

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

## DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2009.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROF. FIZIKE.

Mirjana Pavišić

Diplomski rad

OSNOVNI TERMODINAMIČKI POJMOVI  
U NASTAVI FIZIKE

Voditelj diplomskog rada: doc. dr. sc. Darko Androić

Ocjena diplomskog rada: \_\_\_\_\_

Povjerenstvo:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Datum polaganja: \_\_\_\_\_

Zagreb, 2009.

*Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Darku Androiću i dr. sc. Maji Planinić za pomoć pri odabiru teme diplomskog rada te za sugestije i primjedbe tijekom njegove izrade.*

*Roditeljima hvala na svojoj potpori i podršci tijekom studiranja.*

*Zahvalila bih i Stvoritelju koji mi je omogućio da bar malo upoznam njegova stvaralačka dijela i s ove fizikalne strane.*

# *Sadržaj*

Sadržaj.....	4
Uvod.....	6
1. Hrvatski nacionalni obrazovni standard.....	8
1.1 Predškolski odgoj.....	9
1.2 Termodinamički pojmovi u osnovnoj školi.....	9
2. Razredna nastava.....	11
2.1 Pregled tema iz razredne nastave prirode i društva vezanih uz termodinamiku.....	11
2.2 Pregled tema iz razredne nastave trećeg razreda, vezanih uz termodinamiku prema HNOS-u.....	12
2.3 Pregled tema iz razredne nastave četvrtog razreda, vezanih uz termodinamiku prema HNOS-u.....	12
2.4 Termodinamički pojmovi koji se javljaju u razrednoj nastavi prirode i društva.....	13
3. Predmetna nastava.....	15
3.1 Nastavni predmet priroda – uvod u nastavu fizike.....	15
3.2 Tehnička kultura.....	16
3.3 Pregled tema iz fizike vezanih uz termodinamiku.....	16
3.3.1 Pregled tema iz fizike u sedmom razredu osnovne škole, vezanih uz termodinamiku prema HNOS-u.....	18

4. Metodička priprema za izvođenje nastave fizike u sklopu razredne nastave prirode i društva i nastave fizike u sedmome razredu.....	21
4.1 Priprema za izvođenje nastave fizike u sklopu prirode i društva za treći razred osnovne škole.....	21
4.2 Priprema za izvođenje nastave fizike u sedmom razredu osnovne škole.....	24
5. Pokusi koji učenicima objašnjavaju neke bitne termodinamičke pojmove.....	28
5.1 Što se događa s tijelima dok ih zagrijavamo?.....	28
5.2 Toplina .....	30
5.3 Vođenje topline.....	33
5.4 Toplinski kapacitet.....	34
5.5 Tlak.....	35
5.6 Promjena volumena pri zagrijavanju .....	38
5.7 Prvi zakon termodinamike.....	39
Zaključak.....	43
Popis literature.....	45

# Uvod

Termodinamika je po definiciji *grč.* (thermos- topao, vruć, vreo + dynamis- sila, snaga, jakost ) dio fizike koji proučava zakone toplinske ravnoteže i pretvaranja različitih oblike energije iz jednog u drugi. Ona je vrlo važan dio znanosti o toplini u kojoj se toplinski sistemi ne promatraju mikroskopski već njihovo makroskopsko vladanje. Termodinamika pronalazi vezu topline i drugih oblika energije, posebice mehaničkog rada. To je korisna tehnička disciplina tj. primijenjena znanost.

Osamnaesto stoljeće obilježeno je velikom industrijskom revolucijom. Tehničkim pronalascima omogućen je prijelaz sa pretežno ručnog rada na rad sa strojevima, te je najavljeno industrijsko doba. Do tog vremena proizvodnja se temeljila na radnim strojevima koji su se pokretali pomoću energije čovjeka, životinja, vjetra i vode.

Godine 1712. engleski kovač Thomas Newcomen načinio je prvi parni stroj koji je ušao u upotrebu. Stroj se koristio za crpljenje vode iz rudarskog okna, a mogao je zamijeniti učinak 50 konja. No, iako je stroj imao navedene prednosti, stupanj korisnosti mu je bilo veoma slab oko pola posto. Danas parne turbine termoelektrana imaju stotinjak puta veći stupanj korisnosti.

Veliko otkriće bio je parni stroj kojeg je 1769. godine konstruirao Newcomenov suradnik James Watt (1736-1819) Glavna preinaka bila je u cilindru stroja. Stupanj korisnosti se poboljšao na oko 3-4 posto. Ubrzo su uslijedila i druga otkrića. Tako je 1807. godine Robert Fulton sagradio je prvi komercijalno iskoristiv parobrod koji je plovio na relaciji New York- Albany, a 1814. godine George Stephenson je konstruirao prvu parnu lokomotivu. Novi izumi su veoma utjecali na pojeftinjenje prometa. Željeznice i parobrodi potisnule su poštanske kočije i jedrenjake. Došlo je do velikih promjena u društvenom životu.

Na koji način toplina vatre daje snagu vodenoj pari? Što je vatra? Što je toplina? Zašto toplina uvijek prelazi s toplijeg na hladnije tijelo? Zašto se plinovi grijanjem šire? Ta i druga slična pitanja tražila su odgovor, a odgovore je dala termodinamika.

Saznanja koja nam daje termodinamika uvelike oblikuju naš svijet. Razna tehnička pomagala aparati i strojevi svakodnevno nas okružuju, a s njima smo u doticaju od rođenja. Kako dijete raste, ono promatra i stvara svoju sliku o svijetu oko sebe. Veoma je bitno da ta slika bude što bliža realnosti, jer koncepcije koje se tada stvore teško se mijenjaju. Djeca su po prirodi znatiželjna i traže odgovore na mnoga pitanja kao što su: zašto je peć vruća, a hladnjak hladi, zašto automobilu treba gorivo itd. Ovisno o djetetovoj dobi nije uvijek lako na takva pitanja odgovoriti jednostavno ali ipak točno. Roditelji ponekad i ne znaju ispravan odgovor, pa daju neko krivo tumačenje ili pak u nedostatku vremena pitanje ostave neodgovoreno. Dijete tada donosi vlastito objašnjenje koje mu se čini logičnim, ali se ne temelji na ispravnim pretpostavkama.

Škola ima zadatak da te pretpostavke ispravi, dopuni, proširi i učvrsti. Na nastavi učenik stječe znanja, navike i sposobnosti i osposobljenost koju će koristiti u svakodnevnoj praksi radi zadovoljavanja osnovnih potreba i rješavanja profesionalno-egzistencijalnih problema.

Fizika je nastavni predmet koji se počinje predavati tek u sedmom razredu osnovne škole, u dobi učenika koja se smatra prikladnom za učenje apstraktnih matematičkih formulacija osnovnih fizikalnih zakona. S jedne strane to je dobro odabrano doba jer u njoj učenik postaje kritičan, spreman za raspravu i izvođenje eksperimenata, ali s druge strane to je prekasno jer je već formirao neke krive koncepte o svijetu oko sebe. Kako bi se izbjeglo usađivanje krivih fizikalnih koncepata u učenikov um, potrebno je čim ranije postaviti dobre osnove, na kojima će učenik kasnije moći graditi svoje znanje i usvajati fizikalne pojmove.

# *Poglavlje 1*

## *1 Hrvatski nacionalni obrazovni standard (HNOS)*

Zadatak odgoja i obrazovanja je razvijanje i stjecanje znanja potrebnih za obnašanje različitih uloga u odrasloj dobi.

Obrazovanje se definira kao »intencionalno, pedagoški osmišljano i sustavno organizirano učenje, odnosno iskustvo pojedinca koje se očituje u porastu znanja i vještine te razvoju sposobnosti«. [Didaktičke osnove nastave, autor: Filip Jelavić, Naklada Slap, Jastrebarsko, 1994. g.]. Učenik koji je stekao znanje stvara osobno iskustvo, postiže osobni razvoj, mijenja svoje ponašanje.

Odgoj je takvo djelovanje na mlado biće koje ga »čini« osobom. On u pojedincu treba razviti osjećaj samopoštovanja, jer je to preduvjet da osoba kasnije može pokazivati ljubav i poštovanje prema drugima.

Pošto se način života, zbog suvremene tehnologije, naglo mijenja, promijenjene su i učeničke potrebe. Odgoj i obrazovanje je područje gdje su te promjene još očitije. Uvidjelo se da su nužne promjene u obrazovnim programima, kako bi se učenici kasnije lakše mogli nositi sa zahtjevima suvremenog društva, te bolje rješavati probleme s kojima će se susretati u svakodnevnom životu.

Hrvatski nacionalni standard (HNOS) je rezultat nastojanja da se hrvatska škola postupno mijenja i osuvremenjuje. U tu svrhu redefinirani su odgojno- obrazovni sadržaji, te su oni osuvremenjeni i oslobođeni od niza nepotrebnih i opterećujućih podataka.

Cilj HNOS-a je standardizirati odgojno – obrazovne sadržaje svakog nastavnog predmeta, te da svaki učenik, neovisno o učitelju, bude jednako izložen istoj količini novih sadržaja.



## *1.1 Predškolski odgoj*

Sva su djeca u Republici Hrvatskoj u godini dana prije polaska u školu obuhvaćena programima predškolskog odgoja u redovnim vrtićnim programima i u programima predškole. Program predškole se preporučuje svoj djeci, ali nije obavezan.

U dobi od 6 godina dijete :

- namjerno opažajno-praktično spoznaje i istražuje okolinu, uočava veličinu, dubinu, udaljenost, oblik predmeta, orijentira se u prostoru i uočava slijed događaja u vremenu.
- ulazi u razdoblje konkretnih operacija koje traje sve do njegove 11-12 godine.
- stječe pojmove i stvara veze među predmetima i pojavama
- bolje rješava probleme i planira, pri tome se služi raznim metodama:
  - slučajni pokušaji i pogreške
  - smišljeno i namjerno rješavanje
  - usmjeravanje akcije na jedno ili više rešenja
- može zamisliti konkretnu hipotetsku situaciju
- ima veći broj ideja pri rješavanju problema
- otkriva zakonitosti i principe reda
- uočava uzročno-posljedične veze

Već u predškolskoj dobi dijete može mnogo toga naučiti te bi tu spoznaju uvijek trebalo imati na umu. No u tom razdoblju života dijete ima veliku potrebu za igrom tako da ga ne možemo opteretiti obavezama i učenjem, ali ako je igra pažljivo smišljena ona može biti poučna i zabavna.

## *1.2 Termodinamički pojmovi u osnovnoj školi*

Formalno obrazovanje iz predmeta fizike započinje u sedmom razredu osnovne škole. Termodinamički pojmovi u nastavi javljaju se ranije u toku osnovnoškolskog obrazovanja u razrednoj nastavi iz prirode i društva te kasnije u tehničkoj kulturi i prirodi.

HNOS određuje količinu sadržaja koji će se obraditi u pojedinom nastavnom predmetu, a isto tako broj tema i novih ključnih pojmova u svakoj pojedinoj temi. Kod obrađivanja svake teme mora se dovoljno vremena ostaviti za praktički i istraživački rad učenika, vježbanje, ponavljanje i ocjenjivanje postignutih rezultata.

U tablici (1) navedeni su pojmovi vezani uz termodinamiku, te kada i gdje u toku osnovnoškolskog obrazovanja se oni pojavljuju.

Tablica (1), termodinamički pojmovi u osnovnoj školi.

<i>predmet</i>	<i>priroda i društvo</i>	<i>tehnička kultura</i>	<i>priroda</i>	<i>povijest</i>	<i>fizika</i>
<i>razred</i>					
<i>1</i>					
<i>2</i>					
<i>3</i>	pokus -mjerjenje temperature -mjerna jedinica temperature -agregatna stanja	-			
<i>4</i>	-Sunce-izvor energije i topline - svojstva vode u ovisnosti o temperaturi -svojstva zraka (tlak, gibanje) -vremenska prognoza				
<i>5</i>		-energetika: temeljni oblici energije	-promjena agregatnih stanja vode		
<i>6</i>		-energetika: toplinska energija goriva, aparati i strojevi	-energija i njezini oblici, -pretvorba energije		
<i>7</i>		-termoelektreane, hladnjaci		-industrijska revolucija, parni stroj	-tlak -rad -temperatura -unutarnja energija -toplina
<i>8</i>					

# *Poglavlje 2*

## *2. Razredna nastava*

Razredna nastava obuhvaća mlađe razrede od prvog do četvrtog razreda osnovne škole. Nastava treba uvažavati sva prethodna znanja s kojima su djeca došla u školu i ona treba biti kreativna. Pod pojmom kreativna nastava podrazumijeva se skup pedagoško–psiholoških, organizacijskih i didaktičko-metodičkih mjera kojima se postižu progresivne promjene u planiranju, organizaciji i realizaciji odgojno obrazovnog rada u stvaralačkim interakcijskim odnosima učitelja i učenika te povezivanje nastavnih sadržaja koji se uče u školi s društvom.

### *2.1 Pregled tema iz razredne nastave prirode i društva vezanih uz termodinamiku.*

Djeca se pojmovima vezanim uz termodinamiku susreću još u predškolskoj dobi u svakodnevnom životu. Tada usvajaju predodžbe koje se kasnije teško mijenjaju i zato ih je potrebno, ako su krive, što ranije zamijeniti ispravnima.

Nastavni predmet prirodu i društvo učenici pohađaju u prva četiri razreda osnovne škole. Učenici će tada usvojiti pojmove koje će tek kasnije detaljnije obrađivati, a predstavljaju temelj za daljnju nadogradnju znanja.

Neke od zadaća ovog predmeta su :

- razvijati zanimanje za spoznavanjem zakonitosti u prirodi i društvu
- sustavno utjecati na razvijanje sposobnosti: promatranja, opisivanja, zaključivanja, uspoređivanja.
- učenike naučiti upotrebi različitih izvora znanja
- razvijati sposobnost snalaženja u prostoru i vremenu
- utjecati na usvajanje i bogaćenje aktivnog rječnika

Prema programu, u prvim i drugim razredima na nastavi prirode i društva učenici promatraju karakteristike vezane uz određeno godišnje doba i navike ljudi vezane uz njih. U trećem se razredu susreću s pojmom pokusa i pojmom agregatnog stanja vode. Početkom četvrtog uče o uvjetima neophodnim za život u sklopu čega dolaze u doticaj s nekim temeljnim pojmovima iz termodinamike.

## *2.2 Pregled tema iz razredne nastave trećeg razreda, vezanih uz termodinamiku prema HNOS-u*

### 15. Upoznavanje i istraživanje prirode

Ključni pojmovi : istraživanje prirode, izvođenjem pokusa.

Potrebno predznanje: uočavanje promjena u prirodi.

Novi stručni pojmovi: termometar, stupanj Celzijev, tekućina, para.

Sadržaji koje treba ispraviti ili ispustiti: imenovanje pribora i materijala za pokus, ne učiti shemu izvođenja pokusa, izostaviti faze izvođenja pokusa, vrelište, ledište.

Osposobljenost koju učenik treba postići: učenik bi trebao znati izvesti jednostavne pokuse i donositi valjane zaključke, upotrijebiti termometar i zapisati pravilno stupanj zagrijanosti tijela, uočavati i objašnjavati različite oblike pojavnosti vode.

U obradi navedenih tema s učenicima trećeg razreda, dobro je imati na umu da se kod njih javlja želja za radom u većim i manjim grupama. Potrebno im je omogućiti da rade individualno, samostalno, u parovima i grupama, kako bi njihove sposobnosti maksimalno došle do izražaja. Ako neki učenik zaostaje u radu dobro je da mu pomogne njegov vršnjak, a tek onda učitelj. Bitno je imati individualni pristup svakom učeniku bodriti ga i jačati mu samopouzdanje.

## *2.3 Pregled tema iz razredne nastave četvrtog razreda, vezanih uz termodinamiku prema HNOS-u*

### 2. Uvjeti života- Sunce

Ključni pojmovi :Sunce- izvor svjetlosti i topline.

Potrebno predznanje: doba dana, orijentacija prema Suncu

Novi stručni pojmovi: svjetlost, toplina, Sunce, Zemlja.

Sadržaji koje treba ispraviti li ispustiti: pojam svjetlosti i topline kao energije? (uči se u 6.r.)

Osposobljenost koju učenik treba postići: učenik treba steći spoznaju da nam Sunce daje svjetlost i toplinu

### 3.Uvjeti života-voda

Ključni pojmovi: svojstva vode, kruženje vode u prirodi, vrelište , ledište.

Potrebno predznanje: promjena stanja vode, termometar, uvjet života.

Novi stručni nazivi: tekućina, ledište, vrelište, vodena para, led.

Sadržaji koje treba ispraviti li ispustiti: voda je kapljevina mase 1L=1kg, temperaturni grafikoni.

Osposobljenost koju učenik treba postići: učenik treba navesti svojstva vode na osnovi pokusa.

#### 4. Uvjeti života- zrak

Ključni pojmovi: zrak, svojstva zraka sastav zraka.

Potrebno predznanje: vremenska obilježja zavičaja, promjene godišnjih doba.

Sadržaji koje treba ispraviti li ispustiti: tlak zraka, mjerenje tlaka, hrana i zrak daju energiju živim bićima

Osposobljenost koju učenik treba postići: vezano uz termodinamiku, učenici bi trebali razumjeti značenje pojma vjetra, uočiti koliko je važna prognoza vremena i obavještavanje javnosti o njoj.

Obrađujući navedene teme dobro je znati da su učenici četvrtog razreda osposobljeni za samostalan rad pa im je dobro zadavati istraživačke zadatke u skladu s njihovim mogućnostima. Kako bi im se osiguralo čim bolji napredak nastava mora biti individualizirana.

#### *2.4. Termodinamički pojmovi koji se javljaju u razrednoj nastavi prirode i društva*

Moj zavičaj 3, udžbenik iz prirode i društva za 3. razred osnovne škole, autori: De Zan, Jelić Omčikus, Školska knjiga, Zagreb 2000.

Učenici trećeg razreda prvi puta se susreću s pojmom pokusa.

Pokus se definira kao umjetno izazvana prirodna pojava cilj koje je bolje upoznavanje predmeta istraživanja. U poglavlju pod naslovom »Istraživanje prirode« odgovara se na pitanja što su prirodne pojave i kako se tekućine ponašaju na različitim temperaturama, te se daju upute za izvođenje nekoliko pokusa. Iz udžbenika se može naučiti kako se tekućine šire dok ih zagrijavamo te kako zagrijavanjem vode raste njena temperatura. Temperatura se mjeri termometrom i piše u stupnjevima Celzija.

Korak u svijet 3, autori : J. Bastatić, B. Vladušić, Propfil, Zagreb 2008.

U zimi voda se vani zaledi. Zašto se to događa? Učenici se sami pomoću pokusa mogu uvjeriti da se voda javlja u tri agregatna stanja. Stave li u zamrzivač plastičnu čašu s vodom, voda će se smrznut. Izvan zamrzivača led se otopi i pretvoriti u vodu. Ako vodu stavimo u lončić i zagrijavamo je iznad nje će se veoma brzo pojaviti oblačići vodene pare. To pokazuje da voda mijenja stanja ovisno o tome da li je hladimo ili zagrijavamo. U prošlosti vodena se para koristila za pokretanje parnih brodova i parnih lokomotiva.

Naš svijet 4, udžbenik za 4. razred, autori: Ivan De Zan, Ivo Nejašmić, Božena Vranješ – Šoljan, Školska knjiga 2007.

Prva cjelina bavi se temeljnim uvjetima koji su nužni za život.

Sunce je uvjet života, ono nam daje svjetlost i toplinu. Temperatura zraka ovisi o dobu dana i položaju Sunca. Sunčeva svjetlost djeluje na biljke.

U poglavlju pod naslovom: »Voda-uvjet života«, prikazuje se: kako odrediti ledište i vrelište vode, kružni tok vode u prirodi, da voda svakodnevno isparava, raspored tople i hladne vode u prirodi.

»Zrak-uvjet života« učenike upoznaje s: pojmom tlaka zraka, barometrom, kretanjem toplog i hladnog zraka, koliko je važna vremenska prognoza i predviđanje vremena.

Moja domovina, udžbenik za 4 razred osnovne škole iz prirode i društva, autor: Tomislav Jelić, Alfa, Zagreb 2008.

Prvih nekoliko poglavlja učenike upoznaju s temeljnim uvjetima života. Mogu se dobiti odgovori na pitanja: zašto temperatura tijekom dana nije stalno ista, koji je uzrok promjeni godišnjih doba, iz kog razloga vjetar struji, zašto je važna vremenska prognoza.

## *Poglavlje 3*

### *3. Predmetna nastava*

Predmetna nastava obuhvaća više razrede od petog do osmog i veoma se razlikuje od one u nižim. Prije svega važno je napomenuti da su učenici druge dobi pa psihofizičke karakteristike imaju važan utjecaj na način i stil učenja. Posebno je specifičan peti razred kad učenici imaju posebne poteškoće kako bi se prilagodili novim uvjetima. Broj školskih predmeta se povećava, a isto tako i broj dnevnih i tjednih sati.

Kod učenika viših razreda potrebno je vježbati stvaralačke mašte u učenju. Mašta je veoma bitna za razvijanje kreativne osobnosti. Ona nam daje slobodu s obzirom na realnost. Stvaralačka mašta obuhvaća:

- percepciju - ono što se percipira,
- izolaciju - neke pojedinosti se odvajaju od drugih kako bi se bolje promotrile,
- asocijaciju - izdvojene činjenice treba povezati s ostalima eksplicitnim i implicitnim podacima s kojim dosad nisu bile asocirane i to na novim, realnim stvarima ili prividno mogućim relacijama. U višim se razredima zahtjeva od učenika ulaganje više napora, kritičnosti, samostalnosti i stvaralačkih aktivnosti pri usvajanju gradiva, sposobnosti i navika.

#### *3.1 Nastavni predmet priroda – uvod u nastavu fizike*

Predmet priroda koji učenici pohađaju u petom i šestom razredu osnovne škole ima zadatak ujediniti i povezati raznolika područja prirode i svijeta u jednu cjelinu. Ona objedinjuje fiziku kemiju i biologiju, pridonosi stvaranju cjelokupne slike okruženja i pokazuje učenicima dobar pristup shvaćanja i rješavanja problema.

U petome razredu učenici se upoznaju s time što su to prirodne znanosti, zatim razmatraju promjenu agregatnih stanja.

U šestom razredu, vezano uz termodinamiku, uče što je to energija i koji su njeni oblici (toplinska, Sunčeva, svjetlosna, fosilnih goriva). Opisuje se kako jedan oblik energije prelazi u drugi. Učenicima se može dati zadatak da npr. naprave istraživanje o tome

koji je izvor energije za zagrijavanje njihove škole, kolika je temperatura u učionicama i da li ima školska zgrada dobru izolaciju. U temi koja govori o protoku tvari i energije na Internetu se može pogledati prikaz zagrijanosti mora, morske struje, isparavanje nad morem, gibanje atmosfere. Obrađuju se sadržaji koji govore o životnim uvjetima u moru i na kopnu, gdje se kao izborni sadržaj može ispitati temperatura ledišta morske vode.

Nastava prirode bi trebala biti interaktivna, problemska, puna primjera iz svakodnevnog života. U njoj se usvajaju pojmovi koji služe kao podloga za predmete koji se uče kasnije u višim razredima, među kojima je i fizika.

### *3.2 Tehnička kultura*

Jedna od glavnih zadaća tehničke kulture je upoznati učenike s osnovnim zadaćama tehnike koja olakšava čovjeku rad, a time i život. Nastavni predmet tehničke kulture učenici pohađaju od petog razreda što je dvije godine ranije nego što se susreću s nastavnim predmetom fizikom. U toku nastave tehničke kulture dolaze u doticaj sa sadržajima koji su usko vezani uz termodinamiku. Tako se već u petom razredu obrađuje tema iz energetike – temeljni oblici energije. Ova izborna tema govori o tome kako su povezani energija, sila i rad, o razvoju korištenja energije u povijesti i o tome što sve spada u temeljne oblike energije. Učenici dolaze do spoznaje da je za svaku aktivnost potrebna energija.

Neki oblici energije su: »energija živih bića«, Sunčeva, toplinska, kemijska, izgaranja fosilnih goriva, električna, nuklearna i geotermalna. Daje se podjela na dva temeljna oblika energije i to na onu koja postoji u prirodi i onu koju čovjek dobiva pretvaranjem iz prirode pomoću različitih strojeva.

Navodi se najvažnije svojstvo energije - da ona ne može nestati, već da se samo može pretvoriti iz jednog oblika u drugi.

Opći cilj nastave tehničke kulture je izgraditi nov način mišljenja koji će učeniku omogućiti da: misli tehnološki i pedagoški i da vježba primjenu znanja. Na taj način učenik razvija operativne i stvaralačke sposobnosti, te samostalnost u radu. Kasnije u nastavi fizike to će mu znanje uvelike koristiti i pomoći na mnogim područjima.

Nastava tehničke kulture nastavlja se u sedmom i osmom razredu kada učenici već pohađaju nastavu fizike. Tako se u sedmom razredu razmatra način rada hladnjaka što nije dio nastavnog programa fizike u osnovnoj školi, a veoma je važna termodinamička tema. Budući da je bitno čim prije učeniku razjasniti fizikalne zakonitosti, na nastavi tehničke kulture ranije nego na nastavi fizike moguće je dati osnove koje će mu u tome pomoći.

### *3.3 Pregled tema iz fizike vezanih uz termodinamiku*

Nastavni predmet fizika ima zadatak da učenicima pomogne u stjecanju prirodoslovne pismenosti, tj. da usvoje znanstveni način razmišljanja što će im omogućiti razumijevanje prirode, zakonitosti koje u njoj vladaju i čovjeka kao njezinog integralnog dijela te izgrađivanje kritičkog stava o čovjekovoj intervenciji u prirodi.

Ona bi kod učenika trebala razviti pozitivan stav prema znanosti, tehnologiji, društvu i okolišu te pobuditi i razviti interes za daljnje obrazovanje u području znanosti i tehnologije.



Prema HNOS-u predlaže se iskustveno učenje tj. problemska i istraživačka nastava. Cilj takve nastave je potaknuti učenikovu znatiželju i zainteresirati ga za određenu temu. Kako bi se to postiglo predviđeni su i dodatni izborni sadržaji i izborne teme.

U predloženim temama sadržaji su smanjeni za 25% u odnosu na prijašnji program. To daje dodatnog prostora za izvođenje pokusa. Pošto je fizika prirodna znanost temeljena na eksperimentima, pokus bi trebao biti središnji nastavni element. Kako su nastavna pomagala i sredstva često nedostupna zbog financijskih razloga, potrebno je iskoristiti predmete koji nas okružuju i upotrijebiti ih u nastavi na zanimljiv, poučan i maštovit način. To od učitelja zahtjeva promišljen rad i dodatan trud kako bi sve dobro uskladio i svoj nastavni sat učinio interesantnim. Rezultat tog dodatnog napora bi trebao biti da je učenik potaknut na aktivno sudjelovanje u nastavi, a da nije samo pasivni promatrač.

Demonstracijski pokus veoma je bitan nastavni element i neophodan je za kvalitetnu nastavu, ali često zbog nedostatka opreme učenici nemaju prilike sami izvoditi pokuse. Kada učenici sami izvode pokuse, vidjelo se da bi idealno bilo raditi u razredu s oko 20 učenika sa po četiri do pet kompleta za vježbu i učiteljem koji je orijentiran na problemsku nastavu. Učitelj je taj koji mora znati što na nastavi želi postići i kako to postići, a u konačnici kako steći uvid u postignuća učenika.

Neki nastavnici smatraju da je dobro nastavu fizike održati u blok satu. Na taj se način lakše obrade nastavni sadržaji jer se obrađuju u kontinuitetu i nije potrebno pospremati pribor. Tada se ima dosta vremena za izvođenje pokusa i za raspravu o njima. Prilikom provjere znanja svaki učenik ima dovoljno vremena da riješi zadatak.

Mnogi se ne slažu s time i uviđaju nedostatke u radu u blok satovima. Jedna od mana je to što se tako stvara veliki vremenski razmak između dva blok sata 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 nov način razmišljanja i rješavanja problema. Kako bi se to postiglo, pred učenike se trebaju staviti zadaci koje mogu riješiti uz napor »zdravim naprezanjem«. Kod izvođenja pokusa pred učenike se neće staviti gotove činjenice već će ih se zamoliti da izraze svoje mišljenje i da predvide što će se u pokusu dogoditi. Konceptualno razumijevanje je važnije od enciklopedijskog znanja i iz tog razloga razumijevanju se mora dati prednost.

Nikada se ne smije ispustiti iz vida da bit nastave nije samo u obrazovanju, već i u odgoju. Nastava se treba izvoditi uvijek u pozitivnoj atmosferi, jer će jedino tada biti efikasna.

Nastavne cjeline vezane uz unutarnju energiju i toplinu, prema predloženom redosljedu dolaze tek na kraju sedmog razreda kada su učenici već obradili neke pojmove vezane uz termodinamiku kao što su to: rad, energija, snaga i tlak. Kako su sve ove teme međusobno povezane u nastavku su navedene po predloženom slijedu.

### *3.3.1 Pregled tema iz fizike u sedmom razredu osnovne škole, vezanih uz termodinamiku prema HNOS-u*

#### 13.Tlak

Ključni pojmovi :tlak, paskal (Pa)

Potrebno predznanje: težina, površina.

Novi stručni pojmovi: tlak, paskal (Pa),tlakomjer, barometar.

Obrazovna postignuća: učenik treba znati objasniti pojam tlaka i rješavati jednostavne zadatke.

#### 14.Rad

Ključni pojmovi: rad sile, džul (J).

Potrebno predznanje: sila, duljina.

Novi stručni pojmovi: rad sile, džul (J)

Sadržaji koje treba ispraviti ili ispustiti: pojam mehanički rad (ispustiti, nije ujednačeno poimanje)

Obrazovna postignuća: učenik treba znati objasniti pojam rad, uočiti ovisnost rada o sili i putu kojem sila djeluje, te znati primjenjivati matematičke izraze u primjerima i zadacima.

#### 15.Energija

Ključni pojmovi: energija, kinetička energija.

Potrebno predznanje: energija, kinetička energija.

Novi stručni pojmovi: energija, vrste energije, kinetička energija.

Sadržaji koje treba ispraviti ili ispustiti: izbjeci uvođenje pojma mehaničke energije.

Obrazovna postignuća: učenik treba znati objasniti pojam energija, izračunati energiju i rad.

#### 19.Unutarnja energija

Ključni pojmovi: unutrašnja energija, toplina, temperatura.

Potrebno predznanje: energija, kinetička energija, potencijalna energija.

Novi stručni pojmovi: unutarnja energija, toplina, temperatura.

Sadržaji koje treba ispraviti ili ispustiti: ne koristiti pojam toplinska energija nego toplina.

Obrazovna postignuća: učenik treba razlikovati i objasniti pojmove unutarnja energija, toplina temperatura.

#### 20.Toplinsko širenje tijela

Ključni pojmovi: toplinsko širenje tijela.

Potrebno predznanje: temperatura, duljina, ploština, obujam, gustoća tvari.

Novi stručni pojmovi : Anomalija vode, toplinsko širenje tijela.

Sadržaji koje treba ispraviti ili ispustiti: koeficijent toplinskog linearnog rastezanja i koeficijent toplinskog volumnog širenja tijela.

Obrazovna postignuća: učenik bi trebao znati povezati i objasniti ovisnost obujma tijela o temperaturi i povezati ovisnost gustoće tijela o temperaturi

## 21. Mjerenje temperature

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

Potrebno predznanje: mjerenje temperature, toplinsko širenje tijela.

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

Sadržaji koje treba ispustiti: Reaumurova i Fahrenheitovu ljestvicu, jednakost  $1^{\circ}\text{C} = 1\text{K}$ ,  $T = t + 273,15$  (pogrešan način pisanja nije dimenzijski jednako)

Obrazovna postignuća: učenik treba biti sposoban izmjeriti temperaturu termometrom i izraziti je u različitim mjernim jedinicama.

## 22. Prijelaz topline

Ključni pojmovi: vođenje, strujanje, zračenje.

Potrebno predznanje: toplina, unutarnja energija.

Novi stručni pojmovi: prijelaz topline, vođenje, strujanje, zračenje, dobri i loši vodiči topline, toplinski izolatori.

Sadržaji koje treba ispustiti: nazive kondukcija, konvekcija, radijacija.

Obrazovna postignuća: učenik treba biti sposoban navesti i objasniti primjere prijelaza topline vođenjem, strujanjem i zračenjem te razlikovati pojmove topline i unutarnje energije.

## 23. Mjerenje topline

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

Potrebno predznanje: toplina, temperatura, prijelaz topline.

Novi stručni pojmovi: specifični toplinski kapacitet.

Sadržaji koje treba ispraviti: nije korektno zapisati jedinicu za specifični toplinski kapacitet u obliku  $\text{J}/\text{kg K}$  (bez zagrade u nazivniku)

Obrazovna postignuća: učenik treba biti sposoban objasniti i interpretirati pojam specifičnog toplinskog kapaciteta.

Pravilo smjese za mjerenje topline.

Ključni pojmovi: temperatura smjese, predana toplina, primljena toplina.

Sadržaji koje treba ispustiti: naziv Richmannovo pravilo (zakon) smjese.

Novi stručni pojmovi: predana toplina, primljena toplina, temperatura smjese.

## 24. Promjena unutarnje energije radom i topline

Ključni pojmovi: zakon očuvanja energije.

Potrebno predznanje: rad, unutarnja energija, toplina.

Novi stručni pojmovi: zakon očuvanja energije.

Obrazovna postignuća: učenik treba moći navesti primjere iz života o pretvaranju rada i topline u unutarnju energiju

Izborna tema: Pretvaranje topline u rad

Ključni pojmovi: rad iz topline, rad koji obavlja plin, toplinski strojevi.

Sadržaji koje treba ispraviti ili ispustiti: ograničenja pri pretvaranju topline u rad (Carnotov princip)

Novi stručni pojmovi: klip, toplinski strojevi ,parni stroj, motor s unutarnjim izgaranjem.

Izborna tema: energija i energetika.

Dio cjeline s nastavnom temom: energija, unutarnja energija i toplina.

Novi stručni pojmovi: izvori energije, obnovljivi i neobnovljivi izvori energije, energetika.

Pri obradi navedenih tema, učitelji trebaju imati za cilj poučiti učenike kako ovladati primjenom različitih izvora znanja te metodama i tehnikama djelotvornog učenja.

## *Poglavlje 4*

### *4. Metodička priprema za izvođenje nastave fizike u sklopu razredne nastave prirode i društva i nastave fizike u sedmome razredu.*

#### *4.1 Priprema za izvođenje nastave fizike u sklopu prirode i društva za treći razred osnovne škole.*

Nastavni predmet: priroda i društvo

Nastavna jedinica: mjerenje temperature termometrom

##### ZADACI

Obrazovni:

- naučiti pravilno koristiti termometar
- znati objasniti način rada termometra
- znati mjernu jedinicu za temperaturu

Odgojni:

-razvijanje pozitivnog odnosa prema radu, aktivnosti, samostalnosti, suradnji, timskom radu.

Funkcionalni:

- razvijanje sposobnosti izvođenja jednostavnih pokusa
- razvijanje sposobnosti zamjećivanja
- razvijanje sposobnosti govornog, pismenog i likovnog izražavanja
- razvijanje urednosti i točnost

Oblici rada: frontalni, individualni, skupni, kombinirani

Nastavne metode:

- metoda demonstracije
- metoda crtanja
- metoda pisanja
- metoda razgovora
- eksperimentalna

Tip sata: obrada novih sadržaja

Korelacija s drugim predmetima: likovna kultura,

Nastavna pomagala i sredstva: školska ploča, kreda, posude s vodom, termometar, grijač

## ARTIKULACIJA SATA

Uvodni dio: postavljanje problema koji će učenike zainteresirati za gradivo

Glavni dio: izvođenje pokusa i konstruiranje novih pojmova i modela

Završni dio: primjena novih pojmova i modela

## TJEK IZVOĐENJA NASTAVE

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

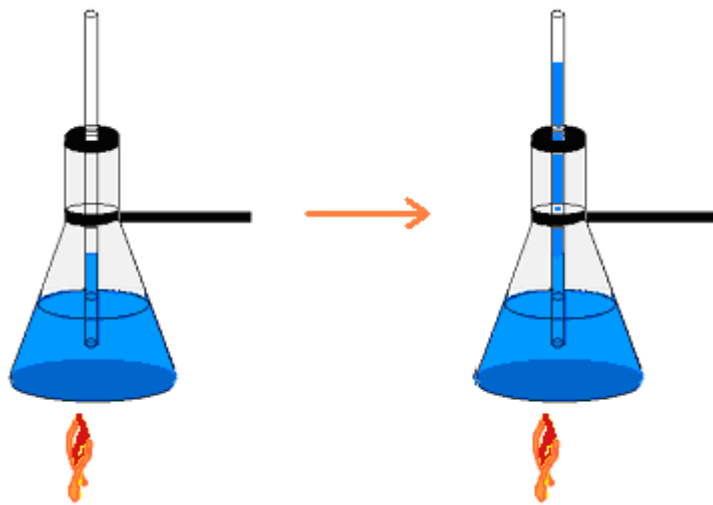
Čemu služi toplomjer? Kako ga koristimo? Što gledamo na njemu? Što se mijenja na toplomjeru dok mjerimo temperaturu?

Zašto se to događa?

Izvedemo pokus.

## Pokus

Pribor: plamenik, tikvica, gumeni čep sa cjevčicom, obojena voda.



*Stupac vode u cjevčici raste kako zagrijavamo vodu.*

Kroz gumeni čep provučemo staklenu cjevčicu te začepimo tikvicu u kojoj je obojena voda. Vodu zagrijavamo na plamenu.

Što zapažamo, što se događa sa stupcem vodom u cjevčici?

Nacrtajte što ste vidjeli.

Što se događalo s toplomjerom dok smo mjerili temperaturu?

Tvari imaju svojstvo da se zagrijavanjem šire, to svojstvo koristi i toplomjer, ali toplomjeru umjesto obojane vode imamo živu. Živa je otrovna tekućina i ako se termometar ili toplomjer razbiju ne bi je smjeli dodirivati, a kamoli gutati.

Učenicima se pokaže termometar te ih se upita:

Što je ovo i čemu služi?

Toplomjer koristimo za mjerenje temperature ljudskog tijela, a termometar za mjerenje temperature drugih tijela, tekućina ili plinova.

Temperatura nam govori koliki je stupanj zagrijanosti nekog tijela.

Nekoliko se termometara podjeli po razredu te se upita učenike.

Što ste vidjeli od čega se sastoji termometar?

( termometar se sastoji od: uske staklene cjevčice, posudice s tekućinom i temperaturne ljestvice) Često se u termometar kao tekućina stavlja alkohol ili kako smo već naveli živa.

Učenike se zamoli da nacrtaju termometar i da označe njegove dijelove.

Što piše na temperaturnoj ljestvici?

Temperaturna ljestvica pokazuje kolika je temperatura.

Temperatura se mjeri u Celzijevim stupnjevima ( $^{\circ}\text{C}$ ).

## Pokus

Pribor: dvije posude s vodom, led, grijač, termometar.

Zamoli se nekoliko učenika da izvedu pokus pred razredom.

U prvu posudu s vodom stavi se leda. Druga posuda se zagrijava sve dok voda u njoj ne počne vreti. Učenici očitavaju temperature na termometrima prije nego što su ih stavili u posude i nakon što su termometri neko vrijeme bili u posudama. Rezultate mjerenja svi učenici zapišu u bilježnice.

Kako bi kod kuće izmjerili temperaturu mlijeka?

-temperaturu možemo izmjeriti pomoću termometra.

Koja je mjerna jedinica za temperaturu?

-temperaturu mjerimo u Celzijevim stupnjevima ( $^{\circ}\text{C}$ )

Kolika je temperatura vani kada se voda počinje smrzavati?

-temperatura ledišta vode je  $0^{\circ}\text{C}$ .

Kolika je temperatura vode kada ona počinje vreti?

-temperatura vrelišta vode je  $100^{\circ}\text{C}$ .

-temperaturama nižim od  $0^{\circ}\text{C}$  dajemo predznak minus (-), a višim od  $0^{\circ}\text{C}$  pozitivan predznak (+) kojeg ne pišemo jer se podrazumijeva.

## 4.2 Priprema za izvođenje nastave fizike u sedmom razredu osnovne škole.

Nastavni predmet: fizika.

Nastavna jedinica: mjerenje temperature.

### ZADACI

Obrazovni:

- učenik treba znati objasniti način rada termometra
- učenik treba znati izmjeriti temperaturu termometrom i izraziti je u različitim mjernim jedinicama

Odgojni:

- razvijanje pozitivnog odnosa prema radu
- razvijanje spremnosti na suradnju, i timski rad

Funkcionalni:

- uvježbavanje moći zapažanja i logičkog mišljenja.

### ARTIKULACIJA SATA

Uvodni dio: na početku će se postaviti problem koji će učenike zainteresirati za gradivo

Glavni dio: izvođenje pokusa i konstruiranje novih pojmova i modela.

Završni dio: primjena novih pojmova i modela

Oblici rada:

- frontalni
- individualni
- kombinirani.

Nastavne metode:

- metoda demonstracije
- metoda crtanja
- metoda pisanja
- metoda razgovora
- eksperimentalna.

Tip sata: obrada novih sadržaja

Korelacija s drugim predmetima: matematika

Nastavna pomagala i sredstva: ploča, kreda, tikvica s gumenim čepom i staklenom cjevčicom, obojana voda, grijač, termometar.

### TJEK IZVOĐENJA NASTAVE

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

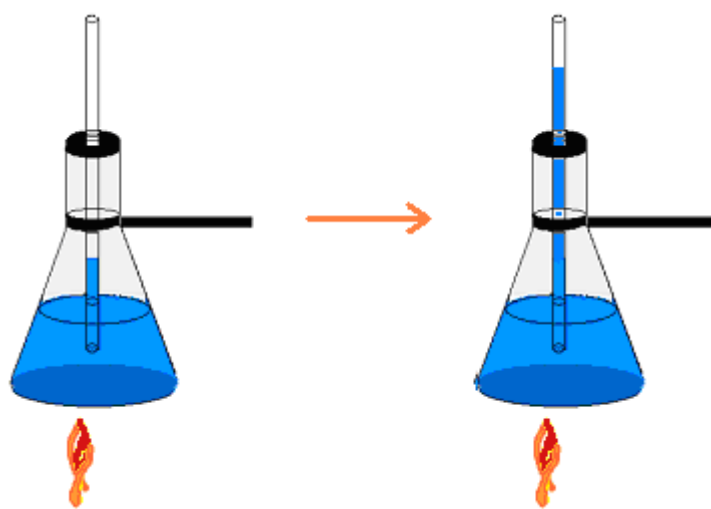
Zašto se, dok smo zagrijavali termometar, stupac žive produljio?

Izvedemo pokus.

### Pokus

Pribor: plamenik, tikvica, gumeni čep sa cjevčicom, obojana voda.





*Stupac vode u cjevčici raste kako zagrijavamo vodu.*

Kroz gumeni čep provučemo staklenu cjevčicu te začepimo tikvicu u kojoj je obojena voda. Vodu zagrijavamo na plamenu.

Što zapažamo, što se događa sa stupcem vodom u cjevčici?

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

Što možemo zaključiti? - Zagrijavanjem voda u cjevčici se širi.

Što se događa sa stupcem žive u termometru kojeg zagrijavamo? –Širi se.

Možemo zapaziti jednu važnu činjenicu – gotovo sve tvari kad ih zagrijavamo one se šire.

(Iznimka je Anomalija vode).

To svojstvo tvari iskorišteno je kod termometra, kako bismo mogli izmjeriti temperaturu.

U termometru sa živom, zagrijana živa se rasteže u ovisnosti o temperaturi.

Kako doći do mjerne ljestvice na termometru? Učenicima se da zadatak da objasne kako bi oni sami došli do mjerne ljestvice za temperaturu. Potrebne su im dvije točke – točka leđišta i točka vrelišta vode.

Astronom, Anders Celsius je prvi predložio mjernu ljestvicu prema kojem je i Celzijev stupanj ( $1^{\circ}\text{C}$ ) i dobio ime. Uzeo je da će nula Celzijevih stupnjeva ( $0^{\circ}\text{C}$ ) biti ona temperatura na kojoj se voda smrzava dok sto stupnjeva Celzijevih ( $100^{\circ}\text{C}$ ) biti točka vrelišta vode.

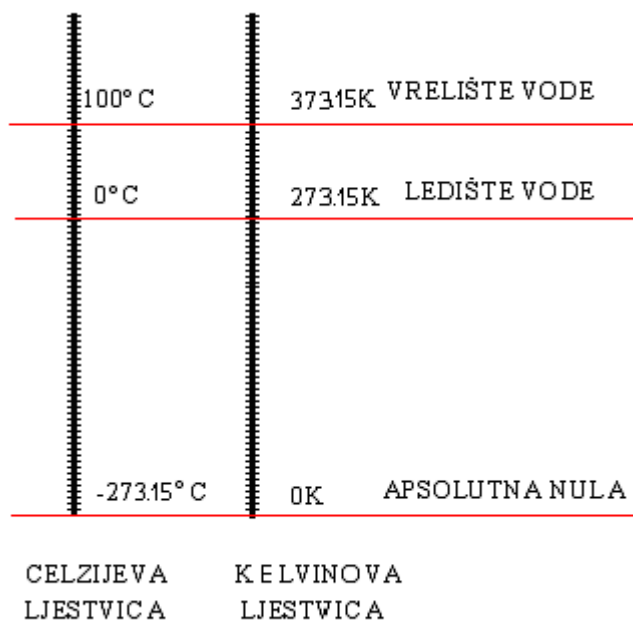
Zabilježio je položaj točke leđišta i točke vrelišta na termometru te njihov razmak razdijelio sa 100 jednakih dijelova. Svaki djelić na termometru označava jedan Celzijev stupanj.

Osim Celzijeve ljestvice fizičari koriste i Kelvinovu ljestvicu. Razmak između susjedna dva stupnja Kelvinove ljestvice isti je kao i za Celzijevu. Stupanj u Kelvinovoj ljestvici naziva se kelvin (K).

U čemu se te dvije ljestvice razlikuju?

Prema Kelvinovoj ljestvici 0K nije temperatura na kojoj se voda leđi, već temperatura apsolutne nule, tj. temperatura na kojoj prestaje nasumično gibanje molekula. Temperaturu u °C možemo izraziti pomoću K tako da vrijedi:

$T(K) \rightarrow 273,15 + t(^{\circ}C)$ . Treba naglasiti da se nikad ne piše °K već samo K.



*Usporedba Kelvinove i Celzijeve temperaturne ljestvice.*

Učenici trebaju s ploče precrtati sliku koja uspoređuje Celzijevu i Kelvinovu ljestvicu.

## Pokus

Pribor: posuda s vodom, grijač, termometar, ploča kreda, bilježnice.

Termometar se stavi u vodu koja se zagrijava. Zamoli se nekoliko učenika da očitaju različite vrijednosti temperature s termometra u Celzijevom stupnju, te da ih upišu u tablicu na ploči. Nakon što su to učinili, svi učenici u svoje bilježnice prepisuju vrijednosti s ploče u Celzijevom stupnju i sami ih preračunaju u kelvine. Kada su svi riješili zadatak, na ploču se napišu točne vrijednosti u kelvinima.

60 stupnjevi Celzija (°C)	kelvin (K)
17	
22	
30	

*Tablica koja prikazuje izmjerenu temperaturu u Celzijevim stupnjevima i kelvinima.*

Temperaturu mjerimo pomoću termometra. Termometar mjeri temperaturu tako da promjene koje nastaju zbog zagrijavanja nekog tijela učini vidljivima.

Mjerna jedinica za temperaturu je Celzijev stupanj ( $^{\circ}\text{C}$ ) koristimo li Celzijevu temperaturnu ljestvicu ili kelvin (K) kada koristimo Kelvinovu ljestvicu.

Te dvije ljestvice povezane su na način:  $T(\text{K}) \rightarrow 273,15 + t(^{\circ}\text{C})$

## Poglavlje 5

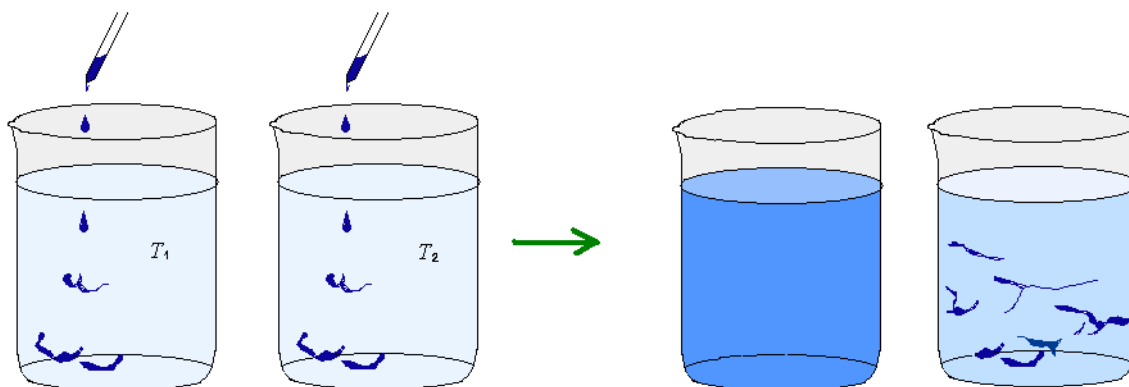
### 5. Pokusi koji učenicima objašnjavaju neke bitne termodinamičke pojmove

#### 5.1 Što se događa s tijelima dok ih zagrijavamo?

##### Pokus 1.

Pribor: dvije posude, kapaljka, tinta, vruća i hladna voda.

U jednu posudu stavimo vruću, a u drugu hladnu vodu. U svaku posudu nakapamo nekoliko kapi tinte te promatramo što će se dogoditi.



Uzmemo da je temperatura vode u prvoj posudi  $T_1$  viša od temperature vode u drugoj posudi  $T_2$ . Zašto se u ovome slučaju tinta u prvoj posudi brže razmutila?

Zašto se tinta u vrućoj vodi prije razmutila? Kakva je razlika između vruće i hladne vode?

Što se događa s tijelima dok ih zagrijavamo?

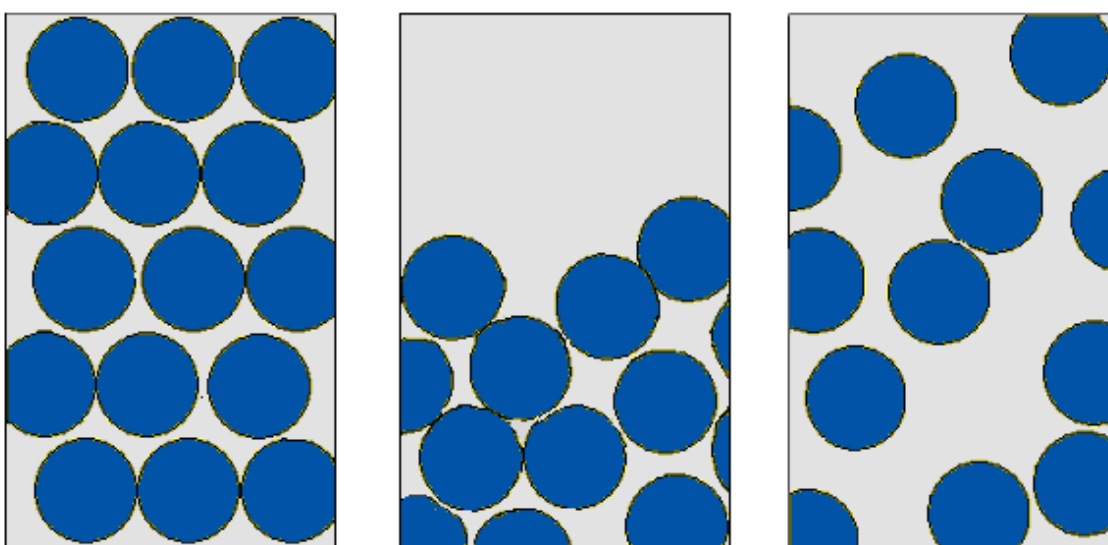
Učenicima nižih razreda treba objasniti da se molekule vode brže kreću što je ona više temperature, dok učenicima sedmog razreda možemo dati i detaljnije objašnjenje s

obzirom na predznanje koje imaju. Učenici su već upoznati s pojmovima kinetičke i potencijalne energije i pojmom sile.

Kako bi lakše odgovorili na pitanje »Što se događa s tijelima kad ih zagrijavamo?« moramo se podsjetiti kako su tvari građene.

Sve su tvari građene od atoma i molekula koje okružuje prazan prostor(vakuum). Između atoma i molekula postoje privlačne i odbojne sile. O tim silama ovisi u kojem će se agregatnom stanju tvar nalaziti. Međudjelovanje molekula nam govori da molekule imaju *potencijalnu energiju* (energiju položaja). Potencijalna energija je energija koju neki sustav ima zbog odnosa između njegovih dijelova.

*Slika na shematski način prikazuje međusobni položaj molekula u raznim agregatnim stanjima.*



*čvrsto*

*tekuće*

*plinovito*

Molekule u **čvrstim** tijelima u potpunosti ne miruju, već titraju oko svog ravnotežnog položaja amo - tamo. To titranje nije toliko izraženo da se ne bi mogle dobro definirati udaljenosti između susjednih molekula. Čestice tvari se nalaze veoma blizu i zauzimaju točno određen položaj prema drugim česticama. Možemo zapaziti pravilnu strukturu – određenu uredenost.

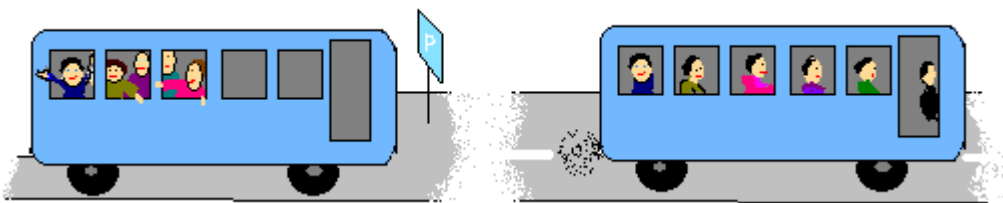
Što će se dogoditi kada čvrsto tijelo zagrijavamo? Tijelo će promijeniti agregatno stanje, preći će iz krutog u **tekuće**. Zašto? Zagrijavanjem tijelu dajemo energiju. Na račun te energije čestice će se početi slobodnije gibati. Svaka će se molekula gibati po pravcu tako dugo dok ne naleti na neku drugu molekulu, od koje se odbije i poleti u nekom drugom smjeru. Povećat ćemo im *kinetičku energiju* (energiju gibanja). Kinetička energija se definira kao energija tijela ili čestice koju tijelo ili čestica ima zbog svog gibanja.

Molekule će se s porastom temperature gibati brže. Više nećemo moći zapaziti uredenost, kao kod čvrstih tijela. Ipak čestice će, u nekoj mjeri, osjetiti međudjelovanje sa susjednim česticama.

Što će biti s našom tvari ako je i dalje nastavljamo zagrijavati? Tvar prelazi u **plinovito** stanje. Čestice dobivaju još više kinetičke energije. Međumolekulske privlačne sile više nisu dovoljno jake da čestice drže na okupu. Čestice tvari će se nasumično gibati i međusobno sudarati. Svaki će sudar česticama promijeniti smjer i brzinu gibanja.

Kada tijelo zagrijavamo povećavamo mu **unutrašnju energiju** koja je jednaka zbroju kinetičkih i potencijalnih energija svih molekula tijela.

Sada možemo odgovoriti na pitanje koje smo postavili: »Zašto se tinta u vrućoj vodi prije razmutila?«. Kapljice tinte koje su dospjele u vruću vodu češće su se sudarale s molekulama vode nego u hladnoj vodi. To je razlog zašto se tinta brzo rasprostranila u vrućoj vodi, dok je u hladnoj puno duže ostala skupljena na jednome mjestu.



*Djeca u autobusu koji stoji mogu skakati i biti nemirna, a u autobusu koji juri mogu mirno sjediti na mjestima.*

Moramo naglasiti razliku između gibanja tijela i gibanja molekula zbog topline.

Kad se tijelo giba onda se sve njegove molekule gibaju zajedno na isti način te zadržavaju urednost. Pri toplinskom gibanju molekule se nesređeno gibaju, ali čitavo tijelo se ne mora pomicati.

To zorno možemo usporediti sa djecom u autobusu. Kao što autobus može mirovati i nema kinetičku energiju, a da su djeca u njemu nemirna i skaču uokolo, isto tako i tijelo može mirovati, a da se njegove molekule gibaju te je tijelo zagrijano. Cijelo tijelo nema kinetičku energiju jer miruje, no molekule od kojih je tijelo sastavljeno posjeduju kinetičku energiju. Sada zamislimo drugu situaciju. Djeca mirno sjede u autobusu na svojim mjestima, a autobus se kreće. Ovu situaciju možemo usporediti sa slučajem kada je tijelo hladno, ali se giba određenom brzinom. Čestice u hladnim tijelima neće totalno mirovati već će titrati oko svojih ravnotežnim položajima. Situacija kada bi nestalo svakog gibanja među česticama odgovara bi temperaturi apsolutne nule (0 K). Temperaturu apsolutne nule ne može se eksperimentalno postići. U zbilji čestice se uvijek gibaju, samo što gibanje može biti slabije ili jače.

Naravno, tijelo može mirovati i biti hladno isto tako može se gibati i biti zagrijano.

## 5.2 Toplina

### Pokus 2.

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

Uzet ćemo tri posude. U prvu posudu stavimo hladnu vodu u koju smo stavili par kockica leda. U drugu posudu ćemo staviti nešto jače zagrijanu, ali ne prevruću vodu da se ne opečemo, a u treću mlaku.

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



Strelice pokazuju smjer protoka topline. Toplina uvijek prelazi s toplijeg na hladnije tijelo.

Jednu ruku stavimo u prvu posudu, a drugu ruku u drugu posudu te ih nakratko zadržimo. Nakon par trenutaka obje 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 prije držali u toploj vodi voda u trećoj posudi bit će vruća, a za ruku koju smo držali u zagrijanoj vodi bit će hladna. Temperatura u trećoj posudi je ista u svim dijelovima. To znači da naš doživljaj toplo – hladno ne ovisi o temperaturi već o tome da li nam je voda zagrijala ruku ili ju je ohladila.

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 toplinu. Zašto je voda hladila ruku? Zato što tijela koja su u dodiru izmjenjuju toplinu sve do toga dok im se temperature ne izjednače. Kad smo ruku premjestili u srednju posudu ugrijali 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 toplinu da bi bila iste temperature kao okolna voda. S drugom rukom je bio obrnuti proces. Prvo smo je držali u drugoj posudi u kojoj je bila voda najviše temperature. Premjestivši je u treću posudu toplina iz naše ruke je prelazila u okolnu vodu.

**Toplina** je onaj dio unutrašnje energije tijela koja spontano prijelazi s tijela više na drugo tijelo niže temperature. Drugim riječima toplina je ono što prijelazi s jednog tijela na drugo zbog njihovih nejednakih temperatura. Treba ipak naglasiti da toplina nije neki nevidljivi fluid koji teče s toplijeg na hladnije tijelo.

Oznaka za toplinu je  $Q$ , a mjerna jedinica je džul (J).

U zimskim mjesecima, dok je vani hladno često pijemo čaj.

Što se zagrije, a što se ohladi kada držimo šalicu vrućeg čaja?

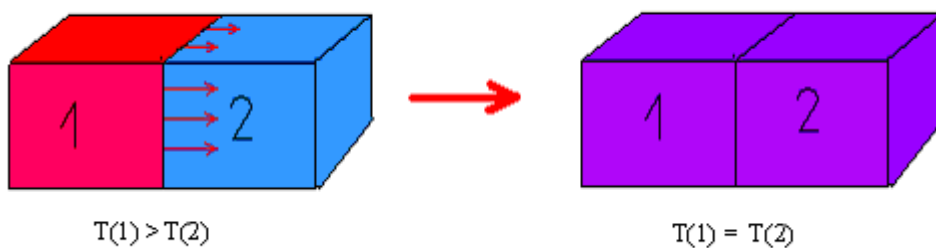
Da li nam se ikada dogodilo da nam to nije uspjelo, jer su nam se ruke još više ohladile a da je čaj u šalici pri tome postao još vrućiji? To se nikada nije dogodilo, jer je to nemoguće! Naše ruke su se ugrijale na račun topline čaja koji se ohladio.



### Pokus 3.

Pribor: dvije metalne kockice koje mogu prionuti jedna uz drugu, hvataljke, grijača ploča.

Uzmemo jednu metalnu kockicu te je zagrijemo, nakon toga je stavimo uz drugu hladniju kockicu. Nakon nekog vremena dodirujemo kocke.



*Prijelaz topline.*

Što se dogodilo s toplom, a što s hladnom kockicom?

Da li se može toplija kockica još više zagrijati na račun hladnije kockice?

### Pokus 4.

Pribor: čaša, voda, led.



*Zašto se led topi u vodi?*



Možemo zapaziti jednu važnu činjenicu da toplina uvijek prijelazi s toplijeg na hladnije tijelo!

Ako imamo dva tijela iste temperature kolika će biti izmjena topline među njima? Toplina će biti jednaka nuli, ali tijela imaju određenu temperaturu koja ne mora biti jednaka ničtici.

Kada se temperature tijela izjednače nema izmjene topline.

Treba naglasiti da temperatura nije isto što i toplina!

Toplina je energija u prijelazu. Što je temperatura?

Temperatura je svojstvo tijela ili dijela prostora koje određuje hoće li ili neće biti izmjene topline između dvaju susjednih tijela te u kojem će smjeru toplina teći.

Ona je razmjerna prosječnoj kinetičkoj energiji nasumičnog gibanja molekula u tijelu.

### 5.3 Vođenje topline



*Zašto nam se pločice čine hladnijima?*

Ako smo bos hodali po kući mogli smo primijetiti da nam se pločice pod nogama čine hladnije od parketa. Da li su pločice na nižoj temperaturi od parketa? Kako to da se temperature pločica i parketa nisu izjednačile nakon tako dugog doticaja?

Da li su im temperature iste? U čemu je zagonetka?

Pločice i parketi zapravo jesu na istoj temperaturi, ali zašto onda nemamo isti osjet topline u oba slučaja? Odgovor leži u tome što pločice i parketi ne provode toplinu jednako.

Prijelaz topline između dvaju tijela u dodiru naziva se vođenje topline.

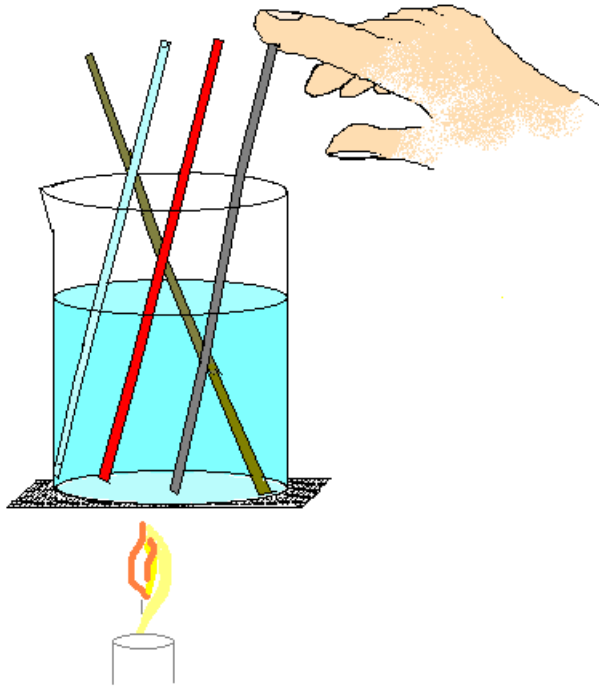
Razmislite: zašto su ručke na kuhinjskom priboru napravljene od plastike i drva, a ne od metala?

Loši vodiči topline nazivaju se toplinski izolatori.

## Pokus 5.

Pribor: grijač, posuda s vodom, metalna šipka, drveni štapić, staklena cjevčica, plastični štapić.

Zadatak: zagrijemo vodu i u nju stavimo metalnu šipku, zatim drveni štapić itd. Treba odrediti koje su od navedenih predmeta dobri, a koji loši vodiči topline.



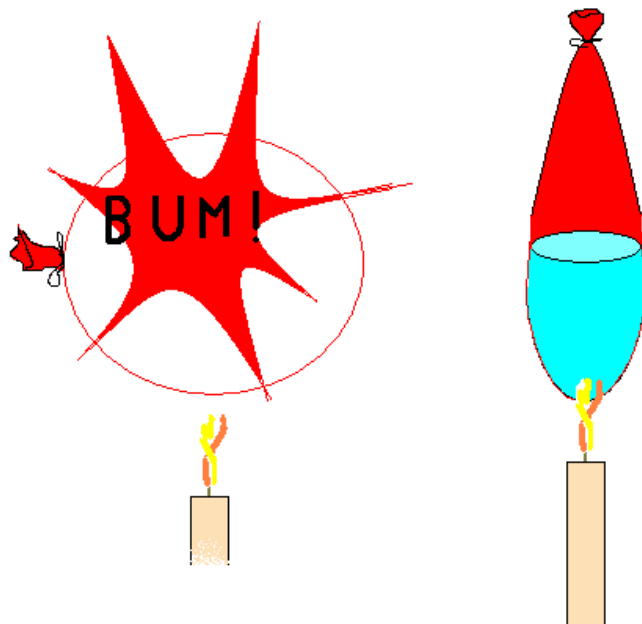
*Koji je štapić najtopliji ?*

## 5.4 Toplinski kapacitet

### Pokus 6.

Pribor: dva balona, svijeća, voda.

Uzmemo dva balona. Jednog napunimo zrakom dok u drugog stavimo i zraka i vode. Balone približimo vatri. Što će se dogoditi s balonima?



*Balon napunjen zrakom i balon napunjen zrakom i vodom.*

Zašto balon s vodom nije prasnuo?

Što se treba dogoditi da balon prasne?

Voda i zrak nemaju iste *toplinske kapacitete*. Voda je dobar vodič topline i brzo rashlađuje gumenu opnu. Ona ima velik toplinski kapacitet te može primiti mnogo topline da bi se zagrijala do temperature na kojoj gumena opna balona puca. To je razlog zašto balon napunjen vodom nije prasnuo. Kod balona napunjenog zrakom bila je obrnuta reakcija. Zrak loše vodi toplinu i ima mali toplinski kapacitet. Kako zrak nije mogao rashlađivati opnu balona, ona je pukla.

Toplinski kapacitet je omjer topline dovedene tijelu i promjene temperature tijela.

Jedan od razloga zašto nam se neka tijela iz okoline čine hladnija, a druga toplija jest taj što imaju različite toplinske kapacitete. Neka tijela moraju dobiti više topline od drugih da bi se zagrijala do istog iznosa temperature.

Tijelo koje ima mali toplinski kapacitet lakše će se zagrijati od onog tijela koje ima veliki toplinski kapacitet.

## 5.5 Tlak

Pokus 7.

Pribor: lonac s poklopcem, grijača ploča, voda.

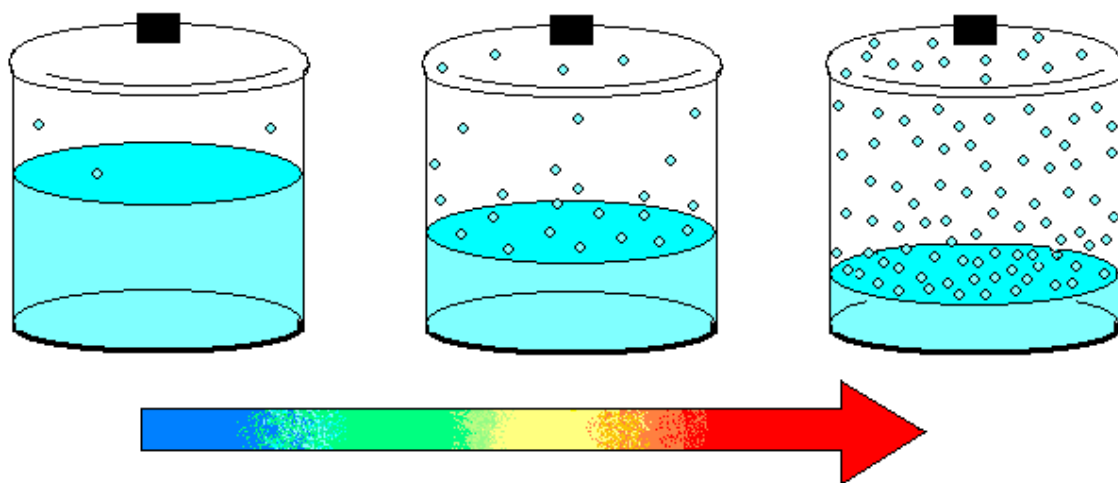
Zaklopljen lonac zagrijavamo na grijačkoj ploči.

Što će se početi događati nakon nekog vremena kad voda počne vreti? Što je uzrok ovoj pojavi?

Poklopac ima određenu površinu  $A$ . U početku dok je voda hladna molekule vode zauzimaju donji dio lonca do određene razine, nalaze se u tekućem agregatnom stanju.

Kada vodu zagrijavamo molekule dobivaju sve više i više kinetičke energije, te sve češće napuštaju površinu vode, prelaze u plinovito agregatno stanje, brže se nasumično gibaju. Daljnjim zagrijavanjem povećava se broj molekula u vodenoj pari. Neke od molekula dolaze do poklopca, udaraju u njega i odbijaju se. Molekule, koje imaju određenu masu, u trenutku sudara mijenjaju smjer brzine, djeluju silom na poklopac. Što je više molekula u vodenoj pari to su češći sudari s poklopcem. Na početku će se, u jednome trenu, samo mali broj molekula vodene pare sudarati s poklopcem, kasnije taj će se broj povećati. Doprinos svake pojedine molekule, u nekom trenu, će se zbrajati - sila na površinu poklopca će rasti, te će poklopac poskakivati. Pošto je gibanje molekula nasumično (u svim smjerovima) sila se neće povećati samo na površini poklopca već i na stjenkama lonca.

*Lonac s vodom zagrijavamo.*



*Zagrijavanje.*

Okomito djelovanje pritisne sile  $F$  na jedinicu površine  $A$  fizičari nazivaju tlakom, a označavaju sa  $p$ .

Gornje riječi možemo napisati pomoću formule:

$$p = \frac{F}{A},$$

Što nam ova formula govori? Ako povećavamo silu  $F$  koja djeluje na površinu  $A$  tlak  $p$  će se povećati. Isto tako tlak  $p$  će porasti ako istom silom  $F$  djelujemo na manju površinu  $A$ .

Mjerna jedinica je za tlak  $p$  je paskal (Pa), nazvana u čast francuskog matematičara i fizičara Blaisea Pascala. Paskal je izvedena jedinica, možemo je ovako raspisati:

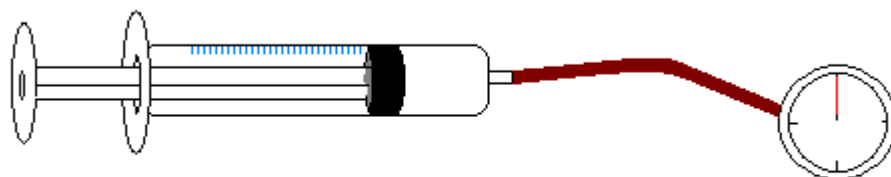
$$Pa = \frac{N}{m^2}$$

$N$  je jedinica za silu, a  $m^2$  za površinu.

U ovom pokusu mogli smo vidjeti da tlak raste s porastom temperature. Što se s tlakom događa ako smanjujemo volumen?

### Pokus 8.

Pribor: šprica, barometar.



*Ovisnost tlaka o volumenu.*

Sa gumenim crijevom povežemo barometar i špricu kao na slici. Ako smanjujemo volumen zraka u šprici kako se ponaša tlak? Razmislite zašto se tlak povećao?

Zadatak.

Očitamo vrijednosti volumena zraka u šprici i tlaka na barometru, izmjerene vrijednosti zabilježimo u tablicu. Ponovimo postupak nekoliko puta.

volumen	tlak

Što se može zaključiti? Kako se mijenja tlak u ovisnosti o volumenu?

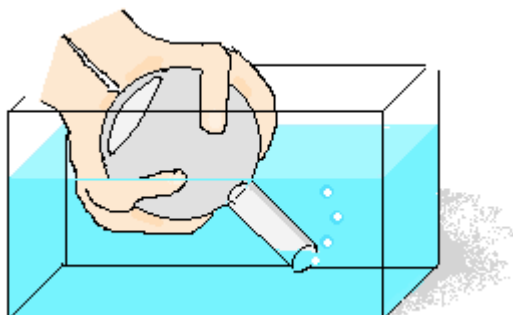
Dok tlak u plinu nastaje zbog gibanja njegovih molekula, tlak u tekućinama je posljedica težine tekućine i njene sposobnosti da se može prelijevati.

## 5.6 Promjena volumena pri zagrijavanju.

### Pokus 9.

Pribor: tikvica i posuda s vodom.

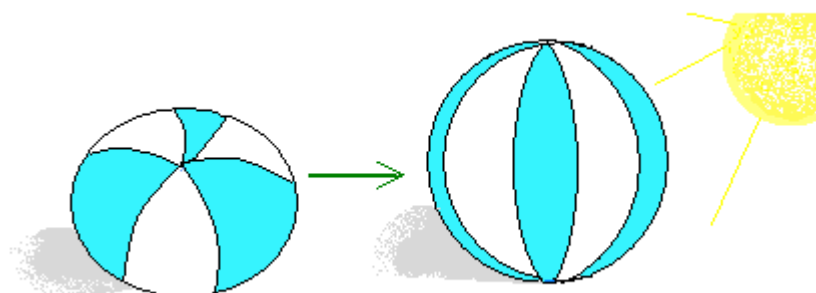
Prstom začepimo tikvicu te je uronimo u posudu s vodom tako da joj otvor bude s donje strane kako u nju ne bi ulazila voda. Obuhvatimo tikvicu s rukama i na taj je način zagrijavamo. Što primjećujemo?



*Zašto iz tikvice izlaze mjehurići zraka kada je zagrijavamo?*

Možemo primijetiti da iz tikvice izlaza mjehurići zraka. Zašto se to događa?

Pri zagrijavanju zrak se širi i zauzima veći obujam. Volumen (obujam) tijela je veličina prostora koje tijelo zauzima. Kako je zagrijanom zraku potrebno više prostora on izlazi iz tikvice i u vodi ga vidimo kako izlazi u obliku mjehurića.



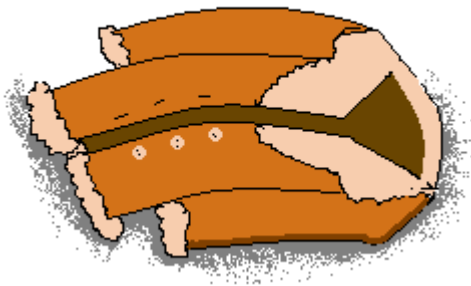
*Zašto na plaži slabo napuhana lopta postaje tvrda?*

## 5.7 Prvi zakon termodinamike.

To je zakon o očuvanju energije.

Energija se ne može niti stvoriti niti uništiti već može samo prelaziti iz jednog oblika u drugi. Ako nema gubitka u okolini, energija koju je tijelo otpustilo jednaka je energiji koju je drugo tijelo dobilo. Opisani sustav naziva se zatvoreni sustav.

## Pokus 10.



*Grije li jakna ?*

Pribor: jakna i termometar.

Grije li jakna? Da bi odgovorili na to pitanje stavit ćemo termometar u jaknu i nakon nekog vremena provjerit ćemo da li termometar pokazuje višu temperaturu nego prije stavljanja u jaknu.

Što smo zapazili?

Kako to objasniti?

Što se događa kada nas nešto grije?

Što je toplina? Jakna je prije i poslije izvođenja pokusa ostala ista nije se promijenila ni njena temperatura ni išta drugo.

Ako je toplina oblik energije, može li ona stvoriti?

Zašto nam je toplije u jakni nego ako smo bez nje?(Jakna nas štiti od hladnoće, ali nije izvor topline.)

Koji su izvori topline? ( Sunce, grijalica, peć...)

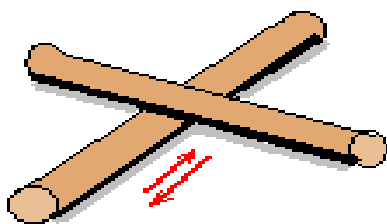
Može li nas peć grijati ako u nju ne stavljamo drva ili neko drugo gorivo koje izgara?

Peć nam daje toplinu na račun izgaranja drva.

Isto kao i peć i drugi izvori topline daju toplinu na račun nekog drugog oblika energije.

## Pokus 11.

Pribor: dva drvena štapića.



*Trljanjem štapići se zagriju.*

Trljamo drvene štapiće jednog o drugog. Dodirnemo štapiće.

Što primjećujemo?

Zašto su se štapići zagrijali?

Trljanjem drvenih štapića vršili smo rad.

Molekule na dijelu štapića gdje smo ih trljali počele su se brže kretati, rezultat je bio porast temperature toga dijela.

Rad je jedan od oblika energije i toplina je jedan oblik energije. Energija se u ovome pokusu samo pretvorila iz jednog oblika u drugi nije nestala, niti se stvorila.

Kako se može zapaliti vatra bez šibica ili upaljača?



*Kako zapaliti vatru bez šibica i upaljača?*

Učenicima sedmog razreda može se dati dodatno objašnjenje.

Unutarnja energija tijela se definira kao zbroj kinetičke i potencijalne energije svih molekula tijela.

Prvi zakon termodinamike nam govori da je promjena unutrašnje energije  $\Delta U$  sustava koji prelazi iz jednog stanja u drugo jednaka zbroju rada  $W$  izvršenog vanjskim silama i količine topline  $Q$  dovedene sustavu:

$$\Delta U = W + Q$$

Oznaka  $\Delta$  [delta] označava promjenu neke veličine.

Termodinamički sistem razmjenjuje rad s okolinom na dva moguća načina:

1) Razmjenom topline  $Q$  s okolinom. Pri čemu ako sustav prima toplinu od okoline  $Q$  će biti pozitivno, ako predaje okolini  $Q$  će biti negativno.

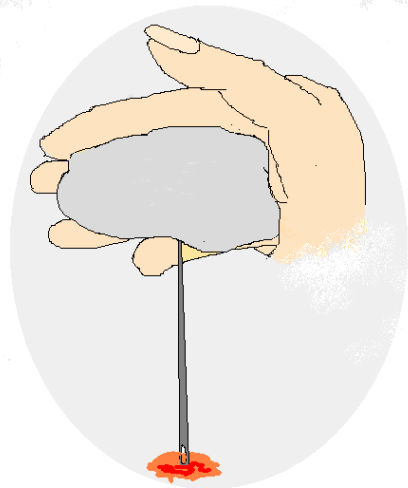


2)Radom W. Rad je negativan kada sustav vrši rad, pozitivan kada okolina vrši rad nad sustavom.

### Pokus 12.

Pribor: igla, tanak listić presavijenog papira, plastelin.

Tok pokusa: stavimo listić tankog papira na vrh igle tako da on samostalno stoji. Ruku približimo papiru. Što se događa? Zašto ?



Objašnjenje: dlan zagrijava zrak ispod papira. Zagrijani zrak se diže, jer je lakši od hladnijeg okolnog zraka. Papirić se vrti od zapešća prema prstima, jer je zapešće toplije od prstiju. Papirić vrši rad na račun topline naših ruku.

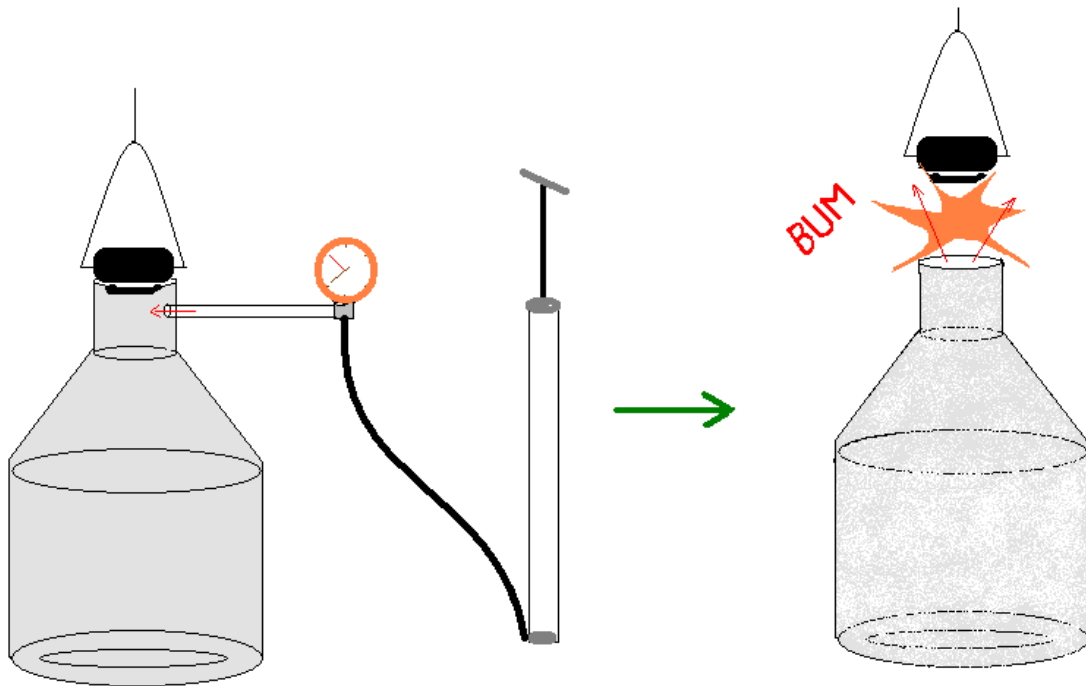
### Pokus 13.

Pribor: boca, pumpa, manometar.

U staklenoj začepljenoj boci stlačimo zrak pomoću pumpe za bicikl. Bocu naglo otvorimo.

Što smo zapazili?

Koje je objašnjenje ove pojave?



*Adijabatska ekspanzija.*

Obrazloženje: Magla koja se pojavila na stjenkama boce nastala je od pare u zraku koja se naglo ohladila.

Zašto se para ohladila?

U ovom slučaju broj molekula zraka u boci nije bio konstantan. Na početku smo pomoću pumpe doveli zrak u bocu što je bio uzrok povišenju tlaka u boci. Isto tako, temperatura zraka se, s porastom tlaka, povisila. Nakon otvaranja boce, kada je čep pod pritiskom odletio, molekule zraka su naglo napustile prostor boce što je imalo za posljedicu da se tlak u boci naglo snizi.

Snižavanjem tlaka plin je izvršio rad. Taj rad je izvršen na račun njegove unutrašnje energije. Budući da je proces bio adijabatski (nismo doveli toplinu), a izvršen je rad na račun unutrašnje energije, zrak se ohladio.

Navedeno obrazloženje je u skladu s *prvim zakonom termodinamike* koji nam govori da je promjena unutrašnje energije sustava jednaka zbroju izvršenog rada i topline dovedene sustavu.

Na principu adijabatske ekspanzije rade klimauređaji i hladnjaci.

Pokuse koje sam navela može se izvoditi i u nižim i u višim razredima osnovne škole. Jednostavni su i učenici mogu iz njih naučiti važne činjenice. Naravno u višim razredima mogu se dati detaljnija objašnjenja i produbiti se znanje.

Učenici u trećem i četvrtom razredu osnovne škole na satovima prirode i društva nemaju mnogo vremena koje je predviđeno za obradu pojmova koji su vezani za termodinamiku, tako da navedeni pokusi nažalost nemaju mjesta u sadašnjem programu. Ipak, dobro ih je izvesti, ako se za to prikaže prilika, jer su veoma poučni.

## *Zaključak.*

U ovome sam radu pokušala dati cjelokupni pogled na to kada se učenici u toku osnovnoškolskog obrazovanja susreću s osnovnim termodinamičkim pojmovima.

Dijete od rođenja promatra svijet oko sebe i stvara predodžbe o njemu koje se kasnije teško mijenjaju, zato je bitno da ga čim ranije upoznamo s temeljnim fizikalnim pojmovima i zakonitostima.

Već pri dolasku u školu dijete je ušlo u razdoblje konkretnih operacija i može rješavati probleme i planirati, što je pogodno da već tada počne usvajati neke osnovne pojmove koji su vezani za termodinamiku. Ipak, u prvom razredu osnovne škole, dijete ima veliku potrebu za igrom i ne smije ga se preopteretiti gradivom. Ono tada mora usvojiti čitanje, pisanje i temeljne matematičke operacije, tako da predmet priroda i društvo ima ogroman zadatak da razvija zanimanje za prirodne zakonitosti. U prvom i drugom razredu na nastavi prirode i društva učenici promatraju karakteristike vezane uz određeno godišnje doba i navike ljudi vezane uz njih. Najviše pojmova vezanih uz termodinamiku u sklopu prirode i društva uči se u trećem razredu. Učenici se tada upoznaju s pojmom pokusa, te ga uz nadzor i vodstvo učitelja i sami mogu izvoditi. Pri izvođenju pokusa, učenike bi trebalo zamoliti da sami predvide što će se u pokusu dogoditi, jer će na taj način uvježbavati fizikalni način razmišljanja i rješavanja problema. U trećem razredu, uči se pravilna upotreba termometra, zapisivanje temperature tijela te se objašnjavaju različiti oblici stanja vode. U četvrtom se razredu razmatraju uvjeti koji su potrebni za život. Osim u razrednoj nastavi prirode i društva i kasnije u predmetnoj nastavi fizike, učenici se s osnovnim termodinamičkim pojmovima susreću i na predmetnoj nastavi iz prirode i tehničke kulture. Tako će učenici u petom razredu na razrednoj nastavi tehničke kulture učiti koji su temeljni oblici energije i važnu činjenicu da se energija ne može stvoriti niti uništiti već da se samo može pretvoriti iz jednog oblika u drugi.

S formalnim obrazovanjem nastave fizike započinje se tek u sedmom razredu osnovne škole. Tada se učenici na sistematičan način upoznaju s osnovnim termodinamičkim pojmovima. Prije nastavnih tema vezanih uz toplinu već su se upoznali s nekim od pojmova koji su usko vezani uz termodinamiku, kao što su: tlak, rad, energija. Učenici tako dobivaju dobru pojmovnu podlogu koja će im kasnije pomoći u usvajanju gradiva.

Smatra se da je dob od 11-12 godina, kada mlade osobe ulaze u fazu formalnih operacija, podobna za početak učenja fizike kao nastavnog predmeta. No, do tada učenici su iz osobnog iskustva već, stekli neke predodžbe i stvorili neke koncepcije vezane za termodinamiku, a nerijetko su one krive. Tako npr. učenici često miješaju

pojam topline s pojmom temperature, ili pak misle da je toplina neki fluid koji može teći s jednog tijela na drugo. Iz tih razloga veoma je bitno da se dobro iskoriste prilike koje nam se nude u razrednoj nastavi prirode i društva, te kasnije u predmetnoj nastavi iz prirode i tehničke kulture, kako bi se dali dobri temelji za usvajanje novog gradiva u sklopu nastavnog predmeta fizike.

## *Popis literature*

- 4 fizike, autori : Hrvoje Mesić, Nenad Raos , Zagreb, 2002. g. Tehnički muzej.
- Hrvatska i svijet u 18 i 19 stoljeću, autori: Franko Mirošević, Trpimir Macan, Zagreb, 1996.g. Školska knjiga, četvrto izdanje.
- Uvod u znanost o toplini i termodinamici , autor: Tomislav Petković , Zagreb 1997. g.  
Element, prvo izdanje.
- Zanimljiva fizika, autor. J. I. Pereljman, Svitava, Zagreb, 2003. g.
- Fizika 7, autori: Djaković, Kurtović, Ratkaj, Krnjaić. Zagreb 2007. g. Profil.
- Fizika čudna znanost, autori: Ph. D. Irwing Adler. Školska knjiga, Zagreb 1972. g.
- Dictionary of Physics, Oxford, Fothth edition 2000.g.
- Radna bilježnica ,Fizika za 7. razred osnovne škole, autori: Zumbulka Beštek Kadić, Nada Brković, Planinka pećina, Zagreb 2008. g. Element.
- Fizika 7, udžbenik za 7 razred, autor: Vladimir Paar, Školska knjiga , Zagreb 2003.g.
- Fizika 7, priručnik za nastavnike, autori: Sanja Prelovšek – Peroš, Vladimir Paar, Školska knjiga , Zagreb 2003. g.
- Iskustva u ostvarenju HNOS-a, autori: Danica Crnčić i suradnici, Kalnik – Varaždinske Toplice 2008.g.
- Didaktičke osnove nastave, autor: Filip Jelavić, Naklada Slap, Jastrebarsko, 1994. g.
- <http://public.mzos.hr>
- Tehnička kultura 5, udžbenik za 5. razred osnovne škole, autori: Ida Srđić, Branko Hrpka, Alfa, Zagreb, 2007.g.
- Tehnička kultura 5, radna bilježnica iz tehničke kulture, autori: Ida Srđić, Branko Hrpka, Alfa, Zagreb, 2007.g.

- Moj zavičaj 3, udžbenik iz prirode i društva za 3. razred osnovne škole, autori: De Zan, Jelić Omčikus, Školska knjiga, Zagreb 2000. g.

-Upoznajem zavičaj 3, radni primjerak, autori: Ljiljana Klinger, Sanja Urek, Danica Vrgač, Školska knjiga, Zagreb 2004.g.

-Korak u svijet 3, autori: Jolanda Bastatić, Banita Vladušić, Propfil, Zagreb 2008. g.

-Naš svijet 4, udžbenik za 4. razred, autori: Ivan De Zan, Ivo Nejašmić, Božena Vranješ – Šoljan, Školska knjiga 2007. g.

- Moja domovina, udžbenik za 4 razred osnovne škole iz prirode i društva, autor: Tomislav Jelić, Alfa, Zagreb 2008.g.

- Moja domovina, radna bilježnica iz prirode i društva za 4. razred osnovne škole, autor: Alfa, drugo izdanje Zagreb 2008. g.

- [http://eskola.hfd.hr/kucni\\_eks/ke9/kapacitet.htm](http://eskola.hfd.hr/kucni_eks/ke9/kapacitet.htm)

-University Physics, Yung & Treedman, Copyright 2004. g.

-Otkrivamo fiziku 7., udžbenik za 7. razred osnovne škole sa CD-om, autori: Sonja Prelovšek-Peroš, Branka Mikuličić, Branka Milotić, Školska knjiga, Zagreb 2007. g.

-Osobine i psihološki uvjeti razvoja djeteta predškolske dobi, autori: Branka Starc, Mira Čudina Obradović, Ana Pleša, Bruna Profaca, Marija Lerica, Golden marketing – Tehnička knjiga, Zagreb 2004.g.

-Interaktivna stvaralačka edukacija, autor: Marko Stevanović, Andromeda, Rijeka 2003. g.