



UNIVERZITET U NOVOM SADU
RIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
РИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ДРЕГЕМБРО	5 - 10 2010
ОДЛУКЕВАЦ	БРОЈ
0603	3 / 1285

Obrada nastavne teme "Temperatura" za osnovne škole

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
dr Dušan Lazar

Kandidat:
Ljubo Panić

Novi Sad, 2010

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	3
2.	FIZIKA KAO NAUKA I FIZIKA KAO NASTAVNI PREDMET	4
2.1.	EKSPERIMENT U NASTAVI FIZIKE.....	4
2.2.	ŠTA JE TO TEMPERATURA.....	5
2.3.	ISTORIJA MERENJA TEMPERATURE.....	6
2.4.	TEMPERATURNE SKALE.....	7
3.	TEORIJSKI DEO.....	9
3.1.	UNUTRAŠNJA ENERGIJA.....	9
3.2.	APSOLUTNA TEMPERATURA.....	10
3.3.	TERMIČKO ŠIRENJE TELA.....	10
3.4.	PRENIŠENJE UNUTRAŠNJE ENERGIJE.....	11
3.5.	KOLIČINA TOPLOTE.....	12
3.6.	TOPLOTNI KAPACITET TELA.....	13
3.7.	GASNI ZAKONI.....	14
3.7.1.	BOJL-MARIOTOV ZAKON.....	14
3.7.2.	ŠARLOV ZAKON.....	15
3.7.3.	GEJ-LISAKOV ZAKON.....	17
3.7.4.	AVOGADROV ZAKON I JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA.....	18
3.8.	TERMODINAMIKA.....	19
3.8.1.	PRVI PRINCIP TERMODINAMIKE.....	20
3.8.2.	DRUGI PRINCIP TERMODINAMIKE.....	22
3.8.3.	KARNOOV ZAKON.....	24
4.	METODIČKE PRIPREME ZA IZVOĐENJE NASTAVE.....	25
5.	EKSPERIMENTI KOJI ĆE UČENICIMA RAZJASNITI NEJASNOĆE VEZANE ZA RAZLIKU IZMEĐU TOPLOTE I TEMPERATURE.....	31
6.	ZAKLJUČAK.....	40
7.	LITERATURA.....	41
8.	KRATKA BIOGRAFIJA.....	42
9.	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	43

„Let ptica ili aviona, putovanje brodova na vodi ili svemirskih brodova, plivanje riba ili podmornica, sudari automobila ili čestica, kretaje jabuka ili planeta, sastav i struktura galaksija, zvezda, planeta, svega što nas okružuje – od kvarkova do kvazara, pa čak i sam nastanak i sudbina Univerzuma, sve to proučava fizika. U savremenom svetu sve fizičke teorije se najčešće izražavaju kao matematičke forumule, ali, kao što je rekao Ajnštajn „suština svake teorije nije u forumlama već u ideji“.



1.

UVOD

Fizika kao nastavni predmet po našem nastavnom planu i programu počinje se predavati u nastavi šestog razreda osnovne škole. To je uzrast učenika oko dvanaest-trinaest godina, uzrast koji se smatra prikladnim za učenje apstraktnih matematičkih formulacija osnovnih fizičkih zakona. S jedne strane to je dobro odabran uzrast jer tada učenik postaje kritičan, spreman za raspravu i izvođenje eksperimenata, ali s druge strane to je prekasno jer je već formirao neke krive koncepte o svetu oko sebe. Kako bi se izbeglo usadijanje krivih fizikalnih koncepata u učenikov stav, potrebno je čim ranije postaviti dobre osnove, na kojima će učenik kasnije moći graditi svoje znanje i usvajati fizikalne pojmove. Kroz nastavu fizike učenici se sreću sa nekoliko nastavnih tema, počevši od mehanike, termodinamike, optike, elektrostatike, magnetizma...pa sve do uvoda u fiziku mikrosveta. U ovom radu sam se odlučio da obrađujem temu "temperatura", iz nekoliko razloga.

Zašto baš temperatura? Jedan od razloga je što su često zbog nedostatka nastavnog pribora i sredstava za eksperimentalni deo nastave učenici ostajali uskraćeni za korektno saznanje o temperaturi i toploti. A u ovakovom slučaju lično smatram da za temu koju sam ja odabrao, mogu poslužiti i neki prosti predmeti i probor koje većina učenika poseduje kući. I upravo u petoj glavi ovog rada sam naveo nekoliko eksperimenata u kojima se uz pomoć prostih pribora objašnjavaju neke termodinamičke činjenice u pogledu temperature i topote.

Drugi razlog mi je nametnulo moje lično iskustvo iz života, posebno iz perioda odrastanja još dok sam bio učenik. U tom periodu sam mogao svakodnevno čuti, kao i danas, netačne informacije, gde su ljudi mešali toplotu i temperaturu u različitim situacijama, gde im je toplota bila isto što i temperatura, a temperatura isto što i toplota. Na primer često mogu čuti kako roditelji deci savetuju iz zdravstvenih razloga da pređu s keramičkih pločica na parket zato što su pločice po njima hladnije od parketa, što naravno nije tačno. Temperatura pločica i parketa je ista, **razlika je u tome što pločice i parket ne provode istu količinu toplote za isto vreme**.

Uistinu temperatura je *fizička veličina koja karakteriše stepen zagrejanosti nekog tela*, a toplota *unutrašnja energija haotičnog kretanja molekula nekog tela*. Znači radi se o dve različite fizičke veličine. No, moramo primetiti da ne mora biti uvek slučaj da pojedinac po pitanju temperature i topote „ne zna fiziku“. Recimo, u bolnicama dok medicinsko osoblje obavlja svoje radne zadatke često možemo čuti „stavi toplomer ispod pazuha“, što je pogrešno. Ali ovo ne mora obavezno značiti da sestra ne zna fiziku. Jednostavno koristi opšteprihvaćeni naziv tog pribora za merenje temperature (toplomer), što moramo priznati da sa tačke gledišta fizike nije adekvatni naziv.

Bez obzira na to da li ćemo se u kasnijem životu kao odrasli ljudi baviti fizikom ili ne, bilo bi dobro razjasniti još na početku života (mislim da je škola za to najbolje mesto) neke nedoumice i nejasnoće vezane za ovu temu. Zato što ćemo tokom celog života sretati i sticati iskustva vezana za pojам temperatura bilo to na poslu ili zabavi, a siguran sam da ako smo nejasnoće vezane za pojам temperature razjasnili još u školi, iskustva sa pojmom temperatura će nam biti z a b a v n i j a.

2. FIZIKA KAO NAUKA I FIZIKA KAO NASTAVNI PREDMET

Fizika je vodeća prirodna nauka. Proučava određene pojave u prirodi, različite oblike materije, njeno međudelovanje i kretanje. I sam njen naziv to potvrđuje. "F i z i k a" potiče od grčke reči "fizis" što znači priroda, a baš tako je bilo naslovljeno i jedno Aristotelovo delo koje je napisano u trećem veku pre naše ere.

Upoznavanje mладог naraštaja sa naučnim dostignućima na polju fizike se odvija kroz obrazovno-vaspitni proces zvanim nastava fizike primenom najsavremenijih didaktičkih metoda i principa.

Zadatak nastave fizike je da se učenici sistematski upoznaju sa fizičkim pojavama i zakonitostima, poštujući pri tome sve didaktičke principe. Školska nastava u principu mora biti tako konceptirana da se kod učenika kroz nastavno-obrazovni proces razvija njegov naučni pogled na svet. Fizika po ovom pitanju ima posebnu i izuzetno važnu ulogu koju ispunjava tako što osposobljava učenike da samostalno uočavaju, istražuju i rešavaju fizičko-tehničke problem. Zadatak nastave fizike je da kod učenika razvija vještine i sposobnosti da stečeno znanje primene u praksi. Na kraju ne smemo zaboraviti ni opšti karakter koji nastava fizike mora da ima. Ona mora uticati na opšti psihofizički razvoj učenika i obogaćivati njegova životna iskustva.

2.1. EKSPERIMENT U NASTAVI FIZIKE

Prema rečima francuskog prosvetitelja Deni Didroa, „Na raspolažanju su nam tri osnovna načina proučavanja prirode: posmatranje razmišljanje i eksperiment. Posmatranjem se skupljaju činjenice, razmišljanjem se kombinuju, a eksperimentom se proverava rezultat takvog kombinovanja“.

Pošto je fizika prirodna nauka temeljena na eksperimentima, isti bi trebao biti središnji nastavni element. Kako je nastavni pribor često nedostupan zbog finansijskih razloga, potrebno je iskoristiti predmete iz svakodnevne prakse i okruženja te ih upotrebiti u nastavi i to na zanimljiv, poučan i maštovit način. To od nastavnika zahteva promišljen rad i dodatan trud kako bi sve dobro uskladio i svoj nastavni čas učinio interesantnim za učenike. Rezultat tog dodatnog napor je podsticanje učenika na aktivno sudelovanje u nastavi, a ne samo kao sudelovanje u vidu pasivnih posmatrača. Demonstrarati eksperiment veoma je bitan nastavni element i neophodan je za kvalitetnu nastavu, ali često zbog nedostatka opreme, kako sam naveo na početku ovog poglavlja, učenici najčešće nemaju priliku da sami izvode eksperimente.

U slučaju pak da učenici sami izvode eksperimente, pokazalo se da je idealno raditi sa oko 20 učenika u razredu podeljene u četri, pet grupa. Nastavnik je taj koji mora znati šta nastavom želi postići i na koji način (kako i kojim putem doći do cilja). Te na kraju jasno stiči uvid u postignuće učenika kao i njihovu uspešnost u savladavanju eksperimentalnog sadržaja.

Neki nastavnici smatraju da je dobro nastavu fizike održati u blok časovima. Na taj način lakše obrade nastavni sadržaj jer se obrađuju u kontinuitetu i nije potrebno pospremiti pribor posle svakog časa. Tada se ima dosta vremena za izvođenje eksperimenata i za raspravu o njima. Prilikom provere znanja svaki učenik ima dovoljno vremena da reši zadatak.

Mnogi se ne slažu s time i uviđaju nedostatke u radu u blok časovima. Jedna od mana je što se tako stvara veliki vremenski razmak između dva blok časa fizike, a pogotovo onda ako na dan kada je po rasporedu fizika pada neki praznik. Sadržaji koji se obrađuju moraju biti povezani sa svakodnevnim iskustvom učenika da bi ih on mogao lakše usvojiti.

Nastavni sadržaj predstavlja osnovu na kojoj se temelji učenje. Rezultat učenja ne bi trebalo biti samo usvajanje novih sadržaja, već bi se moralo steći nove mogućnosti ponašanja, razviti novi način razmišljanja i rešavanja problema. Kako bi se to postiglo, pred učenike se trebaju postaviti zadaci koje mogu rešiti uz napor »zdravim naprezanjem«. Kod izvođenja eksperimenta pred učenike ne treba staviti gotove činjenice već ih navesti da izraze svoje mišljenje i da predvide šta će se u eksperimentu dogoditi (**ovo govorim iz ličnog iskustva, mislim da se u učenju iz eksperimenta za najkraće vreme može najveća količina novih informacija o nekom pojmu ili činjenici steći, i plus to što će učenik u okviru svoje psihološke svesti steći dozu hrabrosti da je baš on inovator tih novih saznanja, a samim tim će postići maštu za još nešto više**). Lično mislim da je u nastavi fizike konceptualno razumevanje važnije od enciklopedijskog znanja i iz tog razloga razumevanju se mora dati prednost.

U ovom radu ću predložiti eksperimente za koje smatram da bi mogli pomoći u odklanjanju nedoumica i nejasnoća vezanih za temperaturu i toplotu. *Napomena: ove eksperimente treba izvoditi kada deca steknu osnovna saznanja o toploti i temperaturi.*

Cilj ovih eksperimenata je da deca steknu jasnu sliku o razlici između toplote i temperature.

Provera valjanosti ovih eksperimenta i njihov doprinos boljem shvatanju, ostavljamo kao predlog budućih istraživanja koja bi se sprovela u nastavi.

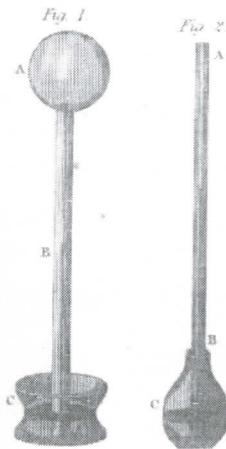
2.2. ŠTA JE TO TEMPERATURA?

Temperatura je fizička osobina sistema koja leži u suštini našeg osećaja za hladno i toplo pa se za telo koje ima višu temperaturu kaže da je toplije. Ona predstavlja stepen zagrejanosti nekog tela.

Fizički gledano **temperatura je merilo srednje kinetičke energije čestica u materiji, dakle, merilo unutrašnjeg atomskog i molekuskog kretanja u makroskopskim objektima**. Iz toga je jasno da se temperatura može definisati samo za veliki broj čestica, dakle, temperatura je kolektivna osobina materije.

2.3. ISTORIJA MERENJA TEMPERATURE

Merenje temperature je relativno nov pojam. Naučnici su i ranije razumeli razliku izmedju "vruće" i "hladno", ali nisu imali metod za brojčano predstavljanje različitih stepena topote sve do 17-og veka. Prvi koji je pokušao da meri temperaturu putem uredjaja bio je Galen (170 god. p.n.e.). On je imao uredjaj sa rasponom skale sa četiri stepena za toplo i četiri stepena za hladno. Najraniji merni instrumenti za temperaturu su nazivani termoskopi. 1597.godine Italijanski astronom Galileo Galilej (1564 – 1642) izumeo je prost voden termoskop, uredjaj koji se sastojao iz duge staklene cevi koja se nalazila u hermetički zatvorenoj tegli obrnutoj naglavačke u kojoj su se nalazili vazduh i voda. Kad bi se boca zagrejala vazduh bi se širio, pritisak rastao, te se tečnost podizala u cevi. Nekoliko godina kasnije Italijanski fizičar i pronalazač Santorio unapredio je Galilejev termoskop, dodao je numeričku skalu na termoskop. Preko ovih ranijih termoskopa nauka je uznapredovala i stiglo se do danasnjih modernih termometara. Današnji moderni termometri se baziraju na činjenici da se neke tečnosti šire kada se greju. Kako tečnost u termometru upija toplotu, ona se širi, zauzima veću zapreminu čime nivo tečnosti u cevi da raste. Kada se tečnost ohladi, ona se skuplja, zauzima manju zapreminu pa nivo tečnosti opada. Pošto je temperatura relativna mera, moraju da se koriste skale zasnovane na referentnim tačkama da bi se tačno izmerila temperatura. Danas postoje tri osnovne temperaturne skale koje se koriste za merenje temperature: Farenhajtova ($^{\circ}\text{F}$) skala, Celziusova ($^{\circ}\text{C}$) skala i Kelvinova skala (K). Svaka od ovih skala je različito podešena po podeocima tj. referentnim tačkama.



Slika 2.1. Galilejev termoskop

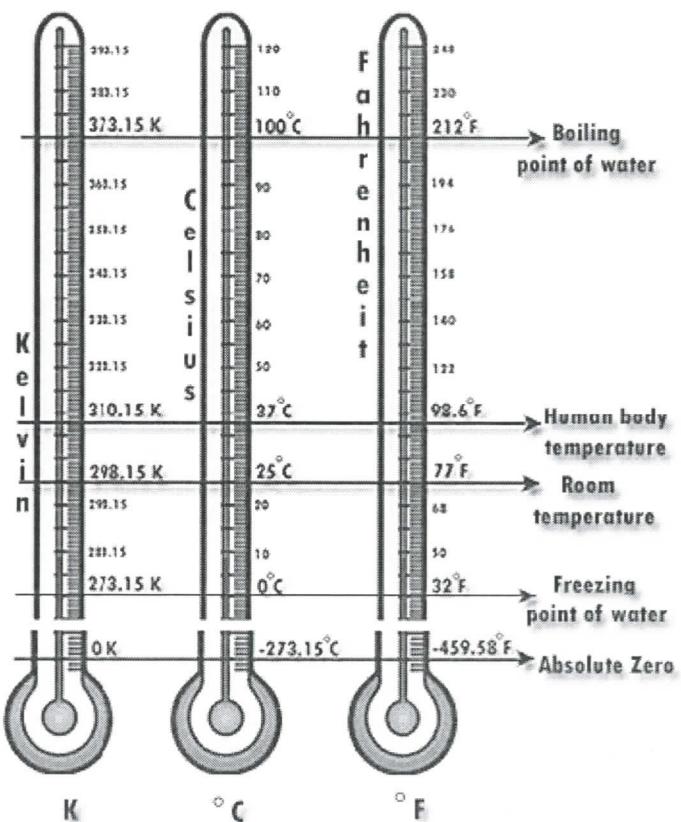
2.4.

TEMPERATURNE SKALE

Gabriel Farenhajt (1686 - 1736) je bio Nemački fizičar, izumeo je termometar u koji je ubacio alkohol 1709. godine, da bi kasnije 1714. godine alkohol zamenio živom. Farenhajt je 1724. godine uveo i temperaturnu skalu u upotrebu. Farenhajtova skala je bila zasnovana na tome da je temperatura mešavine leda, vode i soli bila podešena na 0 F. Temperatura mešavine leda i vode (bez soli) je bila podešena na 30 F a temperatura ljudskog tela je bila podešena na 96 F. Koristeći ovu skalu Farenhajt je izmerio temperaturu ključale vode na 212 F. On je kasnije korigovao tačku mržnjenja za vodu i umesto 30 F uzeo je 32 F. Prema tome razlika izmedju tačke mržnjenja i tačke ključanja vode je 180 F. Farenhajtova skala se još uvek koristi u SAD-u.

Anders Celzijus (1701-1744) je bio Švedski astronom, izumeo je skalu temperature, koju po njemu nazivamo Celzijusovom skalom, uzevši 1742. za tačku ključanja vode 0°C , a za tačku topljenja leda 100°C . Pet godina kasnije, kolege s opservatorije u *Upsali* su preokrenule skalu i dale joj današnji "centigradni" oblik. Danas se u svakodnevnom životu najčešće koristi upravo Celzijusova skala, npr. u meteorologiji, zdravstvu itd. U termodinamici, međutim, temperatura se najčešće mera na apsolutnoj ili Kelvinovoj skali.

Lord Vilijam Kelvin (1824-1907) je bio Škotski fizičar koji je 1854. smislio svoju skalu. Kelvinova skala je bazirana na ideji *apsolutne nule*, to je najniža moguća temperatura od koje ništa ne može biti hladnije, jer tada u sistemu nema topotne energije. Jedini oblik kretanja koji na apsolutnoj nuli poseduju atomi i molekuli su oscilacije nulte tačke (zero-point energy) nametnute kvantno mehaničkim principom neodredjenosti. Kelvinova skala koristi iste podeoke kao i celzijusova skala, stim da je apsolutna nula na Celzijusovoj skali jednaka $-273,15^{\circ}\text{C}$. Tačka mržnjenje vode je stoga $273,15\text{ K}$, a $373,15\text{ K}$ je njena tačka ključanja. Kelvinova skala je baš kao i Celzijusova skala standardna u (SI) međunarodnom sistemu jedinica.



Slika 2.2. Uporedjivanje Kelvinové, Celzijusove i Farenhajtovе skale.

Rene Antoine Ferchault de Reaumer (1673-1757) je bio Francuski fizičar, koji je koristio alkoholni termometar da bi merio temperaturu. U Francuskoj i većem delu Evrope izuzev Britanije i Skandinavije, dugo se koristio alkoholni termometar sa Reomirovom temperaturnom skalom, sa jednom fiksnom tačkom – tačkom mržnjenja vode. Uporedjujući pokazivanja Amontonsovog gasnog termometra sa pokazivanjima alkoholnog termometra, Reomir je odredio stepen širenja gasa pri promeni temperature za jedan stepen, pa označavajući nulom tačku mržnjenja vode, termometar je napunio takvim rastvorom alkohola i vode, da je njegova zapremina u tački mržnjenja bila 1000, a u tački ključanja rastvora je predstavljala 80°R .

Nepraktičnost metode kalibracije rastvaranjem alkohola u vodi uslovila je 1770. god. korišćenje samo tačke mržnjenja vode (0°R) kao fiksne tačke, dok se druga tačka (80°R) odredjivala temperaturom ključanja vode. Podeoci na skali nazivani su stepenima Reomira. Zanimljivo je to da se u Pariskoj opservatoriji dugi niz godina temeperatura merila u stepenima Reomira.

3.

TEORIJSKI DEO

Gradja ovog izlaganja prilagodjena je uglavnom nastavnom planu i programu za osnovne škole. Sadrži izbor osnovnih pojmoveva, činjenica i zakona koji se kontinuirano javljaju od šestog do osmog razreda osnovne škole. Radi efikasnije realizacije sadržaja ove oblasti fizike, te potpunijeg i trajnijeg sticanja znanja, koncepcija rada se bazira na dve strane nastave: na teorijskom pristupu i praktičnim rešenjima kroz eksperimentalne vežbe.

3.1. UNUTRAŠNJA ENERGIJA

Energija koja zavisi od strukture i stanja tela (sistema) i predstavlja ukupan zbir energija njegovih sastavnih čestica naziva se **unutrašnja energija**. Unutrašnja energija tela obuhvata kinetičku energiju toplotnog kretanja čestica koje ulaze u sastav sistema (molekula, atoma, jona i dr.), potencijalnu energiju čestica uslovljenu medjumolekulskim silama, kinetičku i potencijalnu energiju elektrona u atomima i, najzad, energiju nukleona u atomskim jezgrima.

Formula za izračunavanje unutrašnje energije tela u opštem slučaju ima veoma složen oblik. U određenim slučajevima može da ima veoma jednostavnu formu kao, na primer, kod modela idealnog gasa. Unutrašnju energiju idealnog gasa čini kinetička energija haotičnog translatorskog kretanja njegovih molekula.

Srednja kinetička energija jednog molekula idealnog gasa iskazuje se formulom:

$$(3.1) \quad \bar{E}_K = \frac{1}{2} m v_{srk}^2 = \frac{3}{2} kT.$$

Ako idealan gas sadrži N molekula, njegova unutrašnja energija biće:

$$(3.2) \quad U = N\bar{E}_K = \frac{3}{2} N kT.$$

Jedinica unutrašnje energije je džul. Za jedan mol idealnog gasa dobija se:

$$(3.3) \quad U = \frac{3}{2} N_A kT = \frac{3}{2} RT.$$

Unutrašnja energija idealnog gasa srazmerna je apsolutnoj temperaturi. Ona ne uključuje kinetičku energiju koju može imati gas ako se kreće kao celina, niti potencijalnu energiju koju gas poseduje ako se nalazi u polju spoljašnjih sila.

Promena unutrašnje energije je proces razmene unutrašnje energije izmedju tela bez promene spoljašnjih parametara.

Promena unutrašnje energije idealnog gasa zavisi samo od razlike konačne i početne temperature:

$$(3.4) \quad \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} N k(T_2 - T_1) \equiv \frac{3}{2} n R \Delta T.$$

3.2. APSOLUTNA TEMPERATURA

Temperatura je fizička veličina kojom se izražava toplotno stanje neke materije i jedna je od osnovnih veličina u termodinamici. Ona zavisi od toga koliko neko telo određene mase i pritiska sadrži unutrašnju energiju. Temperatura ne može prelaziti s tela na telo, nego prelazi toplota, i ona predstavlja samo stepen zagrejanosti tela.

Poznato je da se pri zagrevanju gasa brzina njegovih molekula povećava, a pri hladjenju smanjuje. Teorijskim razmatranjem se došlo do zaključka da bi na određenoj temperaturi prestalo kretanje molekula. Ova temperatura iznosi tačno $-273,15^{\circ}\text{C}$, i naziva se **apsolutna nula**. Znači apsolutna temperatura je ona na kojoj prestaje kretanje molekula (kinetička energija i brzina jednaka nuli). Ovu temperaturu je Engleski fizičar William Tompson (Lord Kelvin) uzeo 1849. godine kao početak međunarodne termodinamičke skale ili kasnije nazvane Kelvinove skale. Danas je ona postala zvanična temperaturna skala u fizici. Temperatura merena u odnosu na apsolutnu nulu naziva se APSOLUTNA TEMPERATURA, obeležava se sa T i predstavlja jednu od sedam osnovnih veleičina SI SISTEMA jedinica.

U tabeli 1. su navedeni odnosi između pojedinih temperaturnih skala.

Pretvaranje	U	Formula
Kelvini	stepene Celzijusa	${}^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$
Celzijus	stepene Kelvina	$\text{K} = {}^{\circ}\text{C} + 273,15$
Kelvin	stepene Farenhajta	$\text{F} = \text{K} \times 1,8 - 459,67$
Farenhajt	stepene Kelvina	$\text{K} = (\text{F} + 459,67) / 1,8$
Kelvini	Elektronvolte	$\text{K} / 11.604,5 = \text{eV}$
Elektronvolt	stepene Kelvina	$\text{eV} \times 11.604,5 = \text{K}$

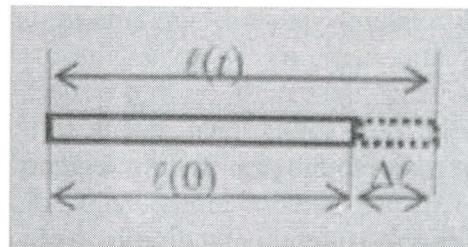
Tabela 1.

3.3. TERMIČKO ŠIRENJE TELA

Termičko širenje tela javlja se kao posledica reakcije na temperaturu. Ima dosta primera kojima se može pokazati širenje tela pri zagrevanju. Gumena lopta i dečiji balon, npr., povećavaju zapreminu pri zagrevanju.

Eksperimentalno je utvrđeno da je izduženje Δl metalne šipke dužine l pri povećanju temperature za Δt srazmerno dužini šipke pre zagrevanja i promeni temperature, tj. da je :

$$(3.5) \quad \Delta l = a \cdot l \cdot \Delta t.$$



Slika 3.1. Metalna šipka dužine ℓ .

Ako je dužina šipke na temperaturi 0°C jednaka $\ell(0)$, a na nekoj temperaturi t jednaka $\ell(t)$, tada se može napisati da je :

$$(3.6) \quad l(t) = l(0) + \Delta L = l(0) + \alpha \cdot l(0) \cdot \Delta t = l(0)(1 + \alpha \cdot \Delta t) = l(0)(1 + \alpha \cdot (t - 0^{\circ}\text{C})) = l(0)(1 + \alpha \cdot t)$$

Ovakav način termičkog širenja tela naziva se linearne termičko širenje i izraženo je kod tela kod kojih je jedna dimenzija tela mnogo veća od ostalih. Koeficijent srazmernosti α se naziva koeficijent linearne termičkog širenja i na osnovu prethodnih izraza je jednak :

$$(3.7) \quad \alpha = \frac{\Delta L}{l} \cdot \frac{1}{\Delta t}.$$

Tela se pri zagrevanju šire bez obzira na njihovo agregatno stanje. Širenje se objašnjava povećanjem brzine kretanja molekula tela, što ima za posledicu povećanje njihovog medjusobnog položaja. Znači, pri zagrevanju tela dolazi do udaljavanja molekula, a usled toga se povećava zapremina tela. Pri hladjenju dolazi do obrnutog procesa, a kao posledica nastaje skupljanje tela. Izuzetak čine antimon, bizmut i voda. Izuzetno (nepravilno) ponašanje vode pri zagrevanju vode poznato je kao anomalijski vod. Zapremina vode je najmanja na temperaturi od $+4^{\circ}\text{C}$ (tada je gustina vode najveća).

Širenje tela pri zagrevanju može imati štetne posledice, pa je to vrlo značajno u tehnici i svakodnevnom životu. Primeri negativnih posledica : krivljenje mostova, železničkih šina tokom žarkih , itd.

3.4. PRENOŠENJE UNUTRAŠNJE ENERGIJE

Ako dva fizička tela imaju istu temperaturu ona su u toplotnoj ravnoteži i u tom slučaju ne postoji transfer toplotne energije među njima). Ako je jedno telo toplije (ima višu temperaturu), javlja se transfer toplotne energije od toplijeg ka hladnjem, na tri moguća načina: **kondukcijom (prenošenjem)**, **konvekcijom (strujanjem)**, i **zračenjem**. Spontani prenos topline sa hladnjeg na toplije telo nije moguć.

Razmena topline:

1. kondukcijom se odnosi na direktni kontakt dva fizička tela. Proces prenošenja unutrašnje energije sa molekula na molekul naziva se provođenje.
2. Konvekcija podrazumeva neki fluid, kao medijum, koji se zagreva kondukcijom i prenosi toplotu drugom čvrstom telu na isti način. Stanovi se greju pretežno konvekcijom toplote: peć ili radijator zagreva vazduh, koji strujanjem ide do drugih tela i prenosi na njih toplotu kondukcijom.
3. Zračenjem se prenosi toplota između dva udaljena fizička tela bez posredstva nekog medijuma. Na ovaj način Sunce zagreva Zemlju.



Slika. 3.2. Prenos toplote sa Sunca na Zemlju putem Sunčevih zraka – *zračenjem*.

3.5. KOLIČINA TOPLOTE

Kada su dva tela (sistema) sa različitim temperaturama u toplotnom kontaktu, izmedju njih postoji razmena toplote. Razmena toplote se odvija sve dok se temperature tih tela ne izjednače. Za određivanje promene unutrašnje energije tela pri razmeni toplote uvedena je veličina – *količina toplote*.

Kvantitativna mera promene unutrašnje energije pri razmeni toplote naziva se količina toplote:

Količina toplote koju neko telo primi ili otpušta zavisi od mase, njegovih toplotnih svojstava i promene temperature:

$$(3.8) \quad Q = cm\delta T$$

- C je specifični toplotni kapacitet tela.
- δT je razlika konačne i početne temperature.
- m je masa tela.

Jedinica za količinu toplote ista je kao i za energiju, odnosno rad. Znači :

$$(3.9) \quad [Q] = [E] = [A] = J.$$

Do 1980. godine bilo je dozvoljeno da se kao jedinica količine toplote koristi kalorija (cal) pri čem je $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$. Kalorija predstavlja onu količinu toplote koju treba dodati jednom gramu destilovane vode da bi se njena temperatura povećala sa $14,5$ na $15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.6. TOPLOTNI KAPACITET TELA

Toplotni kapacitet je fizička veličina koja pokazuje sposobnost tela za skladištenje toplote, a definiše se kao odnos količine toplote koja se doda telu i promene njegove temperature koja zbog toga nastaje. Razlikujemo toplotne kapacitete pri stalnom pritisku (p) i pri stalnoj zapremini (v):

$$(3.10) \quad C_p = \left(\frac{Q}{T_2 - T_1} \right)_p = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right)_p ;$$

$$(3.11) \quad C_v = \left(\frac{Q}{T_2 - T_1} \right)_v = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right)_v$$

Merna jedinica za toplotni kapacitet u sistemu SI je džul po kelvinu (J/K).

Molarni toplotni kapacitet ili kapacitet po molu materije;

$$(3.12) \quad c_{p,v, mol.} = \frac{C_{p,v}}{n} = \frac{1}{n} \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right)_{p,v}$$

Merna jedinica u SI sistemu je džul po mol-kelvinu (J/molK).

Ako toplotni kapacitet podelimo sa masom tela dobijamo specifični toplotni kapacitet (kapacitet po jedinici mase):

$$(3.13) \quad c_{p,v} = \frac{C_{p,v}}{m} = \frac{1}{m} \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right)_{p,v} ; \quad \text{merna jedinica SI je džul po kilogram kelvinu (J/kgK).}$$

Molarni toplotni kapaciteti elemenata se na dovoljno visokoj temperaturi ($\sim 300 \text{ K}$) međusobno vrlo malo razlikuju i kreću se oko 26.12 J/molK .

Specifična toplota u mnogome zavisi pod kojim uslovima se meri. Tako, na primer, ako merimo specifičnu toplotu gasova pri stalnom pritisku ili stalnoj zapremini dobijamo različite vrednosti.

Majerova relacija daje vezu između $c_{p,\text{mol.}}$ i $c_{V,\text{mol.}}$ idealnog gasa:

$$(3.14) \quad C_p - C_v = nR$$

$$(3.15) \quad c_{p,\text{mol.}} - c_{v,\text{mol.}} = R$$

gde je n količina materije izražena u broju molova, a R je gasna konstanta, $R = 8,314 \text{ J/molK}$.

Toplota koju je potrebno dovesti materiji jedinične mase da bi se promenilo njeni agregatno stanje ne predstavlja specifičnu toplotu, budući da temperatura tela za to vreme ne raste, već se naziva latentnom toplotom.

3.7. GASNI ZAKONI

Za potpuno određivanje stanja idealnog gasa treba istovremeno poznavati veći broj parametara: količinu (kocentraciju gasa), pritisak, zapreminu i temperaturu gasa. Posebnu ulogu u fizici i tehniци imaju tri vrste procesa: izotermски, koji se odvijaju pri stalnoj temperaturi, npr. **Bojl-Mariotov** zakon, izohorski procesi pri kojima se ne menja zapremina - **Šarlov zakon** i izobarski procesi pri konstantnom pritisku – **Gej-Lisakov zakon**.

3.7.1. BOJL-MARIOTOV ZAKON



Slika 3.3. Boyle Robert i Mariotte Edme.

U drugoj polovini sedamnaestog veka Bojl Robert (**Boyle Robert, 1627-1691**), engleski fizičar i hemečar, i Mriot Edme (**Mariotte Edme 1620-1684**) francuski fizičar, nezavisno jedan od drugog, proučavali su ponašanje gasova pri izoternskim uslovima, odnosno uzajamnu zavisnost pritiska i zapremine pri stalnoj vrednosti

temperature. Eksperimentalnim putem su ustanovili da za izotermske procese važi relacija:

$$(3.16) \quad {}_pV = \text{const}, z aT = \text{const}.$$

odnosno, proizvod pritiska i zapremine odredjene količine gasa pri stalnoj temperaturi je konstantan. Ova relacija je kasnije nazvana **Bojl-Mariotov zakon**.

Ili

Na osnovu ove relacije možemo zaključiti da su pritisak i zapremina određene količine gasa pri stalnoj temperaturi obrnuto srazmerni.

$$(3.17) \quad p = \frac{\text{const.}}{V}; V = \frac{\text{const.}}{p}; T = \text{const.}$$

3.7.2.

ŠARLOV ZAKON



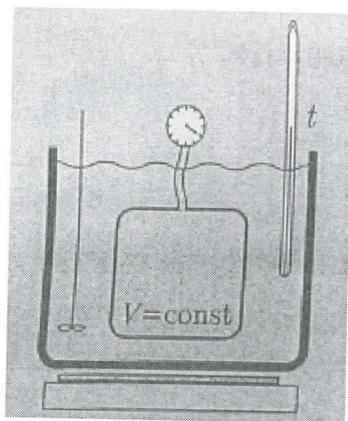
Slika 3.4. Charles Jacques Cesar

Zavisnost pritiska od temperature prvi je eksperimentalno proučavao franciski fizičar Šarl (**Charles Jacques Cesar, 1746-1823**). Ustanovio je zakon, kasnije nazvan po njemu Šarlov zakon.

Pri konstantnoj zapremini i nepromenjenoj količini gasa, količnik pritiska i temperature je konstantan.

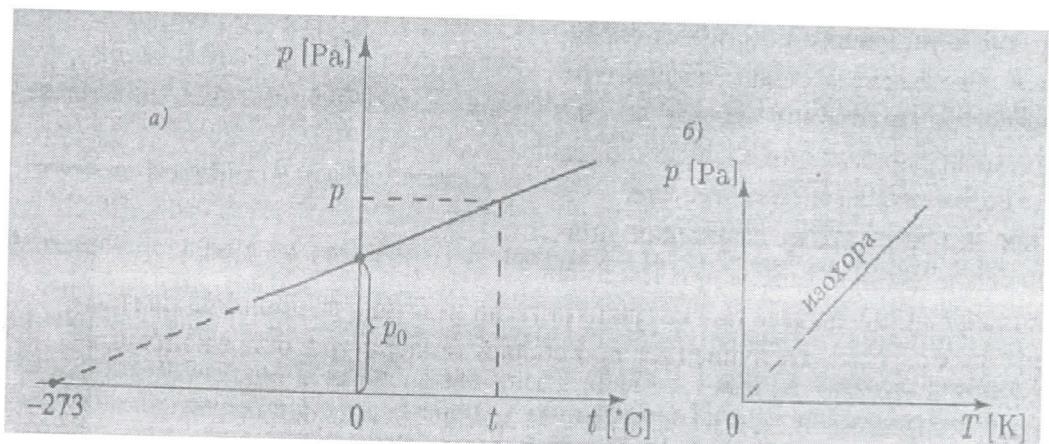
$$(3.18) \quad \frac{P}{T} = \text{const}, V = \text{const}, N = \text{const}$$

Šarlov zakon se može eksperimentalno prikazati pomoću aparature prikazane na slici 3.5. Određena količina gasa (vazduha) nalazi se u staklenom sudu (balonu) stalne zapremine koji je spojen sa metalnim manometrom. Temperatura gase se menja grejanjem vode u kojoj se nalazi balon s gasom i očitava se na termometru. Pritisak gase se meri manometrom.



Slika 3.5.

Rezultati merenja su prikazani u p,t i p,T dijagramima na slici 3.6. U prvom dijagramu je prikazana zavisnost pritiska gase od temperature u Celzijusovim stepenima ($^{\circ}\text{C}$), a u drugom zavisnost pritiska od absolutne temperature izražene u Kelvinima (K).



Slika 3.6.

Svaka tačka (par vrednosti pritiska i temperature) u jednom i drugom dijagramu predstavlja stanje gase.

Na osnovu ogleda zaključuje se : **sa повиšењем температуре пovećава се притисак и та зavisност има linearni karakter (права линија).**

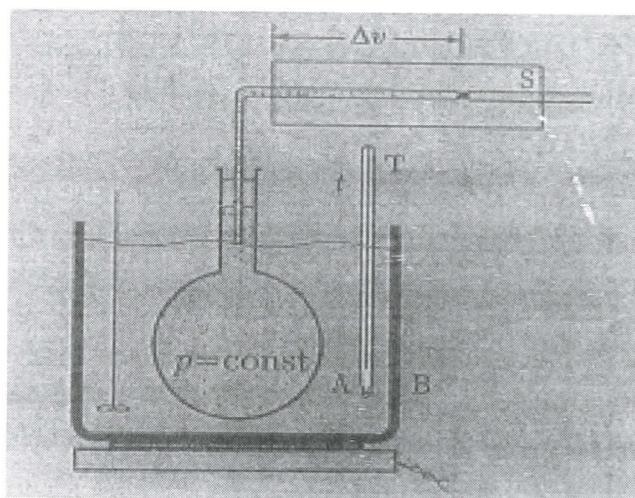
3.7.3.

GEJ-LISAKOV ZAKON



Slika 3.7. Gay-Lussac

Gej-Lisak (**Gay-Lussac, 1778-1850**) francuski fizičar i hemičar, te član Pariske akademije nauka, eksperimentalno je proučavao zavisnost zapreminе gasa od temperature pri stalnom pritisku ($p = \text{const}$). Pribor koji je koristio prikazan je na slici 3.8. i naziva se dilatometar. Sastoјi se iz šireg suda napunjenoг vodom u kome se nalazi sud napunjen gasom. Obično je to stakleni balon, kroz čiji otvor prolazi staklena cev savijena pod pravim uglom. Iza horizontalnog dela ove cevi nalazi se skala čiji jedan podeljak najčešće označava zapreminу cevi od 1 cm^3 . Cev je zatvorena kapljicom žive koja se, zavisno od zapreminе gasa, pomera u horizontalnom delu cevi i to praktično bez trenja. Kada se u sud sa vodom unese dovoljna količina leda, posle izvesnog vremena temperatura vode u njemu i gase u staklenom balonu, biće 0°C . Tada položaj živine kapljice označava zapreminу V_0 . Postepenim zagrevanjem temperatura gase se povećava i kapljica žive se pomera udesno, što ukazuje na širenje gase u sudu. Zanemarujući širenje staklenog balona, promena zapreminе gase V očitava se na skali S . To se ponavlja za nekoliko vrednosti temperature, recimo u intervalu od 0 do 80°C .



Slika 3.8.

Na osnovu rezultata merenja zaključuje se : **promena zapreminе određene količine gase pri stalnom pritisku, upravo je srazmerna promeni temperature gase i zapremini gase V_0 na 0°C , to jest :**

$$(3.19) \quad V - V_0 \sim (t - t_0).$$

Ako uzmemo da je $t = 0^\circ\text{C}$, onda je $V - V_0 \sim V_0 t$, odnosno $V - V_0 = \gamma V_0 t$.

Odavde se dobija matematički oblik Gej-Lisakovog zakona, izražen preko temperature u Celzijusovim stepenima ($^\circ\text{C}$):

$$(3.20) \quad V = V_0 (1 + \gamma t).$$

Koeficijent γ je termički koeficijent širenja gase i za sve gasove iznosi

$$(3.21) \quad \gamma = \frac{1}{273,15^\circ\text{C}}$$

Uključujući vrednosti termičkog koeficijenta širenja gase i absolutnu temperaturu, Gej-Lisakov zakon se može napisati u drugom obliku :

$$(3.22) \quad V = \frac{V_0}{T_0} \cdot T, p = \text{const.}$$

Zapremina određene količine gase pri stalnom pritisku upravo je srazmerna njegovoj absolutnoj temperaturi.

Treba naglasiti da Gej-Lisakov zakon kao i predhodna dva gasna zakona Bojl-Mariota i Šarla, važi samo za idealne gasove.

3.7.4. AVOGADROV ZAKON I JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA

Opšta jednačina stanja idealnog gasa:

$$(3.23) \quad pV = NkT,$$

pokazuje da stanje u kom se nalazi određena količina gase karakterišu: pritisak, zapremina i temperatura. Ove veličine nisu nezavisne, a njihova povezanost matematički je izražena predhodnom jednačinom.

Postavlja se pitanje kolika je ta *određena količina gase*. Količina supstancije je osnovna fizička veličina i njoj odgovara osnovna jedinica međunarodnog sistema SI mera – **mol**. A šta predstavlja jedan mol? U definiciji стоји да је то **količina supstancije која има исти број ћестица – онолико колико има атома у мази од 0,012 kg угљеника ^{12}C** .

Ova definicija se može i drugačije protumačiti. Jedan mol svake supstancije nezavisno od uslova u kojima se ona nalazi (npr. agregatno stanje), ima isti broj elementarnih jedinki.

$$(3.24) \quad N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

Ovaj gore navedeni broj predstavlja **Avogadrov broj**. Prevedeno na stanje gasa, Avogadrov zakon možemo definisati na sledeći način: **na istim temperaturama i pritisku, jednake zapremine različitih gasova sadrže isti broj molekula**.

Ako neki uzorak (gas u sudu i sl.) sadrži N molekula, onda se može definisati količina supstancije (broj molova) u tom uzorku :

$$(3.25) \quad n = \frac{N}{N_A}.$$

Pomoću ovog broja, opšta jednačina **stanja idealnog gasa** glasi :

$$(3.26) \quad pV=nRT,$$

gde je $R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$ univerzalna gasna konstanta.

Ova jednačina je specifična relacija koja povezuje sve veličine (n, p, V, T) koje karakterišu jedno stanje idealnog gasa.

3.8. TERMODINAMIKA

Termodinamika je deo fizike koja proučava relaciju između toplote i rada tj., proučava toplotu kao oblik energije i procese u različitim pojавama praćene toplotnim efektima.

Pojave koje su uslovljene zagrevanjem ili hladjenjem tela, prelaskom tela iz jednog agregatnog stanja u drugo, poput topljenja i ključanja, kao i neki hemijski procesi praćeni promenom toplotnog stanja nazivaju se **toplote pojave**. Prvobitni pojmovi o toplotnom stanju tela nastali su kao rezultat subjektivnih osećaja koje izazivaju zagrejana tela. Brojni su primeri načina zagrevanja tela kao: zagrevanje trenjem, sabijanjem, sudarom, savijanjem itd. To su primeri kada se spoljašnjom silom savladava neki otpor, a kao posledica toga nastaje toplota. Toplota može nastati utroškom mehaničkog rada, prolaskom električne struje kroz neki otpornik u nekim hemijskim procesima itd.

Tokom vremena toplota je objašnjavana na razne načine. Savremena fizika objašnjava toplotu molekularnim kretanjem supstance. Na osnovu naučnih rezultata u 19. I početkom 20. veka omogućeno je da se ustanovi veličina, masa i brzina kretanja molekula. Konačno je oformljena **molekularno-kinetička teorija** o strukturi materije što je bilo potvrđeno mnogim eksperimentima. Osnovne postavke ove teorije su sledeće:

- Sva materija se sastoji od molekula, izmedju kojih se nalazi međumolekularni prostor.
- Molekuli se nalaze u neprekidnom haotičnom kretanju.
- Medju molekulima deliju privlačne i odbojne sile (međumolekularne sile). Jačine ovih sila su izrazite samo pri malim rastojanjima i tada znatno utiču na kretanje molekula. Ove sile naglo počinju opadati sa povećanjem rastojanja medju molekulima, pa se na vecim rastojanjima i zanemaruju

U dosadašnjem izlaganju prikazane su razne pojave i procesi u kojima se manifestuju toplotna svojstva tela. U mnogim od njih pod uticajem toplote, pored promene stanja tela vrši se i mehanički rad.

Nasuprot ovakvim tumačenjima, termodinamika operiše metodama u kojima se uglavnom ne vodi računa o unutrašnjem sastavu tela. U termodinamici se primenjuju makroskopski pojmovi kao što su: temperatura, pritisak, zapremina, gustina i td. Ove makroskopske veličine se mogu direktno meriti, za razliku od mikroskopskih veličina (brzina, veličina, energija molekula, itd.) koje se tretiraju u kinetičkoj teoriji.

Pojmovi važni za termodinamiku su: termodinamički sistem, termodinamička ravnoteža, stanje sistema, procesi itd.

Termodinamički sistem može biti određena količina supstancije (u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju), ograničena spoljašnjim površinama, kao na primer: gas u cilindru, metal itd.

Stanje sistema se karakteriše numeričkim vrednostima nezavisno promjenjivih, koje predstavljaju termodinamičke koordinate. Takve veličine su najčešće: temperatura, pritisak, zapremina itd.

Ako se neki od ovih parametara menja kažemo da se sistem nalazi u procesu. Znači **procesi** su svaka promena termodinamičkih koordinata.

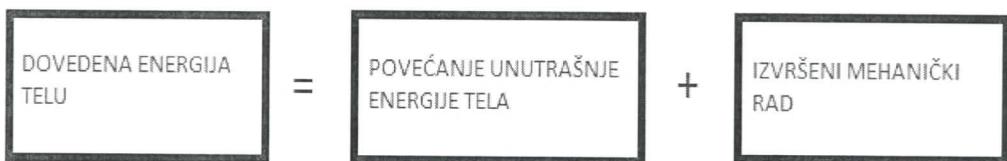
Kada karakteristične veličine ostaju nepromenjive sistem je u **ravnoteži**. To je konačno ustaljeno stanje jednog izolovanog homogenog sistema u kome su termodinamičke koordinate jednake u svim tačkama.

3.8.1. PRVI PRINCIP TERMODINAMIKE

Prvi princip termodinamike je varijanta univerzalnog zakona fizike o održanju energije.

Matematička formulacija prvog principa termodinamike nije ništa drugo nego zakon održavanja energije primjenjen na termodinamički sistem. Prvi princip termodinamike glasi: *energija se ne može ni stvoriti ni izgubiti ali se može transformisati iz jednog oblika u drugi.*

Kada bi se gasu koji se nalazi u sudu sa pokretnim klipom dovela energija (toplota) Q ona bi se delimično utrošila na povećanje unutrašnje energije (gas bi se zagrejao), a delimično na vršenje rada (klip bi se podigao), pa bi se primenom zakona održanja energije moglo zaključiti da je:



$$(3.27) \quad Q = U + A$$

- Q - je dovedena energija telu
- U - je povećanje unutrašnje energije tela
- A - je izvršeni mehanički rad

Postoji više mogućih vrsta rada: rad sile pritiska, rad električnih sila u hemijskoj bateriji, rad elektromagnetskih sila itd.

Ako se radi o mehaničkom radu pod silama pritiska, kao što je slučaj u klasičnoj termodinamici, izraz za priraštaj toplotne energije glasi:

$$(3.28) \quad \delta A = -p_{ext} dV$$

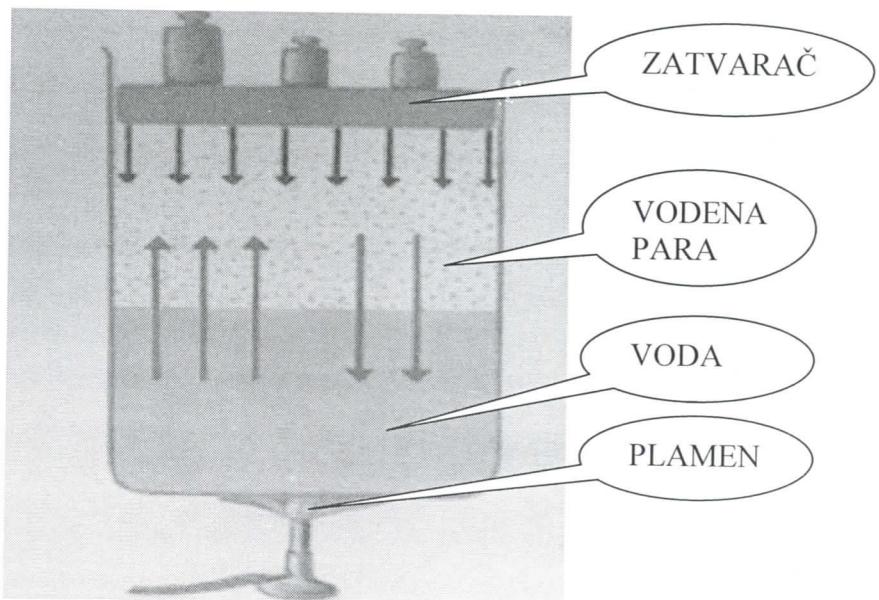
- p_{ext} – je spoljašnji pritisak
- dV – je beskonačno mala promena zapremine

Posebno treba podvući značaj pretvaranja unutrašnje energije u mehanički rad, jer se na ovom procesu zasniva rad gasnih i parnih turbine, rad motora sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS motora) bez kojih se savremena industrija ne može zamisliti.

Robert Mauer je naučno formulisao i ustanovio kvantitativnu vezu izmedju rada i toplotne. On je ustanovio na osnovu eksperimenta (koji ovde neću opisivati) da postoji konstantan kvantitativan odnos izmedju rada i toplotne. Količnik toplotne i odgovarajućeg rada naziva se mehanički ekvivalent toplotne i obeležava se sa (I). Izračunata je i njegova numerička vrednost:

$$(3.29) \quad I = \frac{A}{Q} = 4,186 \frac{J}{cal} \quad \text{a} \quad (3.30) \quad A = I \cdot Q$$

Recipročna vrednost mehaničkog ekvivalenta toplotne je toplotni (termički) ekvivalent mehaničkog rada i njegova vrednost iznosi: $\frac{1}{4,186} = 0,299$.



Slika 3.9. Dovedena količina toplote jednom izolovanom sistemu pomoću plamena, jednim delom povećava njegovu unutrašnju energiju (vode) a drugi deo se pretvara u rad povećavajući broj čestica u parnoj na osnovu čijeg prisustva se povećava pritisak, koji deluje na zatvarač.

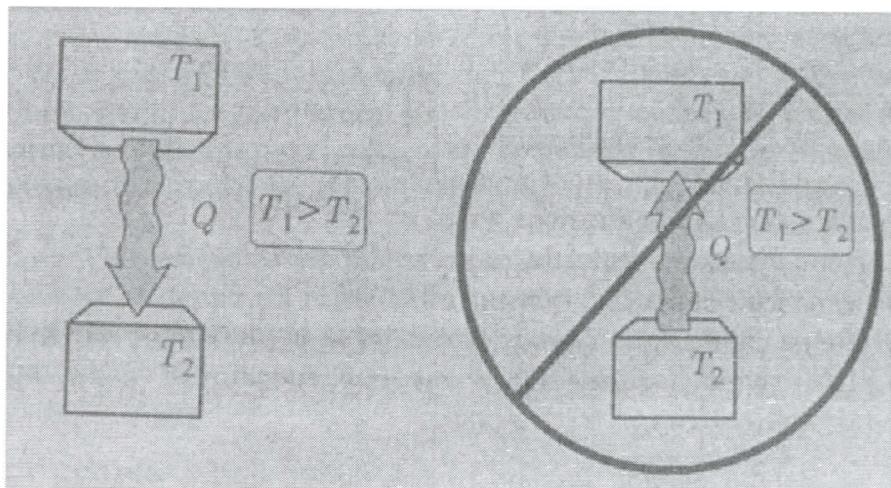
3.8.2. DRUGI PRINCIP TERMODINAMIKE

Svakodnevno iskustvo pokazuje da toplota spontano prelazi sa tela više na telo niže temperature. Međutim prvi princip termodinamike ne bi bio narušen ako bi, obrnuto, toplota prelazila i od tela niže na telo više temperature, pod uslovom da ukupna energija izolovanog sistema ostaje neizmenjena (konstantna). Praksa pokazuje da se takav proces spontano nikad ne dešava.

Prvi princip termodinamike dalje dopušta potpuno pretvaranje kako kinetičke energije u unutrašnju (pri sudaru tela, trenju i slično), tako i unutrašnje energije u kinetičku. To bi značilo da se telo koje se usled trenja zaustavilo (njegova kinetička energija u celini se pretvorila u unutrašnju energiju tela i okoline – podloge) može ponovo dovesti u kretanje, čak i da stekne istu onu brzinu koju je imalo pre zaustavljanja tela. Ili, na primer, da telo koje je palo sa odredjene visine može da se vrati na prvobitnu visinu na račun unutrašnje energije oslobođene prilikom udara u podlogu. Tako nešto, međutim, nikad se ne dešava.

Prema tome, može se zaključiti da se smer toplotnih procesa, njihova nepovratnost, ne može objasniti pomoću prvog principa termodinamike.

Smer topotnih procesa određuje drugi princip termodinamike. On može biti formulisan na više načina. Jedna od najjednostavnijih definicija ovog principa glasi: *toplota spontano prelazi samo sa tela više temperature na telo niže temperature, prelazak topote sa hladnijeg tela na toplije ne može se vršiti sam od sebe (spontano).* (slika 3.10.)

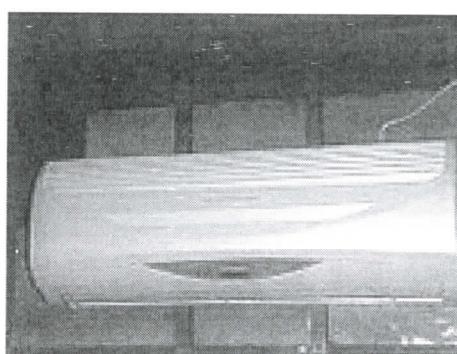


Slika 3.10. Toplota spontano prelazi sa tela više na telo niže temperature, obrnuti proces nije moguć.

Ako uzmemo u obzir činjenicu koja ukazuje na to da je nemoguće pretvoriti u rad svu količinu energije koju je primio termodinamički sistem, drugi princip termodinamike možemo definisati i na sledeći način: *ne postoji termodinamički proces u kojem bi jedini rezultat bio pretvaranje topote u rad.*

Kad bi takvi procesi bili mogući, rad bi se mogao proizvoditi korišćenjem topote iz mora i okeana ili iz nekog drugog topotnog rezervoara. Sva tela u prirodi, a naročito vode mora i okeana, atmosferski vazduh, Zemljina kora i drugo sadrže ogromne količine unutrašnje energije, ali je moguće samo deo te energije pretvoriti u koristan rad. Na osnovu toga nastala je još jedna formulacija drugog principa termodinamike: *nemoguće je konstruisati perpetuum mobile druge vrste*

Rashladni uređaji rade kao primena drugog principa termodinamike. Klima uređaji (slika 3.12.) hlade prostoriju na osnovu zagrevanja spoljašnjeg vazduha.



Slika 3.12. Klima uređaj.

3.8.3.

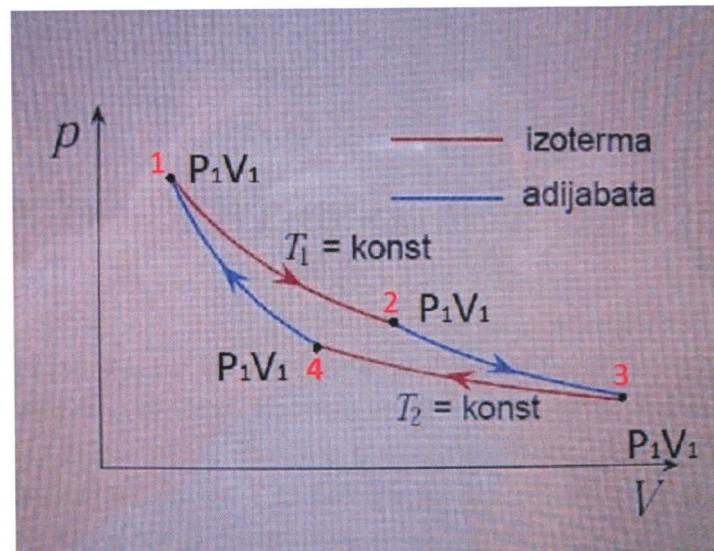
KARNOOV CIKLUS

Karno Sadi (Carnot Sadi, 1776 -1832) francuski inžinjer i fizičar, jedan je od osnivača makroskopske (fenomenološke) termodinamike . Teorijski je rešio problem ekonomičnosti parne mašine (1824). Da bi odredio uslov pod kojim određena količina toplote može da se transformiše u mehanički rad, Karko je primenio kružni proces, kasnije nazvan po njemu Karnooov kružni proces (Karnooov ciklus), na jednu idealnu toplotnu mašinu i odredio njen mehanički koeficijent korisnog dejstva. Na Karnooovom ciklusu zasnovan je rad toplotnih mašina.

Karnooov ciklus je idealizovani ciklus, pa se kao takav ne javlja u prirodi, ali je veoma značajan jer se njime na jednostavan način mogu objasniti mnogi složeni procesi. On daje uslov za maksimalno korišćenje toplote za dobijanje rada. Sastoji se u tome što je za vršenje rada toplotnom mašinom obavezan uslov da budu bar dva tela sa različitim temperaturama (jedno toplije, a drugo hladnije).

Za rad termičke mašine neophodan je prelazak toplote od tela sa višom temperaturom na telo sa nižom temperaturom. Naime, kada mašina daje izvesnu količinu rada onda je za taj rad potrebno dovesti izvesnu količinu toplote, ali ne samo onoliku koja je ekvivalentna tom radu, nego i veću, jer se izvesna količina toplote u tom procesu mora preneti na hladno telo (hladnjak). Znači izvršeni rad biće jednak razlici količine toplote dovedene od zagrejanog tela i količine toplote koja se mora preneti hladnjaju telu.

Karnooov ciklus se sastoji iz četri procesa, i to od dva izotermska i dva adijabatska, (Slika3 .13).



Slika 3.13.

Izotermski delovi ciklusa ostvaruju se pomoću dva toplotna rezervoara sa temperaturama T_1 i T_2 . Pri dodiru radnog tela s prvim toplotnim rezervoarom,

grejačem ($T_1 = \text{const}$), ono primi količinu toplote Q_1 , a u kontaktu s drugim termostatom, hladnjakom ($T_2 = \text{const}$), radno telo predaje količinu toplote Q_2 . Uzmimo da u početnom stanju gas (radno telo) u cilindru ima zapreminu V_1 , pritisak P_1 i temperaturu T_1 . Gas se prvo izotermički širi, pri tome vrši rad na račun topline Q_1 koje je primio od grejača. Ovaj proces grafički je predstavljen izotermom (krivom) 1-2 (slika 3.13).

Izoternski proces širenja prekida se pre nego što klip dodje do kraja cilindra. To stanje gasa ima parametre V_2 , P_2 , T_1 . U tom trenutku prekida se dovođenje topline cilindru i gas se širi adijabatski do zapremine V_3 , koja odgovara maksimalnom hodu klipa u cilindru (adijabata 2-3). Pri tome gas se hlađi do temperature T_2 .

Nakon ovoga ohlađeni gas se izoternski sabija pri temperaturi T_2 – temperatura drugog toplotnog rezervoara (hladnjaka) sa kojim se cilindar dovodi u toplotni kontakt za vreme ove faze procesa, sve dok se gas ne sabije do zapremine V_4 (izoterna 3-4). Pri izoternskom sabijanju gas je predao hladnjaku neku količinu topline Q_2 , jednaku izvršenom radu pri njegovom sabijanju.

Posle toga gas se sabija adijabatski do zapremine V_1 , kada njegova temperatura ponovo postaje T_1 (adijabata 4-1). Karooov ciklus time se zatvara i gas se vraća u početno stanje. Posle toga ciklus se može ponoviti

Na delu ciklusa 1-2-3 sile pritiska gase vrše rad ($A>0$), na putu 3-4-1 rad se vrši nad gasom ($A<0$). Na delovima 2-3 i 4-1 rad se vrši samo na račun promene unutrašnje energije gase. Budući da je $\Delta U_{23} = \Delta U_{41}$, to je i $A_{23} = -A_{41}$, pa je ukupan rad izvršen za jedan ciklus jednak razlici rada na delovima ciklusa 1-2 i 3-4. Brojna vrednost toga rada jednaka je površini koja je ograničena krivom ciklusa 1-2-3-4 (slika 3.13).

4. METODIČKE PRIPREME ZA IZVOĐENJE NASTAVE

Pošto je fizika prirodna nauka temeljena na eksperimentima, isti bi trebali biti središnji elemenat nastavnog procesa. Kako su profesionalna očigledna sredstva često nedostupna zbog lošeg materijalnog stanja u sferi obrazovanja, potrebno je iskoristiti sva sredstva iz svakodnevne prakse i okruženja te ih upotrebiti u nastavi i to na zanimljiv, poučan i maštovit način. To od nastavnika zahteva promišljen rad i dodatan trud kako bi sve dobro uskladio i svoj nastavni čas učinio interesantnim za učenike. Rezultat tog dodatnog napora je podsticanje učenika na aktivno sudelovanje u nastavi, a ne samo kao sudelovanje u vidu pasivnih posmatrača. Demonstrirati eksperiment veoma je bitan nastavni element i neophodan je za kvalitetnu nastavu, ali

često zbog nedostatka opreme, kako sam naveo na početku ovog poglavlja, učenici najčešće nemaju priliku da sami izvode eksperimente.

U slučaju pak da učenici sami izvode eksperimente, pokazalo se da je idealno raditi sa oko 20 učenika u razredu podeljene u četiri, pet grupa. Nastavnik je taj koji mora znati šta nastavom želi postići i na koji način (kako i kojim putem doći do cilja). Te na kraju jasno steći uvid u postignuće učenika kao i njihovu uspešnost u savladavanju eksperimentalnog sadržaja.

Neki nastavnici smatraju da je dobro nastavu fizike održati u blok časovima. Na taj način lakše obrade nastavni sadržaj jer se obrađuju u kontinuitetu i nije potrebno pospremiti pribor posle svakog časa. Tada se ima dosta vremena za izvođenje eksperimenata i za raspravu o njima. Prilikom provere znanja svaki učenik ima dovoljno vremena da reši zadatak.

Mnogi se ne slažu s time i uviđaju nedostatke u radu u blok časovima. Jedna od mana je što se tako stvara veliki vremenski razmak između dva blok časa fizike, a pogotovo onda ako na dan kada je po rasporedu fizika pada neki praznik. Sadržaji koji se obrađuju moraju biti povezani sa svakodnevnim iskustvom učenika da bi ih on mogao lako usvojiti.

Nastavni sadržaj predstavlja osnovu na kojoj se temelji učenje. Rezultat učenja ne bi trebalo biti samo usvajanje novih sadržaja, već bi se moralo steći nove mogućnosti ponašanja, razviti novi način razmišljanja i rešavanja problema. Kako bi se to postiglo, pred učenike se trebaju postaviti zadaci koje mogu rešiti uz napor »zdravim naprezanjem«. Kod izvođenja eksperimenta pred učenike ne treba staviti gotove činjenice već ih navesti da izraze svoje mišljenje i da predvide šta će se u eksperimentu dogoditi (**ovo govorim iz ličnog iskustva, mislim da se u učenju iz eksperimenta za najkraće vreme može najveća količina novih informacija o nekom pojmu ili činjenici steći, i plus to što će učenik u okviru svoje psihološke svesti steći dozu hrabrosti da je baš on inovator tih novih saznanja, a samim tim će postići maštu za još nešto više**). Lično mislim da je u nastavi fizike konceptualno razumevanje važnije od enciklopedijskog znanja i iz tog razloga razumevanju se mora dati prednost.

Nastavne celine vezane za unutrašnju energiju, odnosno toplotu, prema predloženom programu dolaze tek na kraju sedmog razreda kada su učenici već obradili neke pojmove vezane za termodinamiku kao što su to: rad, energija, snaga i pritisak. Kako su sve ove fizičke veličine, te i nastavne teme međusobno povezane u nastavku su navedene po predloženom redosledu:

1. Pritisak

Ključni pojmovi :pritisak, paskal (Pa)

Potrebitno predznanje: težina, površina.

Novi stručni pojmovi: pritisak, paskal (Pa), barometar.

Cilj nastave: učenik treba znati objasniti pojmom pritiska i rešavati jednostavne zadatke.

2. Rad

Ključni pojmovi: rad sile, džul (J).

Potrebitno predznanje: sila, dužina.

Novi stručni pojmovi: rad sile, džul (J)

Cilj nastave: učenik treba znati objasniti pojam rad, uočiti zavisnost rada o sili i putu kojem sila deluje, te znati primjenjivati matematičke izraze u primerima i zadacima.

3. Energija

Ključni pojmovi: energija, kinetička energija.

Potrebitno predznanje: energija, kinetička energija.

Cilj nastave: učenik treba znati objasniti pojam energija, izračunati energiju i rad.

4. Unutrašnja energija

Ključni pojmovi: unutrašnja energija, temperatura.

Potrebitno predznanje: energija, kinetička energija, potencijalna energija.

Novi stručni pojmovi: unutrašnja energija, temperatura.

Cilj nastave: učenik treba razlikovati i objasniti pojmove unutarnja energija, toplote i temperatura.

5. Toplotno širenje tela

Ključni pojmovi: toplotno širenje tela.

Potrebitno predznanje: temperatura, dužina, gustina materijala.

Novi stručni pojmovi: Anomalija vode, toplotno širenje tela.

Cilj nastave: učenik bi trebao znati povezati zavisnost gustine tela od temperature.

6. Merenje temperature

Ključni pojmovi: Celzijusov stepen ($^{\circ}\text{C}$), kelvin (K), apsolutna nula.

Potrebitno predznanje: merenje temperature, toplotno širenje tela.

Novi stručni pojmovi: Celzijusov stepen ($^{\circ}\text{C}$), kelvin (K), apsolutna nula.

Cilj nastave: učenik treba biti sposoban izmeriti temperaturu termometrom i izraziti je u različitim mernim jedinicama.

7. Prelaz topline

Ključni pojmovi: kondukcija, strujanje, zračenje.

Potrebitno predznanje: toplota, unutrašnja energija.

Novi stručni pojmovi: prelaz topline, kondukcija, strujanje, zračenje, dobri i loši provodnici topline, topotni izolatori.

Cilj nastave: učenik treba biti sposoban navesti i objasniti primere prelaza topline kondukcijom, strujanjem i zračenjem.

8. Merenje topline

Ključni pojmovi: specifični topotni kapacitet, džul po kilogramu i kelvinu, $\text{J}/(\text{kg K})$.

Potrebitno predznanje: toplota, temperatura, prenos topline.

Novi stručni pojmovi: specifični topotni kapacitet.

Cilj nastave: učenik treba biti sposoban objasniti i interpretirati pojam specifičnog topotnog kapaciteta.

9. Pretvaranje topline u rad.

Ključni pojmovi: zakon održanja energije.

Novi stručni pojmovi: zakon održanja energije.

Cilj nastave: učenik treba navesti primere iz života o pretvaranju rada u unutrašnju energiju.

Nastavni predmet: fizika

Nastavna jedinica: merenje temperature

ZADACI

Obrazovni:

- Učenik treba znati objasniti način rada termometra.
- Učenik treba znati izmeriti temperaturu termometrom i izraziti je u različitim mernim jedinicama.

Vaspitni:

- Razvijanje pozitivnog odnosa prema radu.
- Razvijanje spremnosti na saradnju i timski rad.

Funkcionalni:

- Uvežbavanje moći zapažanja i logičkog mišljenja.

ARTIKULACIJA ČASA

Uvodni deo: na početku će se postaviti problem koji će učenike zainteresirati za gradivo. Trajanje deset minuta.

Glavni deo: izvesti eksperiment i pomoći učenicima da reše nejasnoće koje se javljaju tokom eksperimenta. Trajanje trideset minuta.

Završni deo: zaključak i primena eksperimenta. Trajanje pet minuta.

OBLICI RADA

- Kombinovani

NASTAVNE METODE

- Monološka metoda
- Metoda demonstracije
- Metoda crtanja
- Metoda pisanja
- Metoda razgovora
- Eksperimentalna metoda

NASTAVNI PRIBOR I SREDSTVA

- Tabla
- Kreda
- Flašica sa gumenim čepom i staklenom cevčicom
- Obojena voda
- Grejač
- Termometar

TOK IZVOĐENJA NASTAVE

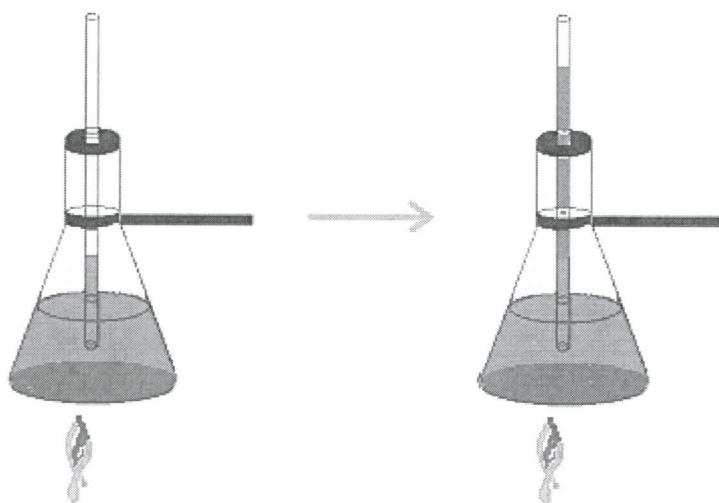
Nakon što se učenicima pokaže termometar, pokrene se rasprava pitanjima:

Zašto se, dok smo zagrejavali termometar, stub žive podigao?

Izvedimo eksperiment.

EKSPEKIMENT

Pribor: grejač, flašica, gumeni čep sa cevčicom, obojena voda.



Slika. 4.1. Stub vode u cevčici raste kako zagrevamo vodu.

Kroz gumeni čep provučemo staklenu cevčicu zatim začepimo flašicu u kojoj je obojena voda. Vodu zagrevamo plamenom.

Šta zapažamo, šta se dogada sa stubom vode u cevčici?

Količina vode je ostala stalna, nismo je dodavali. Šta se dogodilo s vodom?

Šta možemo zaključiti? – zagrevanjem voda u cevčici se širi.

Šta se događa sa stubom žive u termometru koji zagrevamo? – širi se.

Možemo zapaziti jednu važnu činjenicu – gotovo sva materija kad je zagrevamo se širi (voda ima anomalno ponašanje u pogledu termičkog širenja. Od 0 °C do 4 °C koeficijent γ je negativan, dok je iznad 4 °C pozitivan).

Ovo svojstvo materije iskorišteno je kod termometra, kako bi smo mogli izmeriti temperaturu.

U termometru sa živom, stub zagrejane žive raste u zavisnosti od visine temperature.

Kako doći do merne skale termometra?

Učenicima dati zadatak da objasne kako bi oni sami došli do merne skale termometra. Potrebne su im dve tačke, tačka ključanja vode i tačka mržnjenja vode.

Đacima treba u vezi termometra napomenuti i objasnitи sledeće:

Astronom, Anders Celsius je prvi predložio mernu skalu prema kojem je njen osnovni podeok i dobio ime Celzijusov stepen (1°C). Na današnjoj skali nula Celzijusovih stepeni je ona temperatura na kojoj se voda zamrzava, dok je sto stepeni Celzijusovih (100°C) temperatura biti ključanja vode.

Bitno je objasniti đacima (utisak ponovo iz iskustva), u čemu se dve skale razlikuju?

Prema kelvinovoj skali 0 K nije temperatura na kojoj se voda ledi, već temperatura absolutne nule, tj. temperatura na kojoj bi unutrašnja energija supstance trebala biti nula.

Učenicima se daje grafički prikaz odnosa izmedju dve skale.



Slika 4.2. Uporedba celzijusove i kelvinove skale.

EKSPERIMENT

Pribor: posuda sa vodom, grejač, termometar, tabla kreda i sveska.

Termometar se stavi u vodu koja se zagreva. Zatim odredimo nekoliko učenika da očitaju različite vrednosti temperature s termometra u Celzijusovim stepenima, zatim da ih upišu u tabelu na tabli. Nakon što su to učinili svi učenici u svoje sveske treba da prepišu vrednosti sa table u Celzijusovim stepenima i sami ih preračunaju u stepene kelvina. Kada su svi rešili zadatak, na tablu se napišu tačne vrednosti u kelvinima.

Stepeni Celzijusa (°C)	Kelvin K
23	
34	
47	
56	

Tabela 2. Predstavlja izmerene vrednosti temperature vode u celzijusovim stepenima, koje đaci treba da preračunaju u Kelvinove.

5. EKSPERIMENTI KOJI ĆE UČENICIMA RAZJASNITI NEJASNOĆE VEZANE ZA RAZLIKU IZMEĐU TEMPERATURE I TOPLOTE

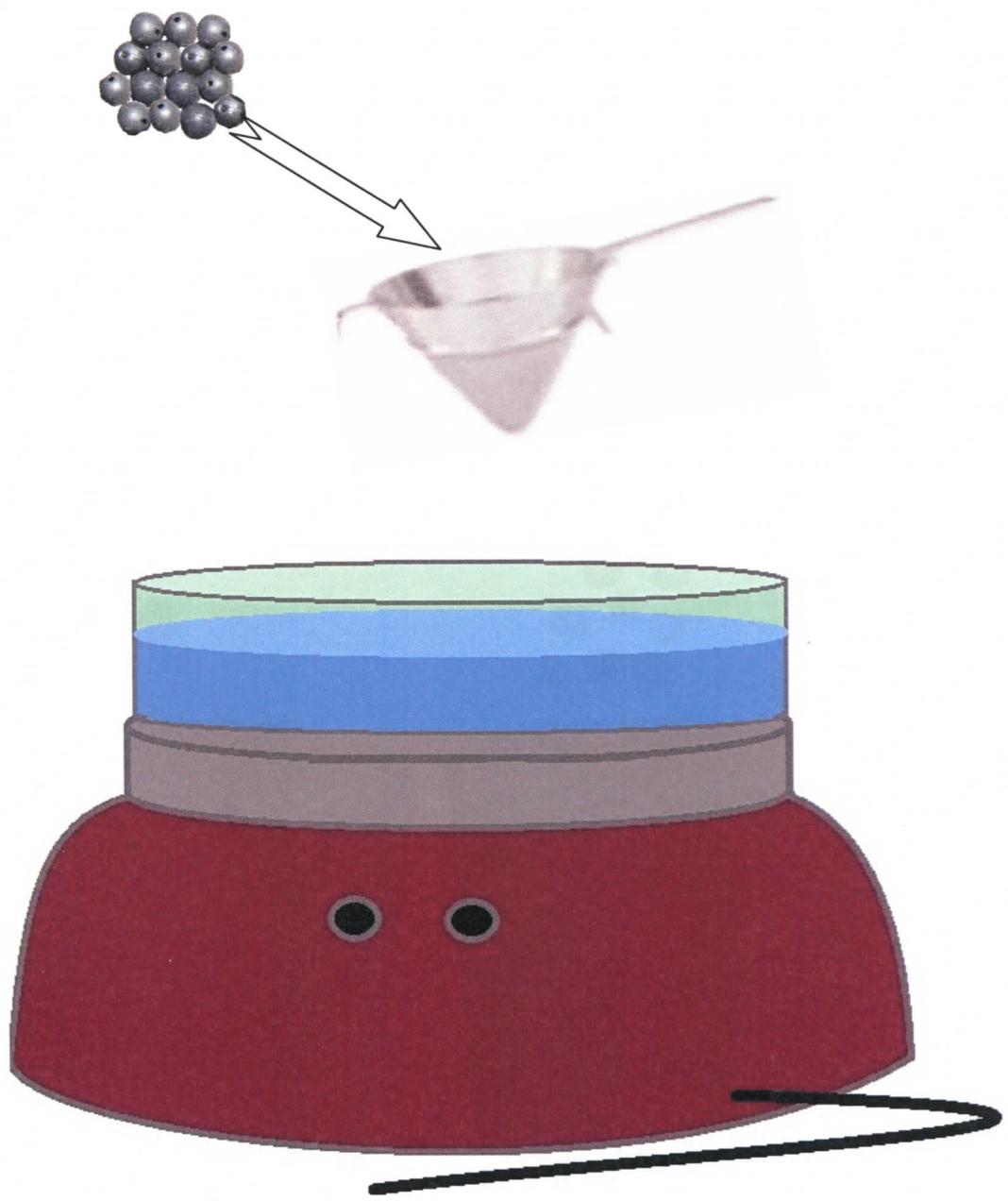
Kao što sam u uvodu ovog rada naveo u dosta slučajeva se dešavalo da su učenici iz raznih (najčešće finansijskih) razloga ostajali uskraćeni za eksperimentalni deo nastave, smatram da su zbog tih razloga nastajale nejasnoće vezane za temperaturu i toplotu. Pomoću prostih pribora koji su dostupni, bez finansijskih izdataka mogu se odraditi eksperimenti u okviru nastave i tako pružiti priliku učenicima da saznaju ono zbog čega jesu tu. *Kao budući profesor fizike nameravam bolje razjasniti učenicima razliku izmedju temperature i toplote, a to mislim učiniti pomoću eksperimenata od kojih će neke ovde i navesti.*

Pre svakog eksperimenta, pošto se radi o temperaturama koje mogu biti znatno više od sobne temperature i temperature čoveka, moramo učenike upoznati sa opštim pravilima zaštite od mogućih povreda i sami kao nastavnik voditi brigu o bezbednosti učenika i materijalnih dobara.

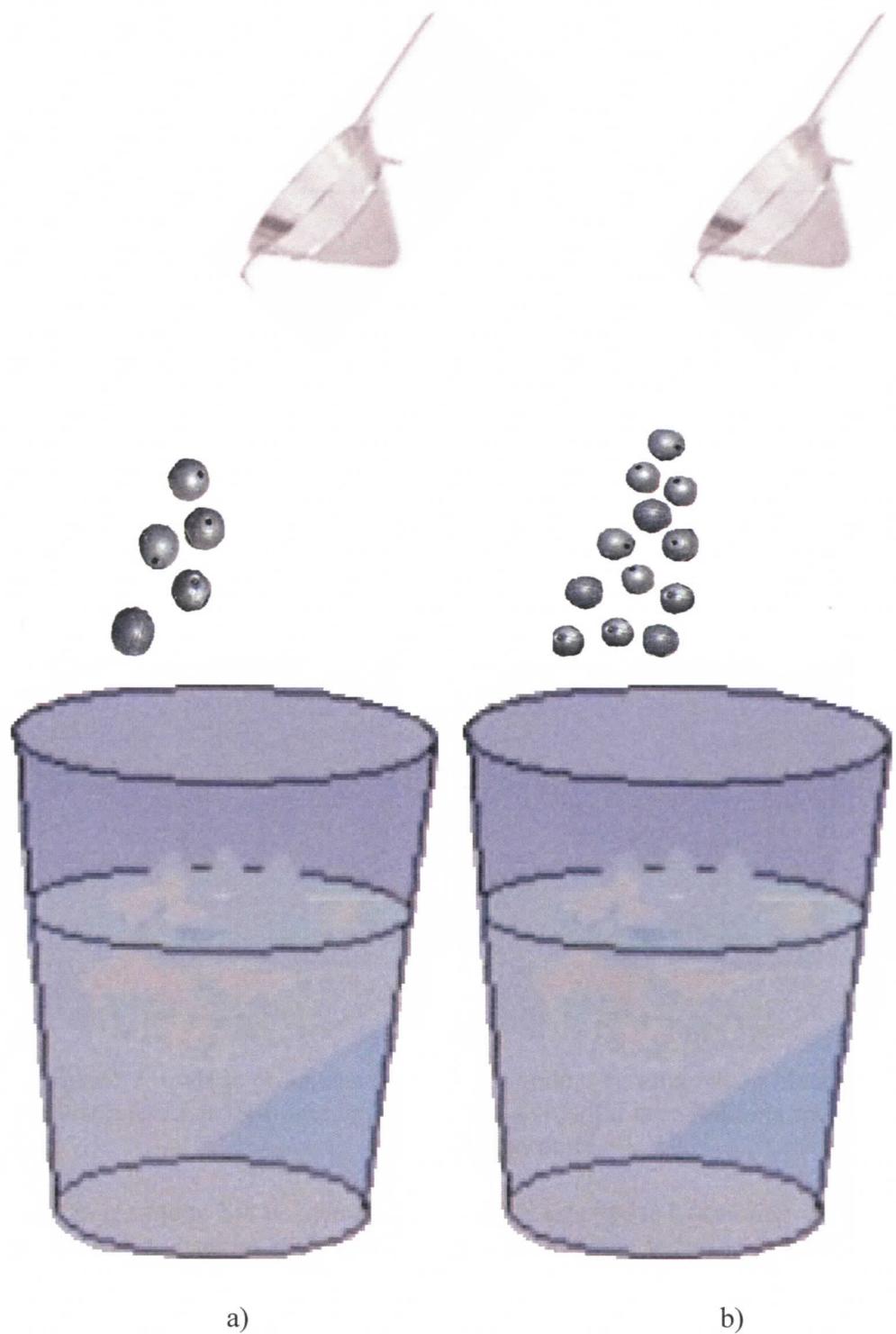
EKSPERIMENT 1:

Pribor: rešo, staklena kada sa 300 ml vode, 2 staklene čaše sa po 150 ml vode na sobnoj temperaturi, dve „šake” sačme od olova mase 50 i 150 g, mala cediljka za čaj i termometar.

Priprema i vršenje eksperimenta : količinu sačme od 50 g koju smo prethodno stavili u cediljku stavimo u staklenu kadu (slika 5.1.) i zagrevamo vodu na rešou do ključanja. Dok se voda u kadi zagreva načinimo tabelu u koju ćemo unositi rezultate merenja, te izmerimo temperature vode u čašama. Kada voda proključa sačekamo 5-10 sekundi da budemo sigurni da je sačma poprimila temperaturu ključale vode. Temperaturu ključanja vode u kadi ćemo proveriti termometrom. Tada izvadimo cediljku sa 50 g sačme iz kade, otresemo je od vode i sačmu izručimo u jednu od staklenih čaša (slika 5.2.a) i na termometru pratimo rast temperature vode. Kada ona dostigne svoj maksimum, očitamo termometar i zabeležimo dobijenu vrednost. Sada ponovimo prethodno opisani postupak i sa drugom količinom sačme od 150 g koristeći pri tome drugu čašu (slika 5.2b). Izmerene temperature upisujemo u tabelu 3.



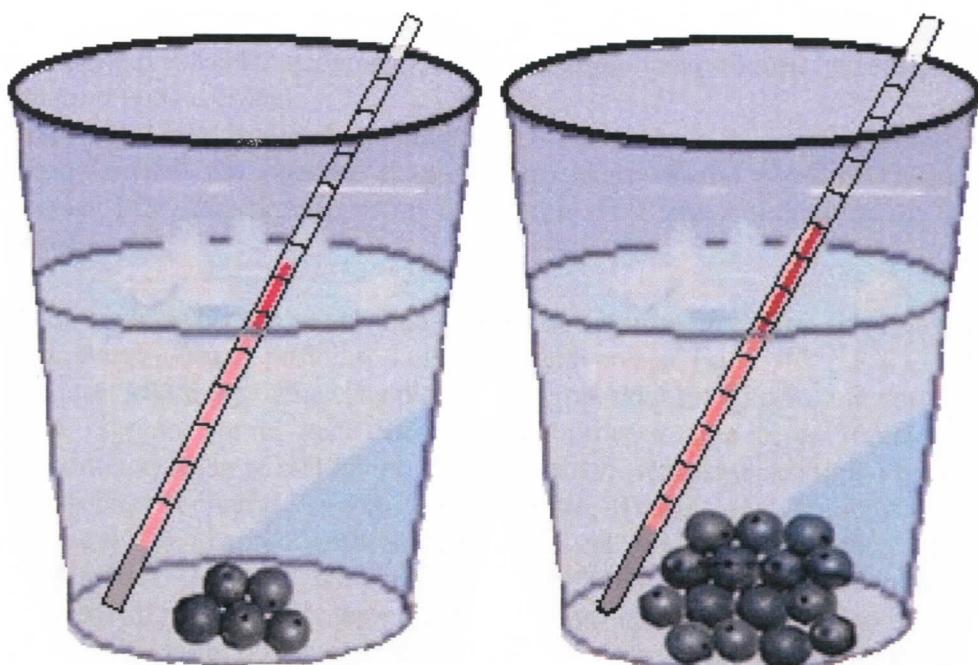
Slika 5.1. Unošenje sačme u kadicu sa vodom



Slika 5.2. Unošenje zagrejanih sačmi u istu količinu vode i iste temperature (sobne)

	Sačma 50 g	Sačma 150 g
Temperatura ključanja vode.		
Temperatura vode u čašama pre stavljanja sačme		
Ravnotežna temperatura vode u čašama posle hlađenja sačme u njoj.		

Tabela 3. Izmerene temperature



Slika 5.3. ovde je prikazana temperatura vode u čašama nakon hlađenja sačme i primećujemo da termometar čaše u kojoj se hladila veća količina sačme pokazuje veću temperaturu..

Analiza rezultata: Šta uočavamo analizirajući tabelu 3 ? Uočavamo da je temperatura vode u čaši u drugom slučaju značajno viša. Pri tome važno je istaći da su sačme od istog materijala, da smo ih grejali na isti način i zagrejali do iste temperature ključanje vode, što je termometar i pokazivao. Zašto je onda temperatura vode u čaši u drugom slučaju bila viša? Očigledno da je u ovom slučaju sačma, bez obzira što je imala istu temperaturu od 100°C kao sačma u prvom slučaju, od kupuće vode preuzela veću količinu topline i stekla veću količinu unutrašnje energije, te je mogla i da predala veću količinu topline vodi. Iz ovoga možemo zaključiti da termometrom nismo merili količinu topline koju su sačme primile pri zagrevanju u ključaloj vodi, već njihovu temperaturu, odnosno njihov stepen zagrejanosti u ključaloj vodi. Količinu topline

možemo ceniti samo na osnovu razlike temperature koje je telo imalo pre i posle hladjenja (odnosno grejanja), što se takodje moglo zaključiti na osnovu ovog eksperimenta (voda u drugoj čaši se više zagrejala).

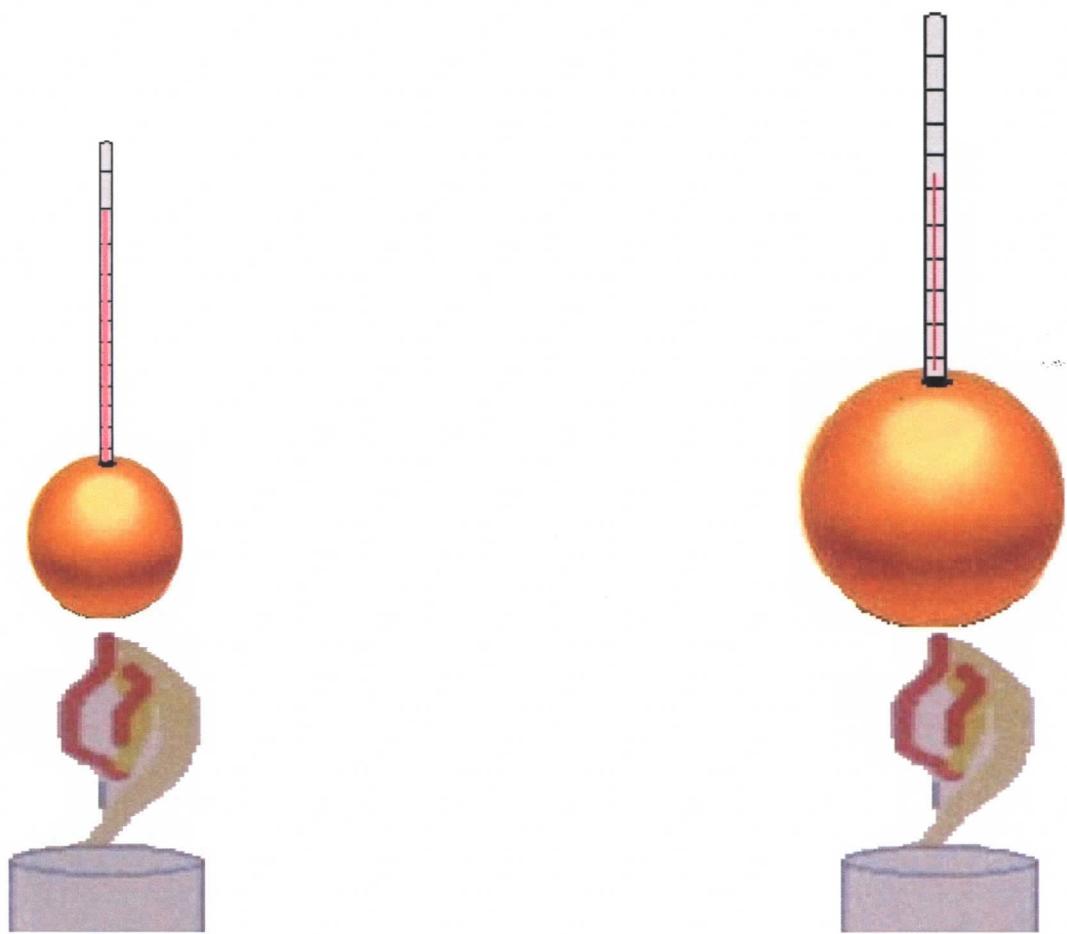
Kao alternativu ovom eksperimentu naveo bih sledeći eksperimenat koji je malo zahtevniji u pripremi i izvodjenju. Pored toga, zahteva veću snalažljivost i tehničku umešnost nastavnika da ga pripremi i izvede.

EKSPERIMENT 2:

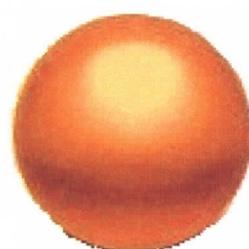
Pribor: dve čaše sa vodom na sobnoj temperaturi, dve metalne kugle od istog materijala i istih početnih temperatura, ali različitih prečnika (2 i 4 cm) i sa rupama u koje možemo postaviti termometar, dva termometra, hvataljka, štoperica i sveća. Pre izvodjenja eksperimenta dobro uskladiti veličine kugli, trajanje zagrevanja istih da ne bi kugle pre isteka zadatog vremena postigle temperaturu plamena sveće, kao i količinu vode u čašama.

Priprema i izvodjenje eksperimenta: Dve kugle koje imaju sobnu temperaturu (koju ćemo izmeriti pre početka eksperimenta) zagrevaćemo pojedinačno isti vremenski interval (npr. 20 sekundi), istim plamenom zbog iste količine topline koju treba da prime.

Recimo da prvo zagrevamo manju kuglu sa termometrom koji je postavljen u rupu u njoj. Kuglu ćemo postaviti iznad plamena sveće (vidi sliku 5.4.), i posle tačno dvadeset sekundi je skinuti sa plamena. Temperatura koju pokazuje termometar će još neko izvesno vreme rasti zbog trajanja procesa prenošenja topline sa kugle na termometar. Kada se rast živinog stuba zaustavi (temperature kugle i termometra su se izjednačile) očitamo vrednost temperature. Posle toga kuglu sa termometrom stavljamo u unapred pripremljenu čašu sa vodom i pratimo temperaturu na termometru. Kada se temperature vode i kuglice izjednače, odnosno, kada se na termometru zaustavi rast temperature, očitamo njenu vrednost. Ceo ovaj postupak od zagrevanja kugle do očitavanja i zapisivanja temperature vode u čaši ponavljamo i za veću kuglu.



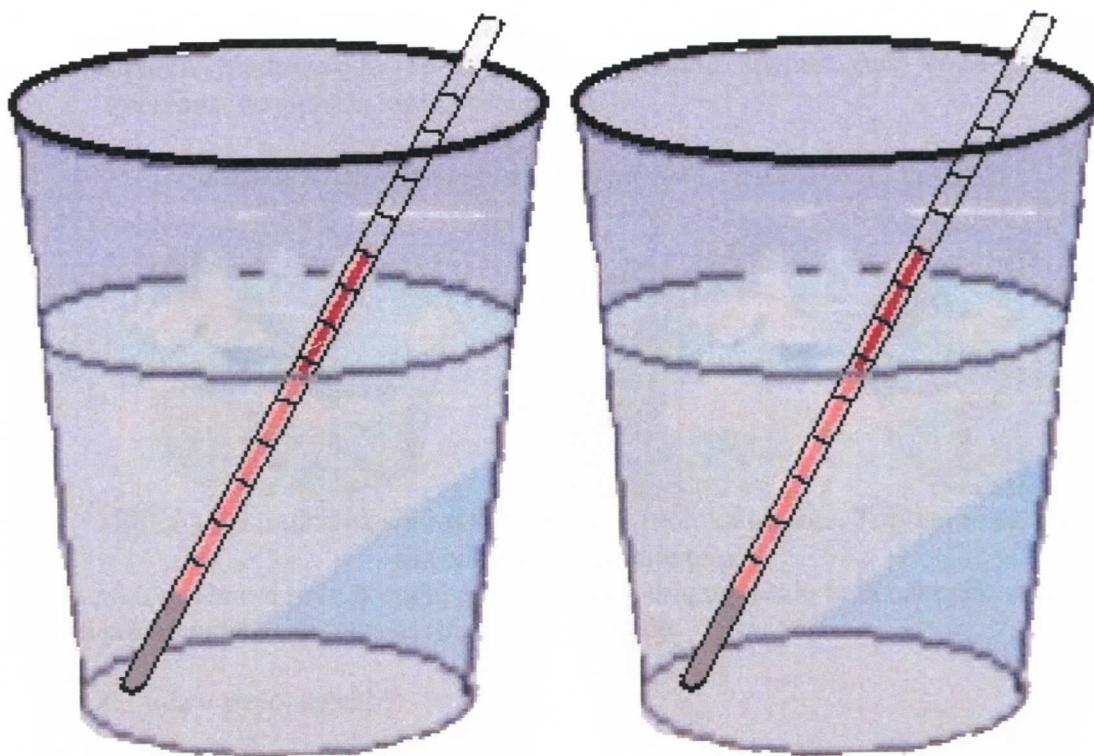
Slika 5.4.. Zagrevanje kugli i očitavanje temperatura na termometrima.



Slika 5.5a. Ubacivanje male zagrejane kugle u čašu sa vodom.



Slika 5.5b. ubacivanje velike zagrejane kugle u čašu sa vodom.



Slika 5.6. Temperatura vode u časama u trenutku izjednačavanja sa temperaturom kugli.

Na slici 5.4. koja prikazuje zagrevanje kugli plamenom sveće, jasno se vidi da termometar koji je zaboden u manju kuglu pokazuje višu temperaturu od termometra na većoj kugli, i ako je obadvema kuglama predata ista količina toplote. Da je kuglama predata ista količina toplote pokazuju termometri koji su postavljeni u dve čaše sa vodom, gde su se u svakoj od njih hladile kugle nakon skidanja s plamena sveće.

Postavlja se pitanje, zašto je termometar zaboden u manju kuglu pokazivao veću temperaturu?

Odgovor: zato što je manja kugla takođe i manje mase pa je i samim tim potrebno manje dovedene energije (u ovom slučaju toplotne) u odnosu na veću kuglu, da bi joj se temperatura povisila do određenog stepena na temperaturnoj skali.

Veća kugla je imala veću masu kao i veću zapreminu. Prilikom zagrevanja molekuli u njoj su imali manju verovatnoću da se sudsaraju jedni sa drugima, nego molekuli u manjoj kugli. Što je na kraju uticalo na osetljivost termometra.

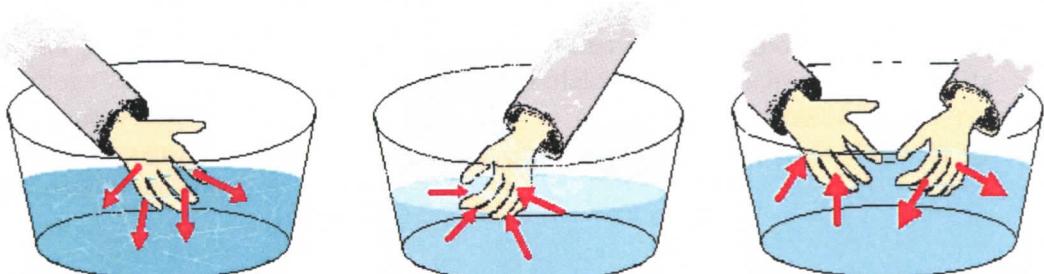
EKSPERIMENT 3:

U ovom eksperimentu ću prikazati kako naš osećaj za toplo i hladno ne mora zavisiti samo od temperature.

Pribor : tri posude, hladna voda, topla voda i vruća voda.

Priprema i vršenje eksperimenta: uzet ćemo tri posude. U prvu posudu sipamo hladnu vodu (10°C), u drugu posudu sipamo vruću vodu (50°C) u treću posudu sipamo topлу vodu (36°C).

Posude s različitim temperaturama vode $T_1 < T_3 < T_2$



Slika 5.7. strelice na slici pokazuju smer protoka toplote. Toplota uvek prelazi sa toplijeg na hladnije telo.

Jednu ruku stavimo u prvu posudu, a drugu ruku u drugu posudu te ih nakratko zadržimo. Nakon par trenutaka obe ruke stavimo u treću posudu.

Kakva je voda u trećoj posudi?

Da li je voda topla ili je hladna?

Što smo mogli zapaziti?

Za ruku koju smo pre držali u hladnoj vodi voda u trećoj posudi biće vruća, a za ruku koju smo držali u zagrijanoj vodi bit će hladnija.

Zašto?

To znači da naš osećaj za toplo – hladno ne zavisi samo od visine temperature, već i od toga (da li nam je voda zagrijala ruku ili ju je ohladila) **da li primamo toplotu ili je gubimo.**

Voda u prvoj posudi je bila najniže temperature, naša ruka je bila toplija od vode u njoj te ju je okolna voda hladila i uzimala joj toplotu.

Zašto je voda hladila ruku?

Zato što tela koja su u dodiru razmenjuju toplotu sve do toga dok im se temperature ne izjednače. Kad smo ruku premestili u srednju posudu ugrejali smo svoju ohlađenu ruku i voda u trećoj posudi se činila toplom. Okolna voda je bila na višoj temperaturi od ruke, te je ruka trebala primiti toplotu da bi bila iste temperature kao okolna voda. S drugom rukom je bio obrnut proces. Prvo smo je držali u drugoj posudi u kojoj je bila voda najviše temperature. Premestivši je u treću posudu toplota iz naše ruke je prelazila u okolnu vodu.

6.

ZAKLJUČAK

U ovom radu sam pokušao predstaviti celokupni pregled pojmove i činjenica vezanih za temperaturu i toplotu, kao važnih fizičkih veličina sa kojima se veoma često susrećemo u životu već od prvih dana po rođenju, a na naučnoj bazi u šestom razredu osnovne škole.

Znajući probleme vezane za ove pojmove, prvenstveno za njihovo razlikovanje, dao sam predloge za neke eksperimente koji bi mogli olakšati nastavnicima da objasne šta je u suštini temperatura a šta toplota i po čemu se oni razlikuju. Praktičnu proveru valjanosti ovih eksperimenata sam ostavio za osnovu nekih istraživanja koja bi se sprovela u školskim uslovima.

7.

LITERATURA

1. Sreten Šljivić: UVOD U FIZIKU, Naučna knjiga – Beograd 1975.
2. Dragomir Davidović, Vukota Babović: OBNOVIMO FIZIKU, ip Nauka – Beograd 1997.
3. Milan Ždralje: ABC...FIZIKE: Bonart – Beograd 2001.
4. Mirčeta Danilović, Slobodan Popov: TEHNOLOGIJA INFORMATIKA OBRAZOVANJE 2, Štamparija WILLY – Novi Sad 2003.
5. Dušanka Ž. Obadović: JEDNOSTAVNI EKSPERIMENTI U NASTAVI FIZIKE, skripta, Novi Sad 2006/2007
6. Jovan Šetrajčić: FIZIKA ZA SEDMI RAZRED OSNOVNE ŠKOLE, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Beograd 2008.
7. Mirjana Pavišić: OSNOVNI TERMODINAMIČKI POJMOVI U NASTAVI FIZIKE, Zagreb 2009.
8. <http://www.wikipedia.org>
9. <http://eskola.hfd.hr/>

8.

KRATKA BIOGRAFIJA



Ljubo Panić je rođen 11.04.1984 u Tesliću. Osnovnu školu završava u Tesliću a srednju u Novom Sadu. Po završetku srednje škole, školovanje nastavlja na prirodno-matematičkom fakultetu, odsek za fiziku u Novom Sadu.

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET**

**9. *KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA
INFORMACIJA***

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Tip zapisa:

TZ

Vrsta rada:

VR

Autor:

AU

Mentor:

MN

Naslov rada:

NR

Jezik publikacije:

JP

Jezik izvoda:

JI

Zemlja publikovanja:

ZP

Uže geografsko područje:

UGP

Godina:

GO

Izdavač:

IZ

Monografska dokumentacija

Tekstualni štampani materijal

Diplomski rad

Ljubo Panić

dr Dušan Lazar

Obrada nastavne teme „temperatura” za osnove škole

srpski (latinica)

srpski/engleski

Srbija

Vojvodina

2010

Autorski reprint

Mesto i adresa:

MA

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

Fizički opis rada:

FO

5/182/32/0/71/0/3

Naučna oblast:

NO

Fizika

Naučna disciplina:

ND

Metodika nastave fizike

Predmetna odrednica/ ključne reči:

PO

UDK

Temperatura, demonstracioni eksperimenti u nastavi

Čuva se:

ČU

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

Važna napomena:

VN

Nema

Izvod:

IZ

Dato je objašnjenje koje odklanja nejasnoće kod
učenika osnovnih škola, vezano za razliku između
toplote i temperature.

Datum prihvatanja teme od NN veća:

DP

02.09.2010

Datum odbrane:

DO

05.10.2010.

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

dr Dušanka Obadović, redovan profesor, predsednik

član:

dr Dušan Lazar, mentor

član:

dr Milica Pavkov - Hrvojević, vanredni profesor, član

**UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS
*KEY WORDS DOCUMENTATION***

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph publication

TR

Type of record:

Textual printed material

CC

Content code:

Final paper

AU

Author:

Ljubo panić

MN

Mentor/comentor:

dr Dušan Lazar, Ph. D., asistent professor

TI

Title:

Treatment theme „Themperature” in secendory schools

LT

Language of text:

Serbian (Latin)

LA

Language of abstract:

English

CP

Country of publication:

Serbia

LP

Locality of publication:

Vojvodina

PY

Publication year:

2010

PU

Publisher:

Author's reprint

PP

Publication place: Faculty of Science and Math. Trg Dositeja Obradovića 4, Novi S.

PD

Physical description:

5/182/32/0/71/0/3

SF

Scientific field:

Physics

SD

Scientific discipline:

Methodology of Physics teaching

SKW

Subject/ Key words:

Temperature, demonstrative experiments in teaching

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, place Dositeja Obradovića, 4

HD

Note:

none

N

Abstract: Here is explain different difference between heat and temperature
AB

Accepted by the Scientific Board: 02.09.2010

ASB

Defended on: 05.10.2010

DE

Thesis defend board:

DB

President: dr Dušanka Obadović, professor

Member: dr Dušan Lazar, professor

Member: dr Milica Pavkov – Hrvojević, professor

