Приликом задавања домаћих задатака потребно је прилагодити ниво тежине просечном нивоу знања ученика и задати само оне задатке које ученици могу да ураде самостално. Додуше, могуће је поставити и три нивоа тежине задатака, а дозволити ученицима да сами одаберу коју групу задатака ће да решавају. Уз то је неопходно навести који је минимум за успешно решен домаћи задатак (одређен задатак, број задатака и сл.). Домаћи задаци помажу ученицима да увежбају и усаврше пређено градиво. Зависно од карактера и тежине задатака, време за њихово решавање може да буде од неколико дана до читавог месеца, па чак и дуже. Код задатака чије време израде захтева дужи временски период долазе до изражаја креативне и стваралачке способности ђака и они чак могу бити посебно награђивани уколико су решења исправна, својствена и иновативна. Домаћи задаци сваке врсте продубљују и конкретизују физичке појаве и законитости обрађене на наставном часу.

Овај тип задатака представља продужетак наставног часа који је временски ограничен, а самим тим ограничена су и постигнућа које ђаци могу да остваре током часа. Вежбајући код куће, ђаци продубљују и даље унапређују своје знање. Домаћи задаци корисни су за све нивое знања ученика. Уколико су правилно задати, за ђаке представљају изазов и буде у њима радозналост за физиком. Најефикаснији су уколико се редовно прегледају и оцењују,

чиме се код ученика такође формирају радне навике и осећај одговорности према испуњавању обавеза.

4. Образовни стандарди

У образовном систему Србије је према одредбама Закона о основама система образовања и васпитања (2009) предвиђено да се дефинише неколико група стандарда међу којима су и стандарди постигнућа ученика у школама. Они су 2010. постали обавезни за примену у школама, након објаве у Просветном гласнику Републике Србије у јулу те године. Стандарди постигнућа заснивају се на циљевима образовања који карактеришу национални план и програм наставе.

Образовним стандардима сматрамо низ изјава које описују шта се очекује од ученика да репродукује и уме да уради у одређеној фази свог образовања и на одређеном нивоу постигнућа. Само постигнуће ученика зависиће од учениковог окружења у ком одраста, највише породичног и школског, у чему велику улогу игра и социо-економски статус ученика, затим, од квалитета наставе коју ученик слуша, али увелико и од личне способности ученика, као и његове мотивације за стицањем знања и вештина.

Стандарди општег средњег образовања су засновани на практичним вештинама које треба ученицима да омогуће да се успешно носе са разним животним изазовима у свим сферама свог живота – како образовним, друштвеним, културним, тако и у практичним и интерперсоналним. Како би били спремни да се изборе са свим изазовима на које наиђу, неопходно је да ученици стекну и науче да користе различите облике знања и вештина, као и ставова. Другим речима, треба да развију практичне вештине – компетенције – засноване на знању. Стога се према образовним стандардима мери ниво одређене компетенције који је ученик постигао на послетку средњег образовања.

Образовни стандарди су формулисани на начин који омогућава лаку проверу њихове остварености одговарајућом провером. Сви задаци намењени провери остварености стандарда претходно морају да прођу процес провере примењивости и метријских карактеристика, односно верификацију за коју се користе тзв. пилот – тестови примењивани на репрезентативном узорку ученика.

4.1. Циљеви образовних стандарда

Најкраће речено, стандарди постигнућа имају три основна циља.

1. Унапређење наставе и процеса учења

Образовни стандарди детаљно дефинишу која би то знања и вештине ученици требало да развијају и стекну током образовног процеса. Наставници стога користе стандарде како би

наставу усмерили ка стицању баш тих компетенција. Са друге стране, познавајући стандарде, ученици могу јасно да виде које задатке треба да изврше и како да усмере сву своју пажњу и труд на остварење задатих циљева, како би прешли на жељени виши ниво образовања.

2. Помоћ школама и наставницима у одређивању постигнућа својих ученика у поређењу са националним стандардима

Образовни стандарди су примењиви у свим школама и зато могу да послуже за праћење напредовања ученика у поређењу са националним стандардима. Такође, пошто се њима могу пратити постигнућа великог броја ученика истовремено, могу се користити и за евалуацију начина одвијања наставе или њеног квалитета.

3. Помоћ наставницима у ваљаној процени ученичких знања и вештина и стицање више информација о ономе што је неопходно за даљи напредак ученика

Наставници могу да користе стандарде за формирање тестова и осталих форми процене постигнућа ученика како би показали да ли су ученици овладели кључним знањима и вештинама које захтева дати ниво постигнућа. Пажљивом анализом резултата тестова, наставници, као и ученици, могу да отклоне недостатке у свом начину рада.

4.2. Три нивоа постигнућа

За сваку практичну вештину, односно компетенцију, дефинисана су три стандарда, тј. нивоа постигнућа, а то су:

1. основни,
2. средњи и
3. напредни

Сваки од ова три нивоа дефинише знање и вештине које ученици треба да стекну, као и изазове с којима могу да се суоче и превазиђу како би успели да испуне тај стандард. Нивои су кумулативни што значи да су уграђени један у други и да ученик који је, рецимо, на средњем нивоу, такође испуњава захтеве основног нивоа.

Основни ниво стандарда дефинише ниво постигнућа у одређеним компетенцијама (знање и вештине) које ученик треба да стекне како би активно и успешно учествовао у разним сферама живота (друштвеном, привредном, образовном, породичном, личном, итд).

Средњи ниво стандарда дефинише ниво знања, вештина и ставове које ученик треба да поседује како би могао успешно да настави са вишим, факултетским образовањем.

Напредни ниво стандарда дефинише ниво постигнућа у одређеним компетенцијама које ученик мора стећи како би успешно наставио са факултетским образовањем у области за коју су те компетенције изразито важан услов.

4.3. Особине добрих образовних стандарда

Како би стандард био прихваћен и примењен, потребно је да поседује одређене особине и да задовољава одговарајуће критеријуме. По томе се разликују лоши од добрих и у пракси применљивих стандарда.

Неке од особина добрих образовних стандарда су следеће:

1. Одређивање јединствености проблема – образовни стандарди односе се на јединствен садржај сваког наставног предмета и постављени су јасном терминологијом која одржава основне принципе датог предмета или дисциплине;
2. Универзалност - стандарди говоре који су очекивани минимални захтеви за све ученике, без обзира на профил ученика или тип школе коју ученик похађа;
3. Тежиште – стандарди стављају тежиште (акценат) на саму суштину научне дисциплине, уместо да покривају читав садржај предмета, до ситних детаља, који улази у наставни програм;
4. Разумљивост – стандарди су формулисани јасно и сажето, помоћу прецизно дефинисаних појмова да би били јасни како наставницима, тако и ученицима и њиховим родитељима/старатељима;
5. Изводљивост – захтеви стандарда треба да буду изазов и за наставника и за ученике, који се може испунити уз улагање одређеног напора;
6. Дистинкција – стандарди праве разлику између нивоа практичних вештина према степену остваривања минималних стандарда и олакшавају даљу спецификацију нивоа;
7. Свеукупност – стандарди се односе на компетенције које су и у претходним фазама школовања биле формиране код ученика.

5. Образовни стандарди у настави физике

Образовни стандарди у настави физике дефинишу очекивана постигнућа ученика (тј. компетенције) у области физике као општеобразовног предмета, на крају средњошколског образовања. Они представљају основу за планирање и спровођење наставе у дело, праћење и процену постигнућа ученика. На основу стечених знања и вештина из физике ученик разуме појмове, појаве и процесе из свакодневног живота и примењује стечена знања како би се безбедно кретао, руковао супстанцама, технологијом и остварио ваљану комуникацију са људима и животном средином. На крају средњошколског образовања, ученик схвата како научне идеје доприносе технологији и на који начин се оне одражавају на индустрију, саобраћај, медицину, и остала подручја рада, као и како побољшавају квалитет свакодневног живота.

Образовни стандарди за физику као наставни предмет дефинисани су кроз следеће етапе:

1. Анализирање и дефинисање кључних знања и вештина у физици
2. Дефинисање компетенција и нивоа у свакој области
3. Израда задатака и тестова за проверу знања и вештина
4. Пробно тестирање ученика обављено је у мају 2012. године
5. Испитивања ставова наставника физике током 2011. и 2012. године
6. Мишљења и препоруке различитих учесника у јавној расправи 2013. године

Наставни програм физике као општеобразовног предмета у средњој школи, како у гимназијама, тако и у стручним школама, описује целокупан процес, циљеве, исходе, садржаје и активности образовања у овој области. Стандарди дефинишу крајњи резултат тог процеса, прецизирају резултате који се очекују од свих ученика (основни ниво), затим резултате који су основа за наставак школовања на универзитетском нивоу у областима које нису директно повезане са физиком (средњи ниво) и у области физике и сродних дисциплина (напредни ниво).

Средњошколски наставни програми обухватају садржаје механике, топлотне физике, електромагнетизма, оптике, савремене физике и астрономије, па су и стандарди за крај општег средњег образовања у области физике дефинисани баш за те области и организовани у складу са њима на сваком нивоу постигнућа.

На основу резултата које ученика постижу током школовања мењају се и прилагођавају садржаји, као и наставне активности и методе ради обезбеђивања постизања тражених, односно, очекиваних резултата.

Такође, веома је важно узети у обзир и међусобну повезаност садржаја програма различитих предмета, и то на првом месту повезаност садржаја програма физике, хемије и биологије, али и програма стручних предмета чији се садржаји ослањају на појмове и законитости из физике. Самим тим, и образовни стандарди у области физике бивају повезани са програмима других наставних предмета. Зависно од образовног профила у средњим стручним школама, односно од професионалних вештина које се очекују од ученика по завршетку средњошколског образовања, различита је потреба за знањем и вештинама које се стичу кроз учење физике.

5.1. Нумерација образовних стандарда за физику

Образовни стандарди ученичких постигнућа у физици развијени су у оквиру шест области:

1. Механика;
2. Топлотна физика;
3. Електромагнетизам;
4. Оптика;
5. Савремена физика;
6. Астрономија

Сваки стандард има своје име, односно ознаку, која се формира на следећи начин и значи:

- први број 2 – представља други ниво образовања (средња школа);
- ФИ – скраћеница за предмет физика;
- први број иза скраћенице за предмет представља ознаку нивоа: 1. основни, 2. средњи и 3. напредни;
- други број је редни број области: 1. – Механика, 2. – Топлотна физика, 3. – Електромагнетизам, 4. – Оптика, 5. – Савремена физика и 6. Астрономија;
- трећи број је редни број исказа у оквиру дате области.

У овом раду ћу се сконцентрисати на област топлотне физике. Дакле, једна од ознака би била: 2.ФИ.1.2.1 и слично.

5.2. Општи стандарди постигнућа за крај општег средњег и средњег стручног образовања за општеобразовни предмет физика

Општа предметна компетенција, као што је претходно речено, подељена је у три нивоа постигнућа ученика.

5.2.1. Основни ниво

Ученик објашњава појаве и процесе на основу познавања физичких величина и законитости, решава једноставне проблеме и рачунске задатке уочавајући узрочно-последичне везе, користећи експлицитно дате податке и мерења. Ученик користи појмове и објашњења физичких појава за разматрање и решавање питања и задатака везаних за развој науке и технологије, коришћења природних ресурса и очување животне средине. Такође, ученик показује спремност да се ангажује и конструктивно доприноси решавању проблема са којима се суочава заједница којој припада.

5.2.2. Средњи ниво

Ученик објашњава и решава сложеније физичке проблеме, рачунске и експерименталне задатке издвајајући битне податке који се односе на дати проблем, успостављајући везе међу њима и користећи одговарајуће законе и математичке релације. Знање из физике ученик користи при решавању и тумачењу проблема и у другим областима науке, технологије и друштва. Уз помоћ упутства, ученик може да припрема, изводи и описује огледе, експерименте и једноставна научна истраживања.

5.2.3. Напредни ниво

Ученик поседује научна знања из физике која му омогућавају решавање сложених физичких проблема и рачунских задатака, извођење експеримената и доношење закључака на основу познатих модела и теорија. Има развијене истраживачке способности и може да предвиђа ток и исход физичких процеса и експеримената повезујући знања и објашњења. Ученик користи научну аргументацију и критички анализира добијене резултате, а такође зна да се до решења проблема може доћи на више начина и бира најбољи у односу на задате услове.

5.3. Општи стандарди постигнућа за крај општег средњег и средњег стручног образовања за област топлотне физике

Као и општа, и специфична предметна компетенција подељена је на три нивоа постигнућа ученика. Како би проверавање испуњености стандарда било валидно, неопходно је користити више примера, односно задатака, за дату процену.

5.3.1. Основни ниво

Ученик описује топлотна и механичка својства супстанције и описује различита агрегатна стања. Разликује реални од идеалног гаса и користи везе између параметара гаса. Разликује температуру од топлоте, одређује смер топлотне размене и одређује равнотежну температуру.

Следећи искази описују шта ученик зна и уме на основном нивоу у области топлотне физике.

Појмови и појаве: молекул, мол, стишљивост флуида, идеалан гас, агрегатно стање, фазни прелаз, ширење тела при загревању;

Физичке величине: притисак гаса, температура, запремина, количина супстанције, унутрашња енергија, коефицијент корисног дејства, количина топлоте и топлотна проводљивост;

Физички закони и једначине: први и други принцип термодинамике и гасни закони (Геј–Лисаков, Шарлов и Бојл–Мариотов), једначина стања идеалног гаса;

Експерименти и огледи: директно мерење температуре.

На основном нивоу у области топлотне физике од ученика се очекује да:

2.ФИ.1.2.1. Разликује параметре гаса и својства идеалних гасова; зна све мерне јединице у којима се изражавају.

2.ФИ.1.2.2. Разликује основна агрегатна стања супстанце и њихова основна топлотна и механичка својства.

2.ФИ.1.2.3. Познаје дијаграме који приказују промене стања гаса и међусобну повезаност параметара гаса кроз једначину стања идеалног гаса.

2.ФИ.1.2.4. Разуме први принцип термодинамике и смер топлотне размене.

2.ФИ.1.2.5. Познаје дозвољене температурске скале и разликује материјале према њиховој топлотној проводљивости и стишљивости.

Следе примери задатака којима се може пратити напредовање ученика према постигнућима описаним стандардима за област топлотне физике на основном нивоу.

5.3.1.1. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.1.2.1.

2.ФИ.1.2.1. Ученик разликује параметре гаса и својства идеалних гасова; зна све мерне јединице у којима се изражавају.

Задатак 1. Која од понуђених тврдњи се може сматрати тачном за идеални гас?

- а) Молекули идеалног гаса су куглице занемарљиво мале запремине у односу на запремину суда у ком се гас налази.
- б) Молекули идеалног гаса су на таквом међусобном растојању да се њихово међусобно деловање не може занемарити.

Теорија

Модел идеалног гаса заснива се на три претпоставке које кажу да су молекули идеалног гаса куглице занемарљиво мале запремине у односу на запремину суда у ком се налазе, да су молекули идеалног гаса на таквом међусобном растојању да се њихово међусобно деловање може потпуно занемарити, осим уколико су то међусобни судари молекула или судари молекула гаса са зидовима суда. Сви ови судари су еластични.

Решење задатка

Тачан одговор је под а).

Одговор под б) није тачан, јер се међусобно дејство молекула идеалног гаса занемарује.

Анализа задатка

Ово је тип квалитативног, текстуалног, тренажног и једноставног задатка који се користи за понављање и утврђивање пређеног градива, како на часу када се градиво излаже први пут, тако и на било ком од наредних часова када се градиво понавља. Очекује се да већина ученика може да реши овај задатак.

Задатак 2. Свакој величини придружи одговарајућу мерну јединицу:

- | | |
|--------------------------------|---|
| а) притисак | 1) N 2) K 3) Pa |
| б) запремина | 1) Pa 2) m ³ 3) mol·K |
| в) апсолутна температура | 1) °C 2) N 3) K |
| г) број молекула гаса | 1) бездимензиона величина 2) mol 3) kg |
| д) универзална гасна константа | 1) бездимензиона величина 2) $\frac{J}{kg\ K}$ 3) $\frac{J}{mol\ K}$ |

Теорија

За описивање стања неког гаса користимо притисак, запремину, апсолутну температуру, као и број молова или број молекула гаса и универзалну гасну константу, повезане у једначину гасног стања:

$$pV = nRT$$

Свака од ових величина има и своју мерну јединицу и то: притисак - P_a , запремина – m^3 , апсолутна температура – K , универзална гасна константа - $\frac{J}{mol\ K}$ и број молова гаса – mol . Са друге стране, број молекула гаса је бездимензиона величина.

Решење задатка

На основу горе наведеног закључујемо да су тачни одговори:

- а) притисак – 3) $1\ Pa$
- б) запремина – 2) $1m^3$
- в) апсолутна температура – 3) $1K$
- г) број молекула гаса – 1) бездимензиона величина
- д) универзална гасна константа – 3) $1\ \frac{J}{mol\ K}$

Анализа задатка

Представљен је тип квалитативног, текстуалног, тренажног и једноставног задатка који се користи за понављање и утврђивање пређеног градива, како на часу када се градиво излаже први пут, тако и на било ком од наредних часова када се градиво понавља. Од већине ђака се очекује да може да припише одговарајућу мерну јединицу датој физичкој величини.

5.3.1.2. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.1.2.2.

2.ФИ.1.2.2. Разликује основна агрегатна стања супстанце и њихова основна топлотна и механичка својства.

Задатак 3. Густина материје је највећа у ком од понуђених агрегатних стања?

- а) Течно
- б) Чврсто
- в) Гасовито

Теорија

Сва материја налази се у три могућа агрегатна стања – чврстом, течном и гасовитом. Молекули материје у сваком од ових стања имају карактеристичан просторни распоред, као

и карактеристичне облике кретања. Материја у чврстом стању задржава своју запремину и облик, при чему су њене градивне честице близу једна друге и са фиксним положајима. Материја у течном стању задржава сталну запремину и нестишљива је, али има променљиви облик који се прилагођава суду. Њене честице су још увек близу једна другој, али су слободније него у случају чврстог стања. Материја у гасовитом стању има променљиву запремину и облик, и оба мења тако да испуни суд у ком се налази.

Решење задатка

Тачан одговор је под б) - чврсто стање, јер су у том стању атоми материје најгушће распоређени и најјаче међусобно везани.

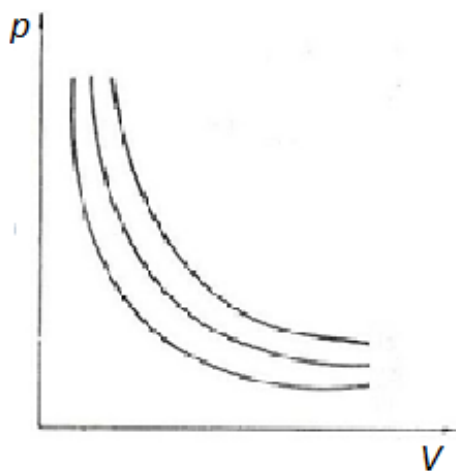
Анализа задатка

Ово је тип квалитативног, текстуалног, тренажног и једноставног задатка који се користи за понављање и утврђивање пређеног градива, како на часу када се градиво излаже први пут, тако и на било ком од наредних часова када се градиво понавља. Очекује се да већина ученика може да реши овај задатак. Такође, наведени пример се може искористити и као подсетник за постојање одступања од наведеног правила на примеру аномалије воде.

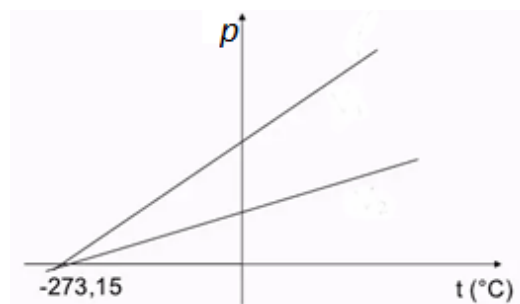
5.3.1.3. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.1.2.3.

2.ФИ.1.2.3. Познаје дијаграме који приказују промене стања гаса и међусобну повезаност параметара гаса кроз једначину стања идеалног гаса.

Задатак 4. На ком од следећих дијаграма је приказан изотермски процес?



а)



б)

Теорија

Како бисмо потпуно одредили стање идеалног гаса, неопходно је истовремено знати већи број параметара који описују овај гас, а то су количина гаса, односно његова концентрација, запремина гаса, као и његов притисак и температура. Ипак, многе процесе можемо посматрати приближно као процесе у којима се мењају само два од наведених параметара, при чему су остали константних вредности. Такве процесе зовемо изопроцесима и делимо их на изотермске, изохорске и изобарске, а представљени су Бојл-Мариотовим, Шарловим и Геј-Лисаковим законом, респективно.

У овом задатку нама је неопходно познавање Бојл-Мариотовог закона и изотермског процеса. Закон гласи:

Производ притиска и запремине одређене количине гаса при константној температури остаје константан.

$$pV = \text{const.} \text{ за } T = \text{const.}$$

p - притисак

V – запремина

T - апсолутна температура

Овај процес се графички представља као зависност притиска од запремине, а добијене линије на графику се зову изотерме. +

Решење задатка

Како је изотермски процес графички приказан као зависност притиска од запремине, при константној температури, видимо да је тачан одговор дијаграм дат под а) јер други понуђен дијаграм приказује зависност притиска од температуре при константној запремини, односно, изохорски процес.

Анализа задатка

Задатак спада у групу квалитативних, тренажних, једноставних, графичких задатака. Уколико ученик има основно знање о изопроцесима, успешно решава овај задатак. Користан је за понављање и утврђивање пређеног градива и лакше памћење међусобних зависности величина које описују идеални гас.

Задатак 5. Гас се налази у суду запремине $2,4 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$. Ако је тај гас на температури 290K и притиску $50 \cdot 10^3 \text{Pa}$, колико молекула овог гаса има у суду?

Теорија

Једначина стања идеалног гаса повезује неколико параметара идеалног гаса које треба истовремено да познајемо како бисмо одредили стање идеалног гаса, а ти параметри су притисак, запремина, апсолутна температура гаса и његова количина. Општа једначина стања идеалног гаса гласи:

$$pV = NkT$$

p - притисак

V - запремина

N - количина гаса (број молекула гаса)

k - Болцманова константа, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$

T - апсолутна температура

Решење задатка

Задатак ћемо решити простом заменом датих података у формулу и изражавањем непознате величине.

$$V = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$$

$$T = 290 \text{ K}$$

$$p = 50 \cdot 10^3 \text{Pa}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$N=?$$

$$pV = NkT \quad / : kT$$

Пошто се у задатку тражи N , изразићемо га из горње формуле, а затим убацити све податке које имамо и израчунати тражену вредност.

$$N = \frac{pV}{kT}$$

$$N = 0,029 \cdot 10^{23}$$

Преостаје нам да померимо зарез и заокружимо добијену вредност:.

$$N = 3 \cdot 10^{21}$$

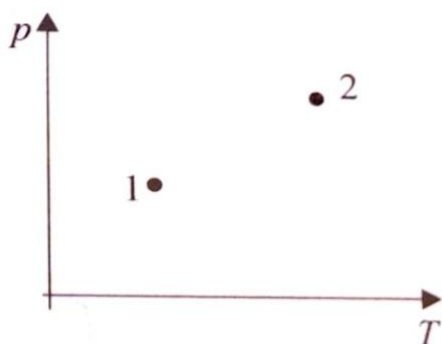
Анализа задатка

Задатак спада у квантитативни, једноставан, тренажни и захтева употребу само једне формуле и основних математичких операција. Стога, припада основном нивоу постигнућа и сматра се да већина ђака може тачно да га реши.

Задатак 6. На слици су прикана два стања гаса на pT дијаграму. Потребно је да гас пређе из стања 1 у стање 2 кроз два процеса:

- 1) изобарски и изотермски;
- 2) избарски и изохорски;
- 3) изотермски и изохорски

Нацртати на pT дијаграму те процесе.



Теорија

За потпуно одређивање стања идеалног гаса неопходно је истовремено познавати притисак, запремину, температуру и количину гаса. Многе процесе који се одвијају у нашој околини могу се посматрати приближно као процеси у којима се мењају само два од ових параметара, док остали остају константни током времена. Такве процесе зовемо изопроцеси и има их три – изотермски, изохорски и изобарски.

Изотермски процес се одвија при константној температури, а на pV дијаграму овог процеса добијамо криву која се зове изотерма.

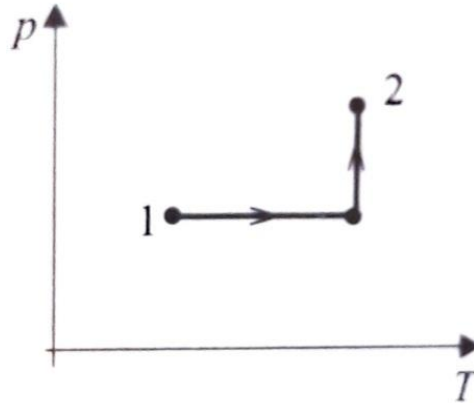
Изохорски процес се одвија при константној запремини, а на pT дијаграму овог процеса добија се права коју зовемо изохора.

Изобарски процес се одвија при константном притиску, а на VT дијаграму овог процеса добија се права коју зовемо изобара.

Решење задатка

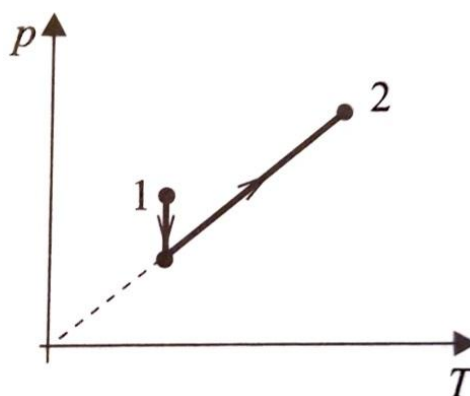
1) изобарски и изотермски

У оба ова процеса изобара и изотерма ће бити праве линије у pT дијаграму. Код изобарског процеса притисак је константан, што се може видети у првом делу графика, а потом је код изотермског процеса температура константа, што се види у другом делу графика.



2) изотермски и изохорски

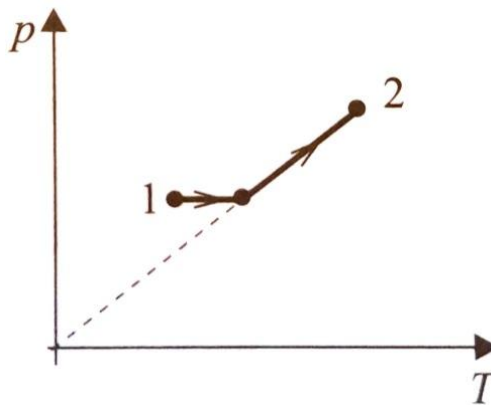
У оба ова процеса изохора и изотерма ће бити праве линије у pT дијаграму. Као што је већ речено, код изотермског процеса температура се не мења, што објашњава први део графика, а при изохорском се не мења запремина што се види у другом делу графика. Треба обратити пажњу на усмеравање стрелица на основу директне, односно, обрнуте сразмерности одређених величина.



3) изобарски и изохорски

У оба ова процеса изобара и изотерма ће бити праве линије у pT дијаграму. Као што је већ речено, код изобарског процеса притисак се не мења, што објашњава први

део графика, а при изохорском се не мења запремина што се види у другом делу графика.



Анализа задатка

Задатак припада графичким, једноставним и тренажним задацима првог нивоа. Омогућава сликовит приказ и лакше усвајање зависности између притиска, запремине и апсолутне температуре гаса. Погодан је за решавање на часу када се обрађује ново градиво јер поспешује памћење наведених зависности. Код ученика вежба нов, графички начин, приказивања резултата и увиђања зависности датих величина. Цртање графика такође доприноси моторичком развоју ученика, па су овакви задаци изузетно важни за наставу.

Задатак 7. Одредити запремину балона испуњеног азотом ако се он налази под притиском 8,1МПа и на температури 17°C, а у њему се налази 40mol гаса.

Теорија

Једначина стања идеалног гаса повезује неколико параметара идеалног гаса које треба истовремено да познајемо како бисмо одредили стање идеалног гаса, а ти параметри су притисак, запремина, апсолутна температура гаса и његова количина. Општа једначина стања идеалног гаса гласи:

$$pV = nRT$$

p - притисак

V - запремина

n – број молова гаса

T - апсолутна температура

R – универзална гасна константа, $R = 8,3 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$

Решење задатка

Задатак ћемо решити простом заменом датих података у формулу и изражавањем непознате величине. Претходно је неопходно величине записати у основним мерним јединицама и температуру пребацити из Целзијусове у Келвниову скалу користећи везу:

$$T[K] = t[^{\circ}\text{C}] + 273$$

$$p = 8,1\text{MPa} = 8,1 \cdot 10^6\text{Pa}$$

$$t = 17^{\circ}\text{C} \rightarrow T = 290\text{K}$$

$$n = 40\text{mol}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$$

$$V = ?$$

$$pV = nRT \quad / : p$$

$$V = \frac{nRT}{p}$$

Након убацивања података у овај израз, добијамо тражену вредност запремине:

$$V = 11,88 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$$

Након заокруживања и пребацавања мерне јединице у литре, решење је:

$$V \approx 12\text{l}$$

Анализа задатка

Задатак је квалитативан, једноставан и тренажни. Подразумева познавање везе између различитих температурних скала и коришћење једне формуле, па га стога највећи број ђака лак савлађује. Погодно га је решавати на часу обраде новог градива, као увод у сложеније задатке, како би се ђаци навикли на баратање једначином стања идеалног гаса и одговарајуом температурном скалом која се у задацима примењује.

5.3.1.4. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.1.2.4.

2.ФИ.1.2.4. Разуме први принцип термодинамике и смер топлотне размене.

Задатак 8. Гас врши рад при чему се његова унутрашња енергија не мења.

Заокружити све тачне исказе који описују овај гас.

- а) Извршени рад је једнак унутрашњој енергији гаса.
- б) Температура гаса се не мења.

в) Извршени рад је једнак доведеној количини топлоте.

г) Извршени рад је једнак количини топлоте коју је гас предао околина.

Теорија

Да би ученик решио овај задатак потребно је да зна како гласи први принцип термодинамике и шта је њиме описано. Овај принцип је заправо закон одржања енергије примењен на топлотне процесе и гласи:

Количина топлоте доведена неком изолованом систему једним делом се троши на повећање његове унутрашње енергије, а другим делом на рад тог система.

$$Q = \Delta U + A$$

Q – количина топлоте доведена изолованом систему

ΔU – промена унутрашње енергије система

A – рад који систем врши

Разликујемо три случаја:

1) $Q = 0$ – систему се не доводи нити му се одводи топлота, па је $A = -\Delta U$, односно, рад се врши на рачун унутрашње енергије система; овај случај јавља се код адијабатских процеса

2) $\Delta U = 0$ – унутрашња енергија система се не мења, па је $Q = A$, односно, доведена количина топлоте се потпуно троши на вршење рада; овај случај се јавља код изотермских процеса

3) $A = 0$ – систем не врши рад, па је $Q = \Delta U$, односно, сва доведена количина топлота троши се на повећање унутрашње енергије система

Решење задатка

Тачни одговори су они понуђени под б) и г). Пошто се унутрашња енергија система не мења, закључујемо да сва доведена топлота одлази на вршење рада система. Пошто промена унутрашње енергије система зависи и од промене температуре система, закључујемо да се температура не мења, јер нема ни промене унутрашње енергије.

Анализа задатка

Задатак је текстуални, тренажни, једноставан и квалитативан. Може се користити за понављање и утврђивање градива. Више од $\frac{2}{3}$ ученика је у стању да га реши.

Задатак 9. При непосредном додиру два тела различитих температура долази до промене унутрашње енергије тела. Размена унутрашње енергије ће се вршити:

- 1) док се не изједначе унутрашње енергије тела
- 2) док се не изједначе температуре тела
- 3) док температуре оба тела не постану једнаке нули
- 4) док се не изједначе њихове гравитационе потенцијалне енергије

Теорија

Унутрашња енергија тела може да се мења на два начина. Први је вршењем рада, а други је топлотном разменом са околним телима. При додиру два тела различите температуре, тело више температуре се хлади, а тело ниже температуре се загрева. Део своје топлоте, прво тело губи предајући га другом, па се температура првог тела снижава, а температура другог тела повећава, јер његова унутрашња енергија расте. Све ово се дешава без вршења рада.

До саме појаве размене топлоте долази због разлике у температури тела која су у непосредном додиру. Стога се на крају процеса топлотне размене тела налазе на истој температури коју зовемо равнотежна температура.

Решење задатка

Из горе наведене теорије закључује се да је тачан одговор под 2) док се не изједначе температуре тела.

Анализа задатка

Задатак је текстуални, квалитативни, једноставан и тренажни. Погодан је за понављање и утврђивање градива, као и лакше памћење свеже обрађеног градива. Олакшава ђацима схватање смера топлотне размене и сам узрок ове појаве.

5.3.1.5. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.1.2.5.

2.ФИ.1.2.5. Познаје дозвољене температурске скале и разликује материјале према њиховој топлотној проводљивости и стишљивости.

Задатак 10. Фотосфера је видљива површина Сунца. Изнад фотосфере видљива светлост је слободна да се шири у свемир. На фотосфери се могу уочити пеге, факуле, флокуле као и зрнаста структура Сунчеве површине састављена од гранула (пречника од више стотина километара) која је у непрекидном кретању (избијају на површину хладније, а пониру

топлије масе). Температура Сунчеве фотосфере износи око 5 773 К. Изрази ову температуру у степенима Целзијуса.

Теорија

Температура је физичка величина која одређује смер топлотне размене, односно смер прелаза топлоте са тела више на тело ниже температуре. Мери одступање датог тела од топлотне равнотеже са неким другим телом, чија је температура по договору узета за 0. Такође, кажемо и да је мера загрејаности тела. Спада у основне физичке величине СИ система, а њена мерна јединица је Келвин. Скраћено се означава са К. Температуру коју изражавамо у Келвинима означавамо са Т. У свакодневном животу температуру ипак изражавамо у степенима Целзијуса као °С, а означавамо је са t.

Веза између степена Целзијуса и степена Келвина се изражава помоћу формуле: $T[K] = t [^{\circ}C] + 273$, односно $t [^{\circ}C] = T[K] - 273$.

Решење задатка

$$T = 5773 \text{ К}$$

$$t = ?$$

У овом задатку треба да заменимо вредности температуре у Келвинима у формулу која повезује Келвинову и Целзијусову температурну скалу:

$$t = (5773 - 273) ^{\circ}C$$

$$t = 5500 ^{\circ}C$$

Дакле, температуре фотосфере Сунца изражена у степенима Целзијуса је $t = 5500 ^{\circ}C$.

Анализа задатка

Овај задатак је једноставан, квантитативан, тренажни и текстуални. Користи се ради лакшег навикавања ђака на конверзију температуре према разним температурним скалама. Не захтева компликован математички рачун, нити више формула, па се очекује да га највећи број ученика може решити. Ђаци углавном не воле задатке са много текста јер мисле да су тешки. Ово је један од задатака који показује да такви задаци нису нужно и тешки, али јесу занимљиви јер се ђаци успут упознају са новим појмовима, као што су Сунчеве пеге.

5.3.2 Средњи ниво

Ученик објашњава топлотне процесе и рад топлотног мотора, повратне и неповратне циклусе користећи принципе термодинамике и гасне законе. Описује особине супстанције при загревању, хлађењу и фазним прелазима. На основу топлотног капацитета и коефицијента термичког ширења, закључује о употребној вредности материјала.

Следећи искази описују шта ученик зна и уме на средњем нивоу у области топлотне физике.

Поред већ наведеног на основном нивоу, област топлотне физике обухвата и следеће:

Појмове и појаве: апсолутна нула, дифузија, перпетуум мобиле (perpetuum mobile), топлотна машина, повратни и неповратни процеси и топлотна равнотежа, неуређеност система (хаотичност, хаос), реални гасови, влажност ваздуха;

Физичке величине: количина супстанције, моларна маса, Авогадров број, Болцманова константа, универзална гасна константа, коефицијент термичког ширења, ентропија, топлотни капацитет, промена унутрашње енергије, рад гаса и топлота фазног прелаза;

Физичке законе и једначине: основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова, Авогадров закон и једначина термодинамичке равнотеже.

На средњем нивоу у области топлотне физике од ученика се очекује да:

2.ФИ.2.2.1. Повезује гасне законе и једначину стања идеалног гаса са првим и другим принципом термодинамике и са топлотним капацитетима; тумачи дијаграме који приказују промене стања гаса у једноставним изо-процесима.

2.ФИ.2.2.2. Разликује повратне и неповратне процесе; разуме појмове, величине и појаве: моларна маса, апсолутна нула, Авогадров број, ентропија, топлотни капацитет, промена унутрашње енергије, рад гаса, топлота фазног прелаза, коефицијент термичког ширења и топлотне равнотеже.

2.ФИ.2.2.3. Описује: реалне гасове, влажност ваздуха, дифузију, загревање, хлађење, промене агрегатних стања – испаравање, кључање, топљење, ширење тела при загревању и рад топлотног мотора.

2.ФИ.2.2.4. Код објашњења топлотних својстава гаса разликује и користи: специфични топлотни капацитет, моларни топлотни капацитет, топлоту фазног прелаза и специфичну топлоту фазног прелаза.

Следећи задаци илуструју како се могу испитивати нека од постигнућа ученика описаних стандардима у области топлотне физике на средњем нивоу.

5.3.2.1. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.2.2.1.

2.ФИ.2.2.1. Повезује гасне законе и једначину стања идеалног гаса са првим и другим принципом термодинамике и са топлотним капацитетима; тумачи дијаграме који приказују промене стања гаса у једноставним изо-процесима.

Задатак 1. Запремина неког гаса смањи се два пута, а температура се повећа 1,5 пута. Ако је маса гаса стална, колико се пута повећа притисак гаса?

Теорија

За решавање овог задатка неопходно је да ученик познаје једначину стања идеалног гаса која је поменута у секцији са задацима са основног нивоа. Такође, неопходно је познавати узајамну везу параметара који описују идеални гас, односно, да уколико се гас шири, притисак у њему опада, као и његова температура, а ако се гас сабија, као у овом задатку, притисак у њему се повећава заједно са порастом температуре. Ово се све може закључити из гасних закона који гласе:

Бојл-Мариотов закон: $pV = \text{const.}$ за $T = \text{const.}$

Шарлов закон: $\frac{p}{T} = \text{const.}$ за $V = \text{const.}$

Геј-Лисаков закон: $\frac{V}{T} = \text{const.}$ за $p = \text{const.}$

Једначина стања идеалног гаса: $pV = nRT$

p - притисак

V - запремина

T – апсолутна температура

n – количина гаса

R – универзална гасна константа, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$

Решење задатка

$$V_1 = 2V_2$$

$$T_2 = 1,5T_1$$

$$m = \text{const.} \rightarrow n = \text{const.}$$

$$p_2 > p_1$$

$$\frac{p_2}{p_1} = ?$$

Поставићемо једначину гасног стања за оба случаја и поделити их како бисмо изразили тражени однос.

$$p_1 V_1 = nRT_1 \quad p_2 V_2 = nRT_2$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{nRT_2}{nRT_1} \quad / \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{nRT_2 V_1}{nRT_1 V_2}$$

Константе n и R нам се скрате и остаје:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2 V_1}{T_1 V_2}$$

Сада ћемо овде убацити дате податке како бисмо елиминисали вишак променљивих.

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1,5T_1 \cdot 2V_2}{T_1 V_2} = 1,5 \cdot 2$$

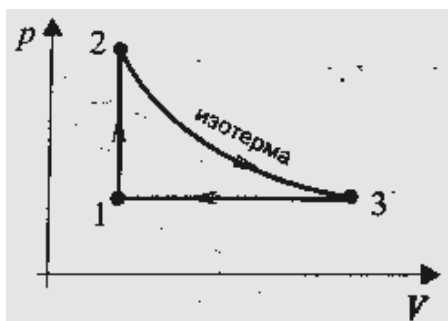
$$\frac{p_2}{p_1} = 3$$

Након скраћивања свих величина које се подударају, остаје нам само да помножимо два броја и тако за решење добијамо да се притисак повећао 3 пута.

Анализа задатка

Задатак овог типа сврставам у средње тешке, квантитативне и текстуалне. Предност је у томе што нема датих бројевних вредности и мерних јединица које би неким ђацима отежале решавање задатка. Дobar је за уочавање међусобног узрочно-последичног односа параметара идеалног гаса.

Задатак 2. У којим деловима циклуса на слици гас прима, а у којим отпушта топлоту?



Теорија

Први принцип термодинамике је заправо закон одржања енергије примењен на топлотне процесе и гласи:

Количина топлоте доведена неком изолованом систему једним делом се троши на повећање његове унутрашње енергије, а другим делом на рад тог система.

$$Q = \Delta U + A$$

Q – количина топлоте доведена изолованом систему

ΔU – промена унутрашње енергије система

A – рад који систем врши

Разликујемо три случаја:

1) $Q = 0$ – систему се не доводи нити му се одводи топлота, па је $A = -\Delta U$, односно, рад се врши на рачун унутрашње енергије система; овај случај јавља се код адијабатских процеса

2) $\Delta U = 0$ – унутрашња енергија система се не мења, па је $Q = A$, односно, доведена количина топлоте се потпуно троши на вршење рада; овај случај се јавља код изотермских процеса

3) $A = 0$ – систем не врши рад, па је $Q = \Delta U$, односно, сва доведена количина топлота троши се на повећање унутрашње енергије система

Зависно од циклуса приказаног дијаграмом, и на основу горе наведена три случаја, можемо закључити када систем у датом циклусу отпушта, а када прима топлоту, односно енергију.

Решење задатка

За процес 1-2 закључујемо да је изохорски јер је запремина константна. Стога је рад овде нула и сва топлота која се доведе систему одлази на пораст унутрашње енергије система и раст његове температуре. Зато у овом делу циклуса гас прима топлоту.

За процес 2-3 дата је изотерма, што нам говори да је овде температура константна, па стога сва енергија доведена систему одлази на вршење рада, док се његова унутрашња енергија не мења. И у овом процесу гас прима топлоту.

Како се у процесу 3-1 запремина смањује, значи да се гас сабија, његова температура опада, па је и промена његове унутрашње енергије негативна. Гас у овом делу циклуса отпушта топлоту.

Анализа задатка

Задатак је графички, текстуални, квалитативни и средње тежак. Захтева примену знања изопроцеса на конкретан пример који може представљати неку реалну ситуацију, па код ученика употпуњује слику о вези изопроцеса са првим законом термодинамике и продубљује њихов смисао и потенцијал примене.

5.3.2.2. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.2.2.2.

2.ФИ.2.2.2. Разликује повратне и неповратне процесе; разуме појмове, величине и појаве: моларна маса, апсолутна нула, Авогадров број, ентропија, топлотни капацитет, промена унутрашње енергије, рад гаса, топлота фазног прелаза, коефицијент термичког ширења и топлотне равнотеже.

Задатак 3. Специфични топлотни капацитет неког двоатомског гаса при изобарском процесу је $14,6 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$. Колика је моларна маса тог гаса?

Теорија

Топлотни капацитет представља количину топлоте коју тело треба да прими или отпусти како би се његова температура променила за 1°C или 1K . Она је карактеристична за свако тело и зависи од врсте супстанце, њене масе, односно количине и од термодинамичког стања супстанце. Како би се вршила мерења независна од масе супстанце, уведена је величина специфични топлотни капацитет супстанце као количина топлоте коју треба довести 1kg те супстанце како би се она загрејала за 1°C , односно, 1K . Обележава се са c , а мерна јединица је $\frac{\text{J}}{\text{kg K}}$ или $\frac{\text{J}}{\text{kg }^\circ\text{C}}$. Често се уводи и моларни топлотни капацитет гаса као количина топлоте коју треба да прими или отпусти 1mol гаса како би му се температура променила за 1°C или 1K .

Код гасова, топлотни капацитет зависи од процеса при којима се одвија загревање гаса.

При изобарском процесу, притисак гаса је константан, док се запремина и температура гаса мењају. Из првог принципа термодинамике добија се моларни топлотни капацитет двоатомског гаса при изобарном процесу као: $C_p = \frac{7}{2}R$, где је R релативна гасна константа.

Решење задатка

$$c_p = 14,6 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$M = ?$

Пошто је у тексту задатка наведено да је у питању двоатомски гас при изобарском процесу, знамо да је његов моларни топлотни капацитет:

$$C_p = \frac{7}{2}R$$

Из везе између специфичног топлотног капацитета гаса при изобарском процесу и моларног топлотног капацитета гаса при изобарском процесу:

$$C_p = M c_p$$

следи да је:

$$M = \frac{C_p}{c_p}$$

Преостаје да се у добијену формулу замене вредности и израчуна решење:

$$M = 2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Анализа задатка

Задатак се може сврстати у тренажни, квантитативан и релативно једноставан. Није математички захтеван, али се сврстава у средњи ниво према стандардима због јављања нове физичке величине. Може да се користи за увођење појма специфичног топлотног капацитета гаса или моларне масе.

Задатак 4. Како се мења ентропија воде при преласку из течног у чврсто стање?

Теорија

Сваки термодинамички систем може имати само два стања – равнотежно или неравнотежно. Било који термодинамички систем после неког времена спонтано прелази у стање термодинамичке равнотеже ком одговара највећа неуређеност. Величина која карактерише степен неуређености термодинамичког система зове се ентропија. Обележава се са S , а мерна јединица је $\frac{\text{J}}{\text{K}}$. Што је систем неуређенији, ентропија је већа и обрнуто. Ентропија ће се повећавати све док систем не пређе у равнотежно стање.

Ентропија неког система може се променити уколико се промени температура или уколико на систем делује нека спољашња сила.

Решење задатка

Пошто су атоми и молекули воде јаче везани у чврстом него у течном агрегатном стању, закључујемо да је промена неуређености у течном стању већа него у чврстом стању, а самим тим и промена ентропије, па се зато ентропија смањује при преласку воде из течног у чврсто агрегатно стање.

Анализа задатка

Задатак је текстуални, квантитативни, тренажни, једноставан. У средњи ниво по стандардима се сврстава због самог појма ентропије за који је неопходно претходно савладати термодинамичке принципе и баратати са параметрима гасова и њиховом међусобном зависношћу. Згодно га је решавати при понављању и утврђивању градива.

Задатак 5. Колико је топлоте потребно довести 3kg воде да би се она загрејала од тачке мржњења (0 °C) до тачке кључања воде (100 °C)? Специфични топлотни капацитет воде износи $c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$.

Теорија

Топлотни капацитет је физичка величина која показује способност тела за складиштење (спремање) топлоте, а дефинише се као количник количине топлоте и промене температуре која због тога настаје. Специфични топлотни капацитет супстанце је количина топлоте коју треба довести 1kg те супстанце како би се она загрејала за 1°C, односно, 1K. Обележава се са c , а мерна јединица је $\frac{\text{J}}{\text{kg K}}$ или $\frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$.

Формула којом рачунамо тражену количину топлоте је:

$$Q = mc(t_2 - t_1)$$

Q – количина топлоте

m – маса супстанце

c – специфични топлотни капацитет

t_1, t_2 – почетна и крајња температура супстанце изражена у °C

Решење задатка:

$$m = 3\text{kg}$$

$$c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$Q = ?$$

Након записивања заданих података, неопходно је претворити мерне јединице у основне, дефинисане SI системом јединица.

Након тога, вредност масе, топлотног капацитета, почетне и коначне температуре воде уврстимо у формулу:

$$Q = mc(t_2 - t_1)$$

Пошто све величине имамо, остаје само да израчунамо решење:

$$Q = 1260000 \text{ J}$$

Резултат можемо приказати у прегледнијем облику:

$$Q = 1260 \text{ kJ}$$

Анализа решења:

Задатак је згодно представити ученицима јер повезује законитости из физике на примеру из свакодневног живота. Спада у средњи ниво према образовним стандардима јер ученик на овом нивоу зна да унутрашња енергија зависи од температуре тела. Може се квалификовати као тренажни другог нивоа, средње тежак и квантитативни задатак

Задатак 6. Колика је температура воде добијене мешањем 21kg воде температуре 60°C и 39kg воде температуре 20°C, ако нема губитака енергије?

Теорија

Приликом мешања течности различитих температура долази до топлотне размене при чему се топлија течност хлади, а хладнија греје, све док им се температуре не изједначе, односно, док се не успостави топлотна равнотежа на некој одређеној – равнотежној – температури. При томе, количина топлоте коју топлија течност отпусти, биће једнака количини топлоте коју хладније тело прими. Нова величина која се јавља у овом задатку је специфични топлотни капацитет супстанце, а то је количина топлоте коју треба довести 1kg те супстанце како би се она загрејала за 1°C, односно, 1K. Обележава се са c , а мерна јединица је $\frac{\text{J}}{\text{kg K}}$ или $\frac{\text{J}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$.

Решење задатка

Увидећемо да је количина топлоте коју топлије тело отпусти једнака количини топлоте коју хладније тело прими.

$$m_1 = 21 \text{ kg}$$

$$t_1 = 60^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 39 \text{ kg}$$

$$t_2 = 20^\circ\text{C}$$

$$t = ?$$

Претходно поменути веза може се представити следећим формулама:

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 c(t_1 - t) = m_2 c(t - t_2)$$

Користећи једноставне математичке операције можемо изразити равнотежну температуру као:

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$$

Сада преостаје само да се у формулу замене дате вредности и израчуна тражена температура, па је решење:

$$t = 34^\circ\text{C}$$

Анализа задатка

Задатак сврставамо у једноставне квантитативне задатке за чије решавање је потребна само једна формула и примена простог математичког апарата. Тако можемо рећи да би већина ученика требало да га реши без проблема. Погодан је и као тренажни задатак на часу када се излаже ново градиво или се градиво понавља, као и за практичну примену топлотне размене при мешању течности. У средњи ниво према стандардима постигнућа сврстава се због специфичног топлотног капацитета.

Задатак 7. Параметри почетног стања гаса су: $p_1 = 100\text{kPa}$, $V_1 = 12\text{l}$ и $T_1 = 300\text{K}$. Колики рад изврши гас ако се изобарски загрева до температуре 400K ?

Теорија

Изобарски процес је изопроцес код ког количник притиска и запремине остаје исти током времена, а представљен је Шарловим законом:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Када се гас шири или сабија, врши се рад.

Уколико имамо идеалан гас у цилиндру са покретним клипом, можемо одредити силу којом гас делује на клип при ширењу. Интензитет те силе је:

$$F = p \cdot S$$

p – притисак гаса

S – површина клипа

Деловањем ове силе клип се помера за растојање . Под овим условима може се изразити рад при изобарском ширењу идеалног гаса:

$$A = F\Delta h = pS(h_2 - h_1)$$

$$A = p\Delta V$$

При ширењу гаса се врши позитиван рад јер се смер силе којом гас делује на клип поклапа са смером померања клипа. При сабијању гаса је обрнуто, па се тада врши негативан рад.

Решење задатка

$$p_1 = 100\text{kPa} = 100 \cdot 10^3\text{Pa}$$

$$V_1 = 12\text{l} = 12 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$$

$$T_1 = 300\text{K}$$

$$T_2 = 400\text{K}$$

$$A = ?$$

Извршени рад рачунамо формулом:

$$A = p_1\Delta V = p_1(V_2 - V_1)$$

Како бисмо дошли до решења, неопходно је прво да нађемо крајњу запремину гаса, V_2 , јер нам за рачунање извршеног рада треба промена запремине.

Крајњу запремину ћемо добити из Шарловог закона за изобарски процес:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Следи да је:

$$V_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1} = 16 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$$

Сада рачунамо извршени рад:

$$A = p_1(V_2 - V_1) = 400\text{ J}$$

Анализа задатка

Задатак је квалитативног типа, релативно једноставан и тренажни. Изискује коришћење само две формуле, па се очекује да већина ученика, који баратају са појмовима изопроцеса и законима који их представљају, могу да реше овај задатак. Задатак је повољан за вежбање и на часу када се понавља градиво јер повезује претходно обрађене изопроцесе са првим принципом термодинамике.

5.3.2.3. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.2.2.3.

2.ФИ.2.2.3. Описује: реалне гасове, влажност ваздуха, дифузију, загревање, хлађење, промене агрегатних стања – испаравање, кључање, топљење, ширење тела при загревању и рад топлотног мотора.

Задатак 8. Дужина челичне цеви на 0°C је 20m. За колико се промени дужина цеви ако се она загреје од -10°C до $+25^{\circ}\text{C}$? Термички коефицијент линеарног ширења челика је $1,2 \cdot 10^{-5}\text{K}^{-1}$.

Теорија

Свима нам је познато да се телефонске жице лети отпуштају, а зими затежу. Ова појава се јавља код свих тела, у већој или мањој мери. Када је температура виша, тела примају вишу количину топлоте и њихова унутрашња енергија расте. Тако се повећава и интензитет топлотног кретања молекула тела, па се они међусобно јаче сударају и тако се повећава простор који заузимају, односно, тело се шири. Ширење може бити линеарно, уколико је једна димензија тела много већа од преостале две димензије (цеви, шипке, жице, итд.) или запреминско, када су све три димензије тела сразмерних величина.

У овом задатку реч је о линеарном ширењу цеви, па се примењује формула:

$$l = l_0(1 + \alpha t)$$

l – дужина цеви на некој температури

l_0 – дужина цеви на 0°C

α – термички коефицијент линеарног ширења

t – температура изражена у $^{\circ}\text{C}$

Решење задатка

$$l_0 = 20\text{m}$$

$$t_1 = -10^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$$

$$\Delta l = ?$$

Помоћу датих података прво ћемо наћи дужине ове цеви на једној и другој температури, а затим ћемо наћи тражену промену дужине цеви при загревању.

За прво издужење можемо писати:

$$l_1 = l_0(1 + \alpha t_1)$$

$$l_1 = 19,9976 \text{m}$$

За друго издужење можемо писати:

$$l_2 = l_0(1 + \alpha t_2)$$

$$l_2 = 20,006 \text{m}$$

Сада је тражена разлика у дужини цеви:

$$\Delta l = l_2 - l_1$$

$$\Delta l = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{m}$$

Промена дужине цеви је веома мала у поређењу са дужином цеви, па ћемо је изразити у милиметрима:

$$\Delta l = 8,4 \text{mm}$$

Анализа задатка

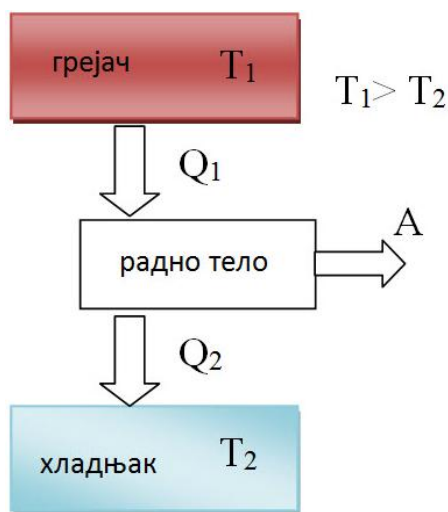
Задатак се може сврстати у квантитативне, средње тешке и комбиноване јер је неопходно укључити знање како из топлотне физике, тако и из механичког кретања. Пре свега, ово је технички задатак који продубљује и обогаћује учениково знање јер на сликовит начин приказује конкретну повезаност и практичну примену различитих области физике у реалној ситуацији.

Задатак 9. Наћи степен корисног дејства Карноовог циклуса ако радно тело предаје хладњаку $2/3$ количине топлоте коју узима од грејача. Колика је температура грејача, ако је температура хладњака 280K ?

Теорија

Тешко да можемо замислити своју свакодневицу без употребе топлотних машина. У савременој техници механичка енергија се углавном добија на рачун унутрашње енергије. Уређаји у којима се на рачун унутрашње енергије добија механичка енергија зову се топлотни мотори, односно топлотне машине.

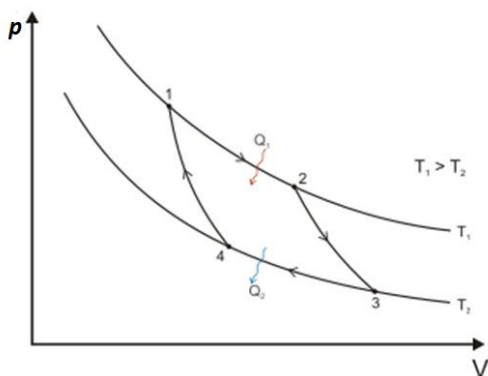
Свака топлотна машина састоји се из радног тела, грејача на температури T_1 и хладњака на температури T_2 . Као хладњак најчешће се користи водена или земљана средина, а као радно тело, гас или пара у затвореном суду са покретним клипом.



Претварање топлоте у механички рад се врши периодично. Након сваког периода, термодинамички систем се враћа у почетно стање, тако да постоји кружни процес.

Како би термодинамички циклус био максимално ефикасан, Сади Карно је осмислио циклус идеалог гаса који се састоји из два изотермска и два адијабатска процеса. Његова топлотна машина је била модел идеалне машине која скоро да нема енергетске губитке. Стога, ефикасност било које друге топлотне машине упоређује се са ефикасношћу Карноове.

Карноов циклус приказан је на графику:



Карноова топлотна машина има два извора топлоте, и то грејач на температури T_1 , и хладњак на температури T_2 , тако да је $T_1 > T_2$.

Радно тело Карноове машине је идеални гас. Клип и цилиндар су топлотно изоловани и између њих нема трења.

Гас може да прима или отпушта топлоту само преко дна цилиндра.

Током једног циклуса гас од грејача прими количину топлоте , а хладњаку преда количину топлоте , па можемо рећи да гас изврши рад:

$$A = Q_1 - Q_2$$

Одавде можемо одредити коефицијент корисног дејства топлотног мотора као количних извршеног рада и примљене количине топлоте:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Q_1 , Q_2 – примљена и отпуштена топлота, респективно

Уколико повежемо коефицијент корисног дејства са температурама грејача и хладњака, можемо писати:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

T_1 , T_2 – температура грејача и температура хладњака, респективно

Решење задатка

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{2}{3}$$

$$T_2 = 280K$$

$$T_1 = ? \quad \eta = ?$$

Степен корисног дејства циклуса може се рачунати као:

$$\eta = \frac{A}{Q_1}$$

односно:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Заменом дате вредности у ову формулу добијамо да је степен корисног дејства:

$$\eta = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3} = 33\%$$

$$\eta = 33\%$$

За Карноов циклус такође важи:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

Одавде можемо изразити тражену температуру грејача формулом:

$$T_1 = \frac{Q_1}{Q_2} T_2$$

Након замене вредности у ову формулу, добијамо да је температура грејача:

$$T_1 = 420\text{K}$$

Анализа задатка

Задатак није математички претерано захтеван, али се ипак сврстава у средњи ниво према образовним стандардима због саме тематике задатка. Тренажни је, технички, средње тежак, квантитативни, а може се сврстати и у сложене јер се за његово решавање користи више од једне формуле.

5.3.2.4. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.2.2.4.

2.ФИ.2.2.4. Код објашњења топлотних својстава гаса разликује и користи: специфични топлотни капацитет, моларни топлотни капацитет, топлоту фазног прелаза и специфичну топлоту фазног прелаза.

Задатак 10. Колика је количина топлоте потребна да би се од 6kg леда температуре 0°C добила пара температуре 100°C? Атмосферски притисак је нормалан.

Теорија

Прелаз супстанције из једног у друго агрегатно стање, односно из једне у другу фазу, зове се фазни прелаз. Фазни прелаз при атмосферском притиску, врши се увек на тачно одређеној температури. На температури фазног прелаза, две фазе коегзистирају неограничено дуго, уколико нема спољашњих утицаја, али уколико је температура виша или нижа од температуре датог фазног прелаза, стабилно ће моћи да постоји само једна од те две фазе.

Прелазак чврстог у течено стање загревањем зове се топљење, а прелазак из течне у гасовиту фазу загревањем зове се испаравање. Обрнути процеси зову се кристализација и кондензација, респективно.

Количина топлоте потребна за претварање јединичне масе супстанције из једног у друго агрегатно стање на температури фазног прелаза и при нормалном притиску зове се латентна количина топлоте фазног прелаза – λ .

Количина топлоте коју 1kg супстанце треба да прими на температури топљења како би из чврстог прешла у течено стање зове се латентна топлота топљења. За случај испаравања имамо латентну топлоту испаравања.

$$Q = \lambda m$$

Q – количина топлоте

m – маса супстанције

λ – латентна топлота фазног прелаза

Решење задатка

$$m = 6\text{ kg}$$

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_1 = -20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$\lambda_t = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\lambda_i = 2,26 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

$$c_l = 2,00 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$c_v = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$Q = ?$$

У задатку је потребно израчунати количине топлоте потребне за загревање леда од -20°C до 0°C , за топљење леда, за загревање добијене воде од 0°C до 100°C и затим за испаравање воде. Ове четири количине топлоте ћемо сабрати како бисмо добили укупну количину топлоте коју је потребно уложити да би се дати процес остварио.

Загревање леда од -20°C до 0°C :

$$Q_1 = mc_l(t_0 - t_1) = 240000 \text{ J}$$

Топљење леда:

$$Q_2 = m\lambda_t = 2040000 \text{ J}$$

Загревање воде од 0°C до 100°C :

$$Q_3 = mc_v(t_2 - t_0) = 2520000 \text{ J}$$

Испаравање воде:

$$Q_4 = m\lambda_i = 13560000 \text{ J}$$

Укупна количина топлоте:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Дакле, решење је:

$$Q = 18360000 \text{ J} = 18,36\text{MJ}$$

Анализа задатка

Задатак је тренажни, једноставан и квантитативни, а иако није математички захтеван, спада у средњи ниво према образовним стандардима јер ученик на овом нивоу треба да разуме фазне прелазе и повезаност температуре и енергије, односно, топлоте. Дobar је за усвајање појмова латентне топлоте топљења и испаравања као и појма специфичног топлотног капацитета, па се може користити на часовима на којима је изнесено управо то градиво. Може се сврстати и у сложене задатке јер се за његово решавање користи више од једне формуле.

5.3.3 Напредни ниво

За објашњавање појава у системима са великим бројем честица и гасних процеса ученик користи везу између макро и микро параметара гаса (притиска и средње кинетичке енергије молекула гаса, температуре и средње кинетичке енергије молекула гаса). Ученик користи анализу графика расподеле молекула по брзинама и дијаграме који приказују промене стања гаса у сложеним или цикличним процесима као и график који описује међусобну интеракцију између молекула за објашњавање узрока и последица топлотних процеса.

Следећи искази описују шта ученик зна и уме на напредном нивоу у свакој области топлотне физике.

Поред већ наведеног на средњем и основном нивоу, област топлотне физике обухвата следеће:

Појмове и појаве: график Максвелове расподеле молекула по брзинама, адијабатски процес, уређај за хлађење, потенцијална крива, Карноов циклус, тројна тачка, засићена и незасићена пара, критична температура;

Физичке величине: највероватнија брзина молекула, средња брзина молекула, средња квадратна брзина молекула, Поасонов – адијабатски коефицијент, број степени слободе, средња дужина слободног пута и ефективни пресек;

Физичке законе и једначине: трећи закон термодинамике и једначине адијабатских процеса.

На напредном нивоу у области топлотне физике од ученика се очекује да:

2.ФИ.3.2.1. Тумачи график Максвелове расподеле молекула по брзинама, дијаграме који приказују промене стања гаса у сложеним или цикличним процесима и график који описује међусобну интеракцију између молекула – потенцијалну криву; разуме величине: тројна тачка, средња дужина слободног пута и ефективни пресек судара.

2.ФИ.3.2.2. Разуме како од сложености молекула зависи број степени слободe, Поасонове (адијабатске) константе и унутрашња енергија гаса и препознаје једначине адијабатског процеса; решава сложеније рачунске и проблемске задатке из топлотне физике.

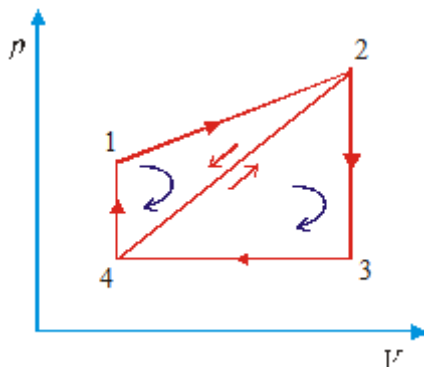
2.ФИ.3.2.3. Користи везу између макро и микро параметара гаса (притиска и средње кинетичке енергије молекула гаса, температуре и средње кинетичке енергије молекула гаса) за објашњење гасних процеса и појава у системима са великим бројем честица.

Следећи задаци илуструју како се могу пратити постигнућа појединих стандарда на напредном нивоу у области топлотне физике на крају средњошколског образовања.

5.3.3.1. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.3.2.1.

2.ФИ.3.2.1. Тумачи график Максвелове расподеле молекула по брзинама, дијаграме који приказују промене стања гаса у сложеним или цикличним процесима и график који описује међусобну интеракцију између молекула – потенцијалну криву; разуме величине: тројна тачка, средња дужина слободног пута и ефективни пресек судара.

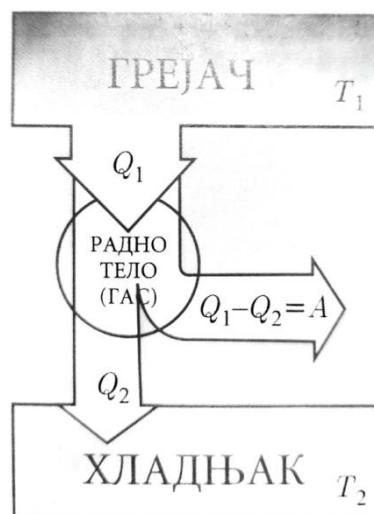
Задатак 1. Коефицијент корисног дејства циклуса 1-2-4-1 износи $\eta_1 = 0,2$ а циклуса 2-3-4-2 износи $\eta_2 = 0,3$. Делови 4-1 и 2-3 су изохоре, део 3-4 је изобара, а делови 1-2 и 2-4 представљају линеарну зависност притиска од запремине (види слику). Оба циклуса се врше у смеру казаљке на сату. Радно тело је идеални гас. Изразити коефицијент корисног дејства циклуса 1-2-3-4-1 као функцију η_1 и η_2 и израчунати га.



Теорија

У савременој техници, механичка енергија се углавном добија на рачун унутрашње енергије. Уређаји раде на овом принципу зову се топлотни мотори, односно топлотне машине.

Свака топлотна машина састоји се од радног тела, грејача на температури T_1 и хладњака на температури T_2 . Као хладњак најчешће се користи водена или земљана средина, а као радно тело, гас или пара у затвореном суду са покретним клипом.



Претварање топлоте у механички рад се врши периодично. Након сваког периода, термодинамички систем се враћа у почетно стање, тако да се остварује кружни процес, односно, циклус.

Уколико размотримо енергетски биланс неког термодинамичког циклуса као целине, можемо одредити коефицијент корисног дејства топлотне машине. У првом делу циклуса радно тело прима количину топлоте Q_1 од грејача температуре T_1 , а у другом делу циклуса радно тело предаје количину топлоте Q_2 хладњаку температуре T_2 . Дакле, у користан рад трансформише се једино део количине топлоте Q_1 и тај део износи: $A = Q_1 - Q_2$.

Стога, израз за коефицијент корисног дејства термодинамичког циклуса, који се дефинише као однос корисног и уложеног рада, тј. енергије, може се записати као:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Уколико коефицијент корисног дејства повежемо са температурама грејача и хладњака, израз постаје:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Ова формула нам даје теоријску границу максималне вредности степена корисног дејства топлотних мотора. Закључујемо да је топлотни мотор утолико кориснији уколико је виша температура грејача, а нижа температура хладњака.

Коефицијент корисног дејства је бездимензиона величина, а најчешће се изражава у процентима.

Решење задатка

$$\eta_1 = 0,1$$

$$\eta_2 = 0,3$$

$$\eta_3(\eta_1, \eta_2) = ?$$

Анализирајмо прво циклус 1-2-4-1. На делу 1-2 гасу доводимо количину топлоте Q_1 , а на делу 2-4 одводимо количину топлоте Q_2 , док на изохорском делу 4-1 гасу доводимо количину топлоте Q_3 . Ако рад који је извршио гас у том циклусу означимо са A_1 , онда је коефицијент корисног дејства овог циклуса:

$$\eta_1 = \frac{A_1}{Q_1 + Q_3}$$

Са друге стране је:

$$\eta_1 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_3}$$

одакле следи да је:

$$Q_2 = (1 - \eta_1) \cdot (Q_1 + Q_3)$$

Сада анализирајмо циклус 2-3-4-2. На деловима 2-3 и 3-4 гасу се одводи топлота. На делу 4-2 гасу се доводи количина топлоте Q_2 . Коефицијент корисног дејства датог циклуса једнак је:

$$\eta_2 = \frac{A_2}{Q_2}$$

где је A_2 рад који изврши гас у том циклусу.

Уколико искористимо израз за Q_2 можемо писати да је:

$$\eta_2 = \frac{A_2}{(1 - \eta_1) \cdot (Q_1 + Q_3)}$$

Коефицијент корисног дејства циклуса 1-2-3-4-1 једнак је:

$$\eta_3 = \frac{A_1 + A_2}{Q_1 + Q_3}$$

Ако искористимо изразе за A_1 и A_2 преко коефицијената корисног дејства добићемо тражену величину у функцији η_1 и η_2 као:

$$\eta_3 = \frac{(Q_1 + Q_3) \cdot \eta_1 + \eta_2 \cdot (1 - \eta_1) \cdot (Q_1 + Q_3)}{Q_1 + Q_3}$$

$$\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \cdot \eta_2$$

Када убацимо дате податке, за коначно решење добијамо:

$$\eta_3 = 0,44 = 44\%$$

Анализа задатка

Задатак спада у такмичарске, квантитативне и задатке-графике. Сматра се да ће веома мали број ученика бити у стању да га реши, а знања и способности тих ђака превазилазе оквири школских наставних програма. Овај задатак био је на 46. Републичком такмичењу из физике, 2008. године.

Задатак 2. Наћи зависност средње дужине слободног пута молекула једноатоног гаса од температуре ако је:

- а) константна запремина гаса;
- б) константан притисак гаса.

Нацртати графике који представљају те зависности.

Теорија

Приликом кретања, молекули гаса се међусобно сударају, па су њихове путање изломљене линије. Додуше, путања молекула између два судара је праволинијска, а њена дужина варира од судара до судара, јер се брзина молекула током времена мења.

Просечан пут који молекул пређе између два судара зове се средњи слобони пут молекула и изражава се формулом:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{n_0 \sigma \sqrt{2}}$$

n_0 — концентрација молекула гаса

σ — ефикасни пресек судара

Ефикасни пресек судара два молекула је сфера утицаја молекула са којим се судара неки други молекул, односно, простор у ком може доћи до судара два одређена молекула. Израчунава се као:

$$\sigma = \pi d^2$$

d — ефективни преник молекула

Закључујемо да средњи слободни пут молекула зависи од концентрације молекула гаса, тј. укупног броја молекула, и запремине суда у ком се гас налази, као и од димензија самих молекула гаса.

Решење задатка

а) $V = \text{const.}$

б) $p = \text{const.}$

$$\bar{\lambda} = ?$$

Из формуле за средњи слободни пут молекула која гласи:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{n_0 \sigma \sqrt{2}}$$

закључујемо да средњи слободни пут молекула зависи једино од концентрације молекула, јер су све остале величине константе за дате молекуле.

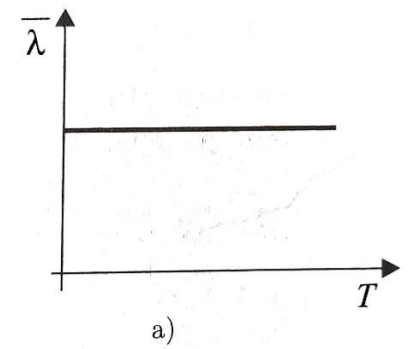
а) $V = \text{const.}$

Ако је запремина константна, следи да је и концентрација молекула константна:

$$n_0 = \frac{N}{V} = \text{const.}$$

Стога је средњи слободни пут молекула такође константан и не зависи од температуре гаса.

Ова зависност приказана је на следећем графику:



б) $p = \text{const.}$

Из једначине $p = n_0 kT$ можемо добити следећи израз за концентрацију молекула:

$$n_0 = \frac{p}{kT}$$

Из тога можемо за средњи слободан пут молекула писати:

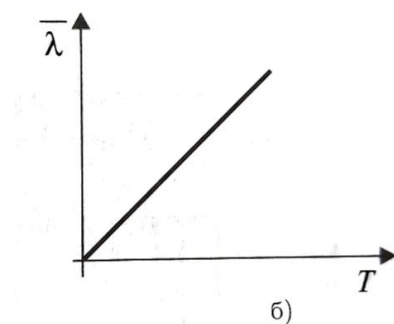
$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{p\sigma\sqrt{2}}$$

Уколико је притисак константан, можемо уочити да је

$$\bar{\lambda} = \text{const.} \cdot T$$

Дакле, средњи слободни пут молекула директно је сразмеран температури.

Ова зависност приказана је на следећем графику:



Анализа задатка

Задатак је тренажни, средње тежак, графички, квалитативни с обзиром на то да нема рачунања конкретних вредности, већ се користе општи бројеви за задате физичке величине. У напредни ниво према образовним стандардима сврстава се због саме тематике и појмова као што су средњи слободни пут молекула и ефикасни пресак судара молекула које ученик мора савладати како би задовољио овај образовни стандард. Обзиром на то да је задатак и графички, развија цртачке способности ђака и приказивање одређених зависности на више начина.

Задатак 3. Колика је средња квадратна брзина молекула ваздуха на температури 17°C ?
Моларна маса ваздуха је $29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Теорија

Кретање молекула гаса при чему се они сударају једни са другима и мењају своју брзину при сваком судару, свакако је хаотично, а назива се и тоplotно кретање. Ипак, постоје одређене законитости по којима се ово кретање одвија. Максвел је дао расподелу молекула по брзинама као:

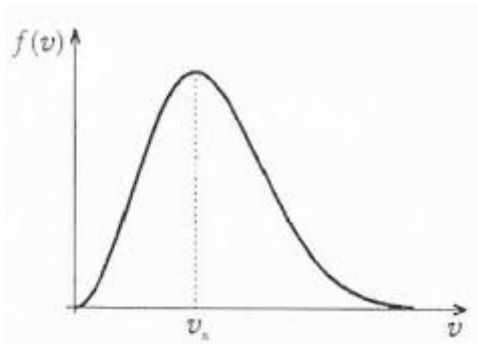
$$f(v) = \frac{\Delta N}{N \Delta v}$$

N — укупан број молекула гаса

ΔN — број молекула чије се брзине налазе у интервалу $[v, v + \Delta v]$

Δv — мали интервал брзине

Она се графички може представити на следећи начин:



На основу функције расподеле, може се одредити највероватнија брзина која одговара максимуму Максвелове криве као:

$$v_{nv} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$$

k – Болцманова константа; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

T – апсолутна температура

m_0 – маса једног молекула

Ову брзину има највећи број молекула.

Како се гас састоји од мноштва молекула чије брзине не можемо истовремено пратити, користе се још и средња брзина молекула и средња квадратна брзина молекула гаса.

Средња брзина молекула:

$$v_s = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$$

Средња квадратна брзина молекула:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Ова брзина одговара средњој кинетичкој енергији молекула.

Видимо да све три брзине зависе директно зависе од температуре, што значи да је брзина молекула већа што је температура виша, односно што је гас топлији, из чега произлази да је тада и кинетичка енергија молекула већа.

Решење задатка

$$t = 17^\circ\text{C}$$

$$M = 29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$v_{kv} = ?$$

Прво што треба учинити приликом решавања овог задатка је пребацити дате вредности у одговарајуће мерне јединице:

$$T = t[^\circ\text{C}] + 273$$

$$T = 290\text{K}$$

$$M = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

Такође, за решавање задатка неопходне су нам и следеће константе:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1} \text{ - Авогадров број}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \text{ - Болцманова константа}$$

Формула за средњу квадратну брзину молекула је:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Видимо да се у њој јавља маса једног молекула коју можемо изразити формулом:

$$m_0 = \frac{M}{Na}$$

Након замене ове формуле у израз за средњу квадратну брзину молекула, она постаје:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3kTNa}{M}}$$

Преостаје нам да у формулу уврстимо дате податке.

Као решење добија се да је средња квадратна брзина молекула ваздуха

$$v_{kv} = 499 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Анализа задатка

Задатак је тренажни и квантитавни. За његово решавање неопходно је познавање одговарајућих температурних скала које се користе у задацима и познавање основних правила степеновања, односно, задатак захтева сложенији математички апарат због чега се сврстава у категорију напредног нивоа. Такође, у ову категорију спада и због због појма средње квадратне брзине молекула која произлази из Максвелове расподеле молекула по брзинама која је ученицима често неразумљива. Ипак, бар 50% ученика би требало да буде у стању да га реши, а добар је и због тога што показује како брзина зависи од температуре.

5.3.3.2. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.3.2.2.

2.ФИ.3.2.2. Разуме како од сложености молекула зависи број степени слободе, Поасонове (адијабатске) константе и унутрашња енергија гаса и препознаје једначине адијабатског процеса; решава сложеније рачунске и проблемске задатке из топлотне физике.

Задатак 4. Двоатомски гас учествује у циклусу који се састоји из две изохоре и две изобаре. При изобарском ширењу и изохорском загревању температура гаса се повећа по k пута. Наћи степен корисног дејства тог циклуса.

Теорија

У првом задатку овог одељка темељно смо се упознали са термодинамичким циклусима, топлотним машинама и степеном корисног дејства. Остаје нам још да се подсетимо какви су то изобарски и изохорски процеси.

Како бисмо потпуно познавали неки гас, потребно је истовремено да познајемо више параметара који га описују, као што су притисак, запремина, температура и концентрација гаса. Уколико један од ових параметара сматрамо константим током времена, док се преостали параметри мењају, долазимо до појма изопроцеса. Изопроцесе делимо на изотермске, изохорске и изобарске.

Изохорски процес је процес код ког је константна запремина гаса. Изражава се Шарловим законом који гласи:

$$\frac{p}{T} = \text{const.} \text{ односно } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Дакле, количник притиска и апсолутне температуре сталне количине гаса је константан током времена.

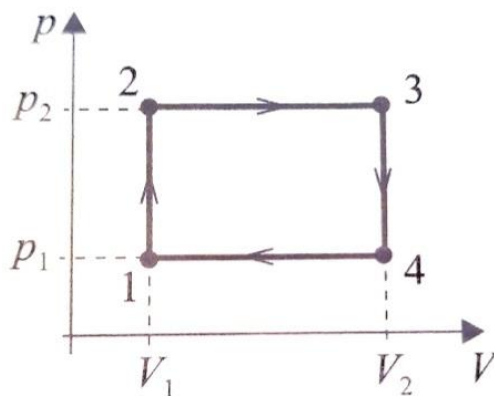
Изобарски процес је процес код ког се не мења притисак гаса. Изражава се Геј – Лисаковим законом који гласи:

$$\frac{V}{T} = \text{const.} \text{ односно } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Дакле, количник запремине и апсолутне температуре сталне количине гаса је константан током времена.

Решење задатка

Како бисмо успешно решили задатак неопходно је представити овај циклус графички:



Изохорско загревање представљено је процесом 1 – 2, а изобарско ширење процесом 2 – 3.

За изохорско загревање важи:

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$$

Одавде следи да је:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = k$$

За изобарско ширење можемо писати:

$$\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_2}{T_3}$$

Одавде следи да је:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_3}{T_2} = k$$

Рад гаса у једном циклусу можемо изразити као:

$$A = (p_2 - p_1) \cdot (V_2 - V_1)$$

$$A = (kp_1 - p_1) \cdot (kV_1 - V_1)$$

$$\rightarrow A = (k - 1)^2 p_1 V_1$$

Пошто гас у процесима 1 – 2 и 2 – 3 прима топлоту, даље пишемо:

$$Q_1 = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{12} + A_{23} + \Delta U_{23}$$

$$Q_1 = \frac{5}{2} n_m R (T_2 - T_1) + p_2 (V_2 - V_1) + \frac{5}{2} n_m R (T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{5}{2} n_m R (T_3 - T_1) + p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + p_2 (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{5}{2} (k^2 p_1 V_1 - p_1 V_1) + k p_1 (k V_1 - V_1) = \frac{5}{2} p_1 V_1 (k^2 - 1) + k p_1 V_1 (k - 1) =$$

$$= p_1 V_1 \left(\frac{5}{2} (k^2 - 1) + k(k - 1) \right) = p_1 V_1 (k - 1) \left(\frac{5}{2} (k + 1) + k \right)$$

Дакле, топлота коју гас прими је:

$$Q_1 = p_1 V_1 (k - 1) \left(\frac{7}{2} k + \frac{5}{2} \right)$$

Стога, степен корисног дејства је:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{(k - 1)^2 p_1 V_1}{p_1 V_1 (k - 1) \frac{7k + 5}{2}}$$

Коначно:

$$\eta = \frac{2(k-1)}{7k+5}$$

Анализа задатка

Задатак је сложеније природе, квантитативни, задатак график. Повезује изопроцесе са другим принципом термодинамике, као и са термодинамичким циклусима, па се стога може

сврстати и у комбиноване задатке. Већини ђака је доста математички захтеван, што је један од разлога зашто одговара једном од напредних стандарда постигнућа.

Задатак 5. Колико пута се смањи средња дужина слободног пута молекула једноатомског гаса при адијабатском ширењу, ако се притисак смањи два пута?

Теорија

Са средњом дужином слободног пута молекула смо се ве упознали у другом задатку овог одељка. Остаје нам још да видимо шта је то адијабатски процес.

Процеси који се одвијају без топлотне размене између гаса који се налази у суду и околине су адијабатски процеси. Овај процес може се остварити на два начина:

- 1) гас мора бити потпуно топлотно изолован или
- 2) процес се мора одвити довољно брзо да при њему не дође до топлотне размене

Адијабатски карактер неког процеса изражава се условом да је количина топлоте која се размени у процесу топлотне размене 0, односно, да до топлотне размене ни не долази.

Ако је $Q = 0$, из првог принципа термодинамике који гласи:

$$Q = \Delta U + A$$

следи да се рад врши на рачун унутрашње енергије гаса, односно:

$$A = -\Delta U$$

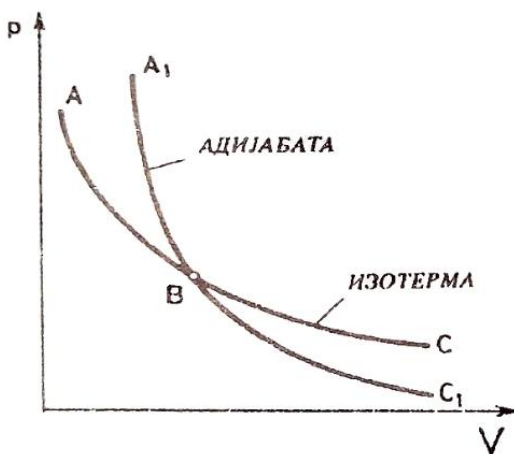
A — рад који изврши гас

Q — количина топлоте коју гас размени са околином

ΔU — промена унутрашње енергије гаса

Дакле, гас се хлади при адијабатском ширењу, а при сабијању се загрева.

На следећем графику приказана је зависност притиска од запремине за изотермске и адијабатске процесе код идеалног гаса.



За адијабату можемо писати једначину:

$$pV^\gamma = \text{const.}$$

која се зове једначина адијабате или Поасонова формула.

p — притисак гаса

V — запремина гаса

γ — Поасонов коефицијент; $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$

Поасонов коефицијент је константа карактеристична за сваки гас и представља однос моларног топлотног капацитета гаса при сталном притиску и моларног топлотног капацитета гаса при сталној запремини.

На графику видимо да адијабата има стрмији пад у односу на изотерму, приликом истог повећања запремине, што значи да се при адијабатском ширењу притисак смањује како на рачун пораста запремине, тако и на рачун пада температуре. У случају изотермског процеса, притисак опада једино због повећања запремине јер температура остаје константна током времена.

Решење задатка

$$\frac{p_2}{p_1} = 2$$

$$\frac{\bar{\lambda}_2}{\bar{\lambda}_1} = ?$$

Из:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{n\sigma\sqrt{2}} = \frac{V}{N\sigma\sqrt{2}}$$

следи:

$$\frac{\bar{\lambda}_2}{\bar{\lambda}_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

Однос запремина добија се из једначине адијабате која гласи:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

Дакле, пишемо:

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma = \frac{p_1}{p_2}$$

односно:

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\gamma} = 2^{3/5}$$

Одавде добијамо тражени однос као:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 2^{\frac{3}{5}} = 1,5$$

Анализа задатка

Овај задатак је квантитативни, средње тежак, тренажни и сложен. Изискује повезивање више појмова у целину. Како би га решио, ђак треба да буде упознат са једначином адијабате и Поасоновом константом као и са појмом средњег слободног пута молекула. Многим ученицима се на први поглед чини математички захтевним, али уз познавање основних правила степеновања и мало више труда, сматра се да бар половина ђака може успешно да га савлада.

5.3.3.3. Задаци који задовољавају стандард 2.ФИ.3.2.3.

2.ФИ.3.2.3. Користи везу између макро и микро параметара гаса (притиска и средње кинетичке енергије молекула гаса, температуре и средње кинетичке енергије молекула гаса) за објашњење гасних процеса и појава у системима са великим бројем честица.

Задатак 6. Наћи кинетичку енергију трансляторног кретања свих молекула који се налазе у 1g водоника на температури 7°C .

Теорија

Као што смо видели у трећем задатку овог одељка, према Максвеловој расподели молекула по брзинама дефинише се и средња квадратна брзина молекула као:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

k – Болцманова константа; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

T – апсолутна температура

m_0 – маса једног молекула

Ова брзина одговара средњој кинетичкој енергији молекула и директно зависи од температуре. То значи да је брзина молекула већа што је температура виша, односно што је гас топлији, из чега произлази да је и кинетичка енергија молекула тада већа.

Користећи формулу за највероватнију брзину молекула можемо формирати израз за кинетичку енергију трансляторног кретања једног молекула идеалног гаса који гласи:

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT$$

Очигледно је да је средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса директно сразмерна апсолутној температури.

Уколико у гасу постоји N молекула, укупна кинетичка енергија трансляторног кретања свих молекула је:

$$E_k = N\overline{E_k}$$

Решење задатка

$$m = 1\text{g} = 10^{-3}\text{kg}$$

$$t = 7^\circ\text{C} \rightarrow T = 280\text{K}$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

$$Na = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$E_k = ?$$

Средња кинетичка енергија трансляторног кретања једног молекула рачуна се према формули:

$$\overline{E_{k1}} = \frac{3}{2} kT$$

У маси m гаса постоји N број молекула:

$$N = \frac{mNa}{M}$$

Њихову укупну кинетичку енергију можемо добити уколико помножимо број молекула са средњом кинетичком енергијом трансляторног кретања једног молекула:

$$E_k = N\overline{E_{k1}}$$

односно:

$$E_k = \frac{3mNa kT}{2M}$$

Увршавањем датих вредности у горњу формулу добијамо тражену величину:

$$E_k = 1744 \text{ J}$$

Анализа задатка

Задатак је тренажни, сложен, квантитативан и средње тежак. Захтева коришћење више формула, што ђацима често представља проблем. С обзиром на свеобухватност задатка, препоручује се да се решава на неком од часова где се градиво понавља и утврђује.

Овај задатак конкретно приказује везу између температуре, као макроскопског, и средње кинетичке енергије транслаторног кретања молекула, као микроскопског параметра којим описујемо идеални гас, због чега представља одличан избор за остварење наведеног образовног стандарда.

Задатак 7.

а) Средња квадратна брзина молекула хелијума је $460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ при притиску 10kPa. Колика је концентрација молекула?

б) Наћи средњу квадратну брзину молекула водоника при притиску 100kPa и концентрацији $2,4 \cdot 10^{25} \text{m}^{-3}$.

Теорија

Објашњење притиска који гас врши на зидове суда у ком се налази је било један од првих важнијих успеха молекулско-кинетичке теорије гасова. Квалитативно објашњење ове величине састоји се у томе да је интеракција молекула идеалног гаса са зидовима суда заснована на законима еластичног судара.

Истраживањима се дошло до основне једначине молекулско-кинетичке теорије гасова која повезује притисак гаса као његов макроскопски параметар и масу молекула и њихову средњу брзину, као микроскопске параметре гаса.

Та једначина гласи:

$$p = \frac{1}{3} n_0 m_0 v_{kv}^2$$

n_0 — концентрација молекула гаса

m_0 — маса једног молекула гаса

v_{kv}^2 — средња квадратна брзина молекула гаса

Средња квадратна брзина молекула идеалног гаса произлази из Максвелове расподеле молекула по брзинама и представља брзину која одговара средњој кинетичкој енергији молекула гаса, а директно је зависна од апсолутне температуре.

Такође, за средњу кинетичку енергију молекула идеалног гаса важи једначина:

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT$$

k – Болцманова константа; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

T – апсолутна температура

Уколико упоредимо ова два израза, доћи ћемо до другог важног облика основне једначине молекулско-кинетичке теорије гасова:

$$p = \frac{2}{3} n_0 \overline{E_k}$$

n_0 – концентрација гаса

$\overline{E_k}$ – средња кинетичка енергија молекула гаса

Видимо да је притисак идеалног гаса сразмеран концентрацији гаса (броју молекула у јединици запремине) и средњој кинетичкој енергији молекула гаса.

Решење задатка

а)

$$v_{kv} = 460 \frac{m}{s}$$

$$p = 10 \text{ kPa} = 10 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$M(He_2) = 4 \frac{g}{mol} = 4 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$$

$$Na = 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$$

$$n_0 = ?$$

Једначина која повезује притисак идеалног гаса и средњу кинетичку енергију молекула је:

$$p = \frac{2}{3} n_0 \overline{E_k}$$

Уколико овде уврстимо израз за средњу кинетичку енергију молекула која гласи:

$$\overline{E_k} = \frac{m_0 v_{kv}^2}{2}$$

добијамо директну везу између средње квадратне брзине молекула и притиска на ком се налазе као:

$$p = \frac{1}{3} n_0 m_0 v_{kv}^2$$

Додуше, овде треба уврстити и формулу за масу једног молекула:

$$m_0 = \frac{M}{Na}$$

Сада израз за притисак постаје:

$$p = \frac{1}{3} n_0 \frac{M}{Na} v_{kv}^2$$

Коначно, концентрацију молекула можемо изразити формулом:

$$n_0 = \frac{3pNa}{Mv_{kv}^2}$$

Након што у формулу уврстимо све познате величине, за решење добијамо:

$$n_0 = 2 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$$

б)

$$p = 100 \text{ kPa}$$

$$n_0 = 2,4 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$$

$$M(H_2) = 2 \frac{g}{mol} = 2 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$$

$$Na = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$v_{kv} = ?$$

Слично као у задатку под а) и овде користимо везу између притиска и средње кинетичке енергије молекула:

$$p = \frac{2}{3} n_0 \overline{E_k}$$

У ову једначину уврстићемо израз за средњу кинетичку енергију молекула, као и за масу једног молекула, па добијамо:

$$p = \frac{1}{3} n_0 \frac{M}{Na} v_{kv}^2$$

Преостаје нам да изразимо средњу квадратну брзину молекула и уврстимо све познате вредности:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3pNa}{2n_0M}}$$

$$v_{kv} = 1,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Анализа задатка

Задатак је тренажни, сложен, квантитативан. Захтева употребу неколико формула, а сама тематика задатка је ђацима често апстрактна. Обзиром на свеобухватност и темељитост задатка, препоручује се да се решава на неком од часова где се градиво понавља и утврђује.

Овај задатак конкретно приказује зависност притиска, као макроскопског параметра којим описујемо идеални гас, од средње кинетичке енергије трансляторног кретања молекула, као његовог микроскопског параметра, па је стога одличан избор за остварење наведеног образовног стандарда.

Задатак 8.

а) Одредити концентрацију молекула идеалног гаса при температури 300K и притиску 1mPa .

б) Одредити притисак идеалног гаса при концентрацији 10^{19}cm^{-3} и температури 727°C .

Теорија

Као што смо ве видели у претходном задатку, један од облика основне једначине молекулско-кинетичке теорије гасова је:

$$p = \frac{2}{3} n_0 \overline{E_k}$$

n_0 – концентрација гаса

$\overline{E_k}$ – средња кинетичка енергија молекула гаса

Такође, видели смо да је израз за средњу кинетичку енергију трансляторног кретања молекула следећи:

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT$$

k – Болцманова константа; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$

T – апсолутна температура

Уколико ово заменимо у горњи израз за притисак идеалног гаса, добија се општа једначина стања идеалног гаса као:

$$p = n_0 kT$$

n_0 – концентрација молекула идеалног гаса

k – Болцманова константа; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$

T – апсолутна температура

Видимо да је притисак гаса директно зависан од његове апсолутне температуре и концентрације молекула гаса.

У горњи израз можемо да уведемо и чињеницу да се концентрација молекула гаса може изразити као количник броја молекула гаса и запремине гаса:

$$n_0 = \frac{N}{V}$$

па једначина постаје:

$$pV = NkT$$

Видимо да је производ притиска и запремине одређене количине гаса сразмеран апсолутној температури тог гаса.

Решење задатка

а)

$$T = 300\text{K}$$

$$p = 1\text{mPa}$$

$$n_0 = ?$$

Пре почетка решавања задатака неопходно је свести вредност притиска на основну мерну јединицу за притисак:

$$p = 10^6 \text{ Pa}$$

Из једначине за притисак гаса која гласи:

$$p = n_0 k T$$

можемо изразити концентрацију гаса као:

$$n_0 = \frac{p}{kT}$$

Када овде заменимо познате вредности и Болцманову константу: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$, за решење добијамо:

$$n_0 = 2,4 \cdot 10^{17} \text{ m}^{-3}$$

б)

$$n_0 = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$t = 727^\circ\text{C}$$

$$p = ?$$

Формула којом рачунамо притисак идеалног гаса је:

$$p = n_0 k T$$

Неопходно је да температуру изразимо у келвинима, концентрацију гаса да изразимо у m^{-3} , и да употребимо Болцманову константу: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$.

$$T = 1000K$$

$$n_0 = 10^{25} m^{-3}$$

Сада можемо приступити рачунању притиска убацивањем познатих вредности у почетну формулу.

Као решење добијамо:

$$p = 1,38 \cdot 10^5 Pa$$

Анализа задатка

Задатак је квантитативан, тренажни и средње тежак, како због мерних јединица које се у њему јављају тако и због потребе познавања основних правила степеновања. Овај задатак одлично приказује везу између различитих макроскопских параметара идеалног гаса као што су притисак и апсолутна температура. Од већине ђака се очекује да ће моћи да га реше.

6. Закључак

Основни задатак сваког наставника физике је стварање дугорочних и темељних знања код ученика и побуђивање интересовања и љубави ђака према физици као науци. У томе нам помаже решавање проблемских задатака. Када знање више није само теоријско и формално, већ применљиво на конкретну проблемску ситуацију, оно постаје функционално. Степенем применљивости стечених знања из физике може се мерити успешност предавања из физике, а тако и успешност самог наставника.

Стога, приликом припремања часа и задатака треба посебно водити рачуна о садржају и тежини задатака, користити што разноврсније задатке и реалне ситуације у којима се и сами ђаци могу затећи. На овај начин ученици постепено схватају да је све око њих физика.

Решавање задатака је вежба која учи ђаке како да се поставе према проблему, „развија вијуге“ и припрема их на ново и неочекивано. Оно код ђака развија логичко и стваралачко мишљење, самосталност и способност закључивања, што је уједно и најважнији задатак и циљ целокупне наставе физике.

Такође, часови на којима се успешно решавају задаци везани за свет око нас буде радозналост и интересовање ђака, како за физику као предмет, тако и за читав свет око нас. Мишљење ђака излази из оквира наставе и продубљује се, што је веома значајно за развојно доба у ком се ђаци налазе.

Сам процес наставе је наставницима олакшан постојањем стандарда образовања. Користећи образовне стандарде, наставници тачно знају шта се од ђака очекује да савладају како би прешли на виши ниво образовања, па тако усмеравају ђаке у жељеном правцу. Такође, стандарди постигнућа олакшавају и убрзавају процес процене мере у којој је градиво савладано, тј. оцењивање ђака. На овај начин, много више времена може се посветити иновативним видовима наставе и обради лекција на различите и занимљиве начине, што ђаци највише и воле, а што им увелико поспешује прихватање, разумевање и памћење градива.

7. Литература

1. М. Распоповић, Ј. П. Шетрајчић, З. М. Распоповић - Физика за други разред гимназије - Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2005.
2. М. Распоповић, С. Божин, Е. Даниловић – Физика за други разред гимназије – Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2001.
3. З. Распоповић, Б. Пушара – Физика за први разред трогодишњих средњих стручних школа – Завод за уџбенике, Београд, 2016.
4. М. О. Распоповић, Ј. П. Шетрајчић, Б. Цветковић – Физика са лабораторијским вежбама за други разред гимназије – Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2005.
5. Н. Чалуковић, Н. Каделбург – Физика – збирка задатака и тестова за други разред гимназије – Круг, Београд, 2009.
6. М. О. Распоповић – Методика наставе физике – Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1992.
7. М. Митровић, А. Жекић – Дидактика физике – Београд, 2013.
8. Општи стандарди постигнућа за крај општег средњег и средњег стручног образовања и васпитања у делу општеобразовних предмета за предмет физика - приручник за наставнике – Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања, Београд, 2015.
(http://www.ceo.edu.rs/images/stories/opsti_standardi/Fizika.pdf)
9. Општи стандарди постигнућа за крај општег средњег и средњег стручног образовања и васпитања у делу општеобразовних предмета за предмет физика - приручник за наставнике – Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања, Београд, 2013.
(https://ceo.edu.rs/wp-content/uploads/obrazovni_standardi/Opsti_standardi_postignuca/FIZIKA.pdf)
10. С. Даниловић - Методика решавања рачунских задатака из физике у основној школи, према образовним стандардима – мастер рад – ПМФ, Нови Сад, 2015.
11. Б. Блајваз – Методика решавања задатака из физике људског организма – мастер рад – ПМФ, Нови Сад, 2011.
12. Физика – за сваког по нешто – гимназија: <http://fizis.rs/гимназија/>
13. 46. Републичко такмичење из физике:
<http://www.dfs.rs/takmicenja/predhodne%20godine/08/rep08Sr/Rep08Sr.htm>
14. Angell, C., Ø.Guttersrud, E. K. Henriksen, and A. Isnes, 2004, "Physics: Frightful, but fun. Pupils and teachers views of physics and physics teaching," Science Education 88(5), 683-706. doi:10.1002/sce.10141

15. <https://aggf.unibl.org/uploads/2016/03/Termodinamika2016.pdf>

8. Кратка биографија кандидата



Милица Зелић рођена је 20.09.1993. у Новом Саду. Основну школу „Душан Јерковић“ у Руми завршава 2008. године након чега уписује румску гимназију „Стеван Пузић“, општи смер, коју завршава одличним успехом.

Љубав према просвети и природним наукама јавила се још у основној школи, а по завршетку средње школе уписује основне академске студије за професора физике на Природно – математичком факултету на Универзитету у Новом Саду, које завршава 2020. године. Исте године уписује мастер студије за професора физике и почиње да ради у једној од средњих школа у Руми, где је и данас запослена.

Једна од основних животних аспирација јој је да људима, а поготово ђацима, приближи физику као науку и у њима ојача уверње у лепоту, моћ и неопходност образовања.

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број:

РБР

Идентификациони број:

ИБР

Тип документације:

Монографска документација

ТД

Тип записа:

Текстуални штампани материјал

ТЗ

Врста рада:

Мастер рад

ВР

Аутор:

Милица Зелић

Ау

Ментор:

др Бранка Радуловић, научни сарадник

МН

Наслов рада:

Методика решавања рачунских задатака из области

НР

топлотне физике према образовним стандардима

Језик публикације:

српски (ћирилица)

ЈП

Језик извода:

српски/енглески

ЈИ

Земља публикавања:

Република Србија

ЗП

Уже географско подручје:

Војводина

УГП

Година:

2022.

ГО

Издавач:

Ауторски репринт

ИЗ

Место и адреса:

Природно–математички факултет, Трг Доситеја

МА

Обрадовића4, Нови Сад

Физички опис рада:	80/8/15/0/2/14/0
ФО	
Научна област:	Физика
НО	
Научна дисциплина:	Методика наставе физике
НД	
Предметна	Образовни стандарди, рачунски задаци, топлотна
одредница/кључне речи:	физика
ПО	
УДК	
Чува се:	Библиотека департмана за физику ПМФ-а у Новом
ЧУ	Саду
Важна напомена:	Нема
ВН	
Извод:	У овом раду приказан је значај и класификација
ИЗ	задатака у настави физике, као и методички приступ
	решавању рачунских задатака из области топлотне физике
	у средњој школи, према образовним стандардима.
Датум прихватања теме од	
НН већа:	15.10.2021.
ДП	
Датум одбране:	
ДО	
Чланови комисије:	
КО	
Председник:	др Маја стојановић, редовни професор ПМФ-а у Новом
	Саду
члан:	др Бранка Радуловић, научни сарадник ПМФ-а у
	Новом Саду
члан:	Др Јована Николов, ванредни професор ПМФ-а у
	Новом Саду

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Milica Zelić

AU

Mentor/comentor:

Ph.D. Branka Radulović, research associate

MN

Title:

Solving arithmetic problems on thermal physics in
accordance with educational standards

TI

Language of text:

Serbian (Cyrilic)

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Republic of Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year:

2022.

PY

Publisher:

Author's reprint

PU

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja
Obradovića 4, Novi Sad

PP

Physical description: 80/8/15/0/2/14/0

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Methodology of Physics Teaching

SD

Subject/ Key words: Mathematical problems, Educational standards, Thermal physics

SKW

UC

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

HD

Note: None

N

Abstract: This paper presents the importance and classification of mathematical problems in physics teaching, as well as methodical approach to solving mathematical problems in thermal physics in high school, according to Educational standards.

AB

Accepted by the Scientific

Board: 15.10.2021.

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

President: Ph.D. Maja Stojanović, full professor

Member: Ph.D. Branka Radulović, research associate

Member: Ph.D. Jovana Nikolov, associate professor