

# Suvremena nastava fizike: učeničke miskonceptije o temperaturi i toplini

---

**Bacinger, Kristina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:852350>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET**  
**MATEMATIČKI ODSJEK**

Kristina Bacinger

**SUVREMENA NASTAVA FIZIKE: UČENIČKE  
MISKONCEPCIJE O TEMPERATURI I  
TOPLINI**

Diplomski rad

Voditelj rada:  
Doc. dr. sc. Dalibor Paar

Zagreb, 2019.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ pred  
ispitnim povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_, predsjednik
2. \_\_\_\_\_, član
3. \_\_\_\_\_, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom \_\_\_\_\_ .

Potpisi članova povjerenstva:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. SUVREMENA NASTAVA FIZIKE</b> .....	3
2.1. Pokusi u nastavi fizike .....	5
<b>3. TEMPERATURA I TOPLINA</b> .....	7
3.1. Temperatura .....	7
3.1.1. Mjerenje temperature .....	7
3.2. Toplina .....	9
3.2.1. Toplinsko širenje .....	9
3.2.2. Prijenos topline.....	11
3.2.3. Količina topline .....	12
3.2.4. Agregatna stanja tvari.....	12
<b>4. MISKONCEPCIJE</b> .....	14
4.1. Općenito o miskoncepcijama .....	14
4.1.1. Pojava miskoncepcija .....	15
4.1.2. Vrste miskoncepcija .....	16
4.1.3. Konceptualna promjena .....	17
4.2. Miskoncepcije o temperaturi i toplini.....	19
4.2.1. Identificiranje miskoncepcija .....	21
4.2.2. Miskoncepcije o toplini .....	25
4.2.3. Miskoncepcije o temperaturi .....	27
4.2.4. Miskoncepcije o prijenosu topline i toplinskim svojstvima materijala ...	28
4.2.5. Miskoncepcije o promjeni faze.....	30
<b>5. POKUSI</b> .....	31
5.1. Osjetila kao mjera zagrijanosti tijela .....	31
5.2. Gibanje čestica i temperatura.....	32
5.3. Toplinsko širenje.....	35
5.4. Toplina i temperatura.....	37
5.5. Prijenos topline – toplinski vodiči i izolatori.....	38
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	42

<b>7. LITERATURA</b> .....	43
<b>8. SAŽETAK</b> .....	45
<b>9. SUMMARY</b> .....	46
<b>10. ŽIVOTOPIS</b> .....	47

## 1. UVOD

Fizika je znanost koja proučava, opisuje svijet oko nas. Ona je temelj svih prirodnih, tehničkih i biomedicinskih znanosti. Cilj nastave fizike nije gomilanje sadržaja i novih informacija, već razvoj kritičko-logičkog razmišljanja, znanstvenog zaključivanja, razumijevanje funkcioniranja svijeta i znanstvenih koncepata, te osposobljavanje učenika za rješavanje problemskih situacija. Time nastojimo izgraditi prirodoznanstvenu pismenost kod učenika. Predavačka nastava ne zahtijeva dovoljan intelektualni angažman učenika za ostvarivanje tih ciljeva. Istraživanja su pokazala da je interaktivna istraživački usmjerena nastava, u kojoj je učenik aktivan u procesu učenja i poučavanja učinkovitija od predavačke nastave, pa se fokus obrazovanja 21. stoljeća stavlja upravo na ovaj oblik izvođenja nastave. Jedna od interaktivnih metoda, koja se pokazala vrlo korisnom ukoliko se primjenjuje na ispravan način, je interaktivno izvođenje pokusa. Pokus učeniku omogućava direktno promatranje prirodne pojave te istovremeno pobuđuje znatiželju i interes za pojedinu tematiku.

Osim načina izvedbe nastave i izbora tema koje će se raditi, u obrazovanju, posebice u nastavi fizike imamo veliki problem. Kod učenika se često javljaju miskonceptije o konceptima iz različitih područja fizike. Tako su utvrđene brojne miskonceptije iz područja termodinamike, odnosno o konceptima topline i temperature. Često se miskonceptije javljaju kod učenika prije formalnog učenja fizike, pa zbog neznanja i pogrešnog načina zaključivanja, dolaze do pogrešnih zaključaka na temelju svakodnevnih pojava.

Jedno od rješenja problema miskonceptija je snažnije uvođenje suvremenih metoda u nastavu fizike. U drugom poglavlju ovog rada kratko je opisan izgled suvremene nastave fizike, odnosno istraživački usmjerene i interaktivne nastave fizike. Ukratko su opisani dijelovi sata koji su bitni u istraživačkom tipu nastave. Također, navedene su vrste pokusa koje se koriste u istraživačkoj i interaktivnoj nastavi fizike.

Miskonceptijama treba pristupiti i s teorijske strane kako bi se detektirali koncepti s kojima učenici imaju poteškoće. Treće poglavlje sastoji se od teorijskih objašnjenja

koncepta topline i temperature, te pojava i procesa vezanih uz njih. Navedeni su i objašnjeni koncepti oko kojih se najčešće javljaju miskoncepcije kod učenika: temperatura, toplina, prijenos topline, toplinsko širenje, toplinski vodiči i izolatori te agregatna stanja.

U četvrtom poglavlju objašnjen je pojam miskoncepcija te kako miskoncepcije nastaju. Opisane su vrste miskoncepcija i konceptualna promjena, kao zamjena neispravne fizikalne ideje ispravnom. Nakon što je objašnjen pojam miskoncepcija i uzroci, opisane su miskoncepcije koje se javljaju o temperaturi, toplini, prijenosu topline, vodičima i izolatorima te promjeni agregatnog stanja.

U zadnjem poglavlju nalaze se pokusi vezani uz pojmove temperature, topline, toplinskog širenja te prijenosa topline. Ove pokuse sugeriramo nastavnicima u svrhu uklanjanja miskoncepcija. U opisu pokusa naveden je pribor koji je potreban za svaki pokus, opažanja, objašnjenja pojava u pokusu i zaključci do kojih bi učenici trebali doći. Ti zaključci su ispravne ideje koje bi trebale zamijeniti učeničke miskoncepcije. Tim pokusima mogu se izazvati i ispraviti neke miskoncepcije koje se javljaju kod učenika. Čest razlog neizvođenja pokusa je nedostatak pribora, pa su iz tog razloga u ovom radu izabrani jednostavni pokusi, te je pribor potreban za izvođenje tih pokusa dostupan svima. Suvremena nastava fizike i teži ka upotrebi lako dostupnih i priručnih materijala u nastavi koji omogućuju učenicima samostalno izvođenje pokusa u okviru nastave fizike i istraživanje kod kuće.

## 2. SUVREMENA NASTAVA FIZIKE

U predavačkoj nastavi učenici su najčešće pasivni, te su učinci takve nastave najčešće nezadovoljavajući s obzirom na zadane ishode učenja kojima se u nastavi teži. Učenje je aktivan proces te se teži obliku nastave u kojem će učenici biti intelektualno angažirani i razvijati različite vještine i sposobnosti, kao što su: opažanje, opisivanje, postavljanje pitanja, razmjenjivanje ideja, izvođenje pokusa, objašnjavanje, planiranje, postavljanje pretpostavki, mjerenje, obrada i prikazivanje podataka, rješavanje problema, zaključivanje, rasprava i kritičko prosuđivanje [14]. Nastava koja nastoji razviti učeničko razumijevanje fizike, razviti znanstveno razmišljanje i zaključivanje je interaktivna istraživački usmjerena nastava.

Istraživački usmjerena nastava je oblik nastave koji razvija razumijevanje fizike, potiče smislenije i dublje učenje, razvija razmišljanje, razumijevanje i ujedno je uvid u istraživački karakter fizike kao znanstvene discipline. Nastavni sat istraživačke nastave podrazumijeva otvaranje problema uvodnim pokusom ili nekim uvodnim pitanjem, demonstriranje nove pojave kroz pokus, postavljanje istraživačkog pitanja sata, vođeno istraživanje svojstava nove pojave, konstrukciju modela i matematički opis, provjeravanje učeničkog razumijevanja te primjena novog znanja na nekim primjerima ili pokusima. Osnovna struktura nastavnog sata istraživačkog oblika nastave sastoji se od uvodnog dijela, središnjeg i završnog.

U uvodnom dijelu sata uvodimo učenike u novu temu/pojavu o kojoj će učiti, pa sat započinje nekim uvodnim pitanjem ili problemom kako bi se učenike zainteresiralo. Učenici izlažu svoje ideje i odgovore o zadanom problemu. Vrlo je važno u uvodnom dijelu demonstrirati novu pojavu, izvesti demonstracijski pokus, kako bi učenici shvatili što proučavaju. Nakon pažljivo izvedenog pokusa, koji se ponavlja više puta, učenici opisuju izvedeni pokus, izlažu opažanja. Učenici mogu i zapisati svoja opažanja i skicirati pokus u bilježnice, te tada pročitati što su zapisali. Tek tada uvodi se naziv nove pojave, odnosno naslov.



Središnji dio sata započinje istraživačkim pitanjem. Istraživačko pitanje treba se precizno postaviti i naglasiti jer se oko njega razvija veći dio nastavnog sata. Istraživačko pitanje govori nam što želimo saznati i istražiti o novoj pojavi, o čemu ovisi zadana pojava. Nakon postavljenog istraživačkog pitanja, učenici daju svoje ideje, hipoteze i predlažu pokuse kojima se može istražiti dana pojava, odnosno pokuse pomoću kojih možemo doći do odgovora na istraživačko pitanje. Nakon rasprave, pokusi se mogu izvesti na više načina, ovisno o količini pribora kojom se raspolaže, pokusi mogu izvoditi učenici u manjim grupama ili pokus može izvesti profesor demonstracijski. Kada se pokus izvede, učenici samostalno zapisuju svoja opažanja, zaključke i skiciraju pokus. Zaključke je bitno zajednički prodiskutirati i sistematizirati. Slijedi konstrukcija matematičkog modela kojim se opisuje pojava.

Završni dio sata služi za provjeru učeničkog razumijevanja novog gradiva. U ovom dijelu sata možemo se vratiti na uvodni problem ukoliko u uvodnom dijelu sata nije bilo moguće potpuno objasniti dani problem ili uvodni pokus. Mogu se postaviti konceptualna pitanja kojima se ispituje razumijevanje novog gradiva ili izvesti neki pokus koji učenici mogu objasniti primjenom poznatih koncepata.

Interaktivnost u interaktivnoj istraživački usmjerenoj nastavi fizike važna je za razvijanje razmišljanja, potiče intelektualni angažman učenika (aktivno učenje) te omogućava nastavniku uvid u razvijenost učeničkih koncepata i učeničkih poteškoća i miskonceptija. U interaktivnoj nastavi se kroz interakciju s nastavnikom i drugim učenicima uzimaju u obzir učenička prethodna znanja (pretkoncepcije) te njihova pojednostavljena zaključivanja. Učenici nove informacije interpretiraju u kontekstu svojih prijašnjih znanja i iskustava, pa je bitno da se njihove pretkoncepcije koje nisu isprave i u skladu s fizikalnim zakonima, na vrijeme isprave.

Interaktivnost se postiže brojnim interaktivnim nastavnim metodama kao što su: vođenje razredne rasprave, konceptualna pitanja s višestrukim odgovorima, kooperativno rješavanje zadataka u manjim skupinama, interaktivno izvođenje pokusa, računalne interaktivne metode.

## 2.1. Pokusi u nastavi fizike

Fizika je eksperimentalna znanost, pa je nastava fizike bez pokusa siromašna i nepotpuna, te učenicima često nezanimljiva. Bez obzira na to, izvođenje pokusa koje učenici samo pasivno promatraju, ne dovodi do napretka učeničkog razumijevanja fizike. Da bi pokusi rezultirali napredovanjem razumijevanja, učenici moraju biti aktivno uključeni. Kako bi se učenici aktivno uključili, važno je pitati ih za predviđanja prije izvođenja pokusa, zapažanja nakon izvođenja, te prilikom izvođenja nekih pokusa, upitati ih za objašnjenje [16].

Pokusi u nastavi omogućavaju učenicima stjecanje direktnog iskustva o fizikalnim pojavama, daju im motivaciju, čine nastavu zanimljivijom i omogućavaju uvid u učenička predviđanja (što je vrlo bitno zbog korigiranja učeničkih pretkonceptija).

Prema načinu izvođenja razlikujemo frontalne pokuse i učeničke pokuse. Frontalne pokuse izvodi nastavnik pred cijelim razredom. Frontalni pokusi najčešće se izvode za demonstriranje nove pojave, ali i za pokus mjerenja, odnosno pokuse koji se koriste u istraživačkom dijelu sata ukoliko nema dovoljno opreme da učenici izvode pokuse u grupama. Kod izvođenja frontalnog pokusa treba paziti da je eksperimentalni postav dobro vidljiv svim učenicima u razredu, treba objasniti i kratko opisati eksperimentalni postav prije izvođenja. Prije izvođenja frontalnog pokusa, nastavnik treba opisati što će učiniti, ali ne i što će se dogoditi. Nastavnik može prije izvođenja pokusa učenike upitati što očekuju da će se dogoditi (ovisno o vrsti pokusa koji se izvodi). Nakon izvedenog pokusa učenike treba upitati što su opazili. Pokus treba izvesti više puta, kako bi bili sigurni da su svi učenici opazili željenu pojavu i tek nakon toga prijeći na tumačenje pokusa.

Učeničke pokuse izvode učenici u manjim grupama i većinom sve grupe izvode isti pokus. To su najčešće pokusi mjerenja u istraživačkom dijelu sata. Prije izvođenja učeničkih pokusa, nastavnik postavi problem koji učenici moraju riješiti pokusom (npr. kako neka fizikalna pojava ovisi o promjeni određenih fizikalnih veličina). Nakon izvođenja pokusa, svaka grupa izlaže svoje rezultate i slijedi razredna rasprava o

dobivenim rezultatima te izvođenje zaključka. U učeničke pokuse spadaju i kućni eksperimenti te projekti koje učenici samostalno izvode.

Razlikujemo tri vrste pokusa prema ulozi pokusa u nastavi: opservacijski, istraživački i aplikacijski pokus. Svrha opservacijskog pokusa je opažanje nove pojave i on se najčešće izvodi u uvodnom dijelu sata.

Svrha istraživačkog pokusa je određivanje međuovisnosti fizikalnih varijabla određene pojave. Izvodi se u središnjem, istraživačkom dijelu sata, nakon postavljenih istraživačkih pitanja, kada želimo saznati kako promjena određenih varijabli utječe na danu pojavu. Pomoću istraživačkog pokusa oblikujemo odgovor na istraživačko pitanje. Kod istraživačkog pokusa bitno je da uključimo učenike, čak i ako nemamo dovoljno pribora da učenici sami izvode pokus, već ga izvodimo frontalno. Prije postavljanja pokusa, tražimo od učenika da postave hipotezu i sami osmisle pokus kojim bi testirali tu hipotezu. Učenici bi trebali osmisliti eksperimentalni test za hipotezu i odrediti koje varijable treba mijenjati i mjeriti, a koje držati konstantnima. Nakon toga, učenici bi trebali dati svoja predviđanja, te nakon izvođenja pokusa na temelju opažanja i rezultata mjerenja, odrediti je li hipoteza podržana ili ne te doći do zaključka.

Aplikacijski pokus izvodi se u završnom dijelu sata, kako bi se primijenili učenicima poznati koncepti u novom kontekstu. Učenici primjenjuju naučene koncepte kako bi objasnili neku drugu pojavu.

### 3. TEMPERATURA I TOPLINA

Mnogo učenika ima problema s pojmovima temperatura i toplina, te se ti pojmovi najčešće krivo upotrebljavaju u svakodnevnom govoru. Često se ta dva pojma svode na isti, no u fizici temperatura i toplina imaju različita značenja. Učenici na nastavi fizike uče o temperaturi i toplini u 7. razredu osnovne škole, a kasnije nadograđuju i proširuju to znanje u 2. razredu srednje škole.

#### 3.1. Temperatura

Prije nego uče o temperaturi, učenici 7. razreda na nastavi fizike uče o građi tvari, da se sva tijela sastoje od atoma i molekula te da postoji razlika u građi tvari kod čvrstih tijela, tekućina i plinova. Također, uče o energiji te su upoznati s kinetičkom i potencijalnom energijom. Prije definiranja temperature, definira se unutarnja energija kao zbroj kinetičke i potencijalne energije svih čestica tijela [3]. Temperatura se definira kao mjera zagrijanosti tijela. U osnovnoj školi učenici povezuju temperaturu s kinetičkom energijom čestica – što je veća kinetička energija čestica tijela, veća je i temperatura tijela [3]. U srednjoj školi o temperaturi se također govori kao o mjeri zagrijanosti tijela, a kasnije kada učenici uče o molekularno-kinetičkoj teoriji plinova, temperatura se povezuje sa srednjom kinetičkom energijom molekula idealnog plina. Temperatura je veličina koja opisuje stanje tijela i ona je intenzivna fizikalna veličina, što znači da ne ovisi o masi ili veličini sustava.

##### 3.1.1. Mjerenje temperature

Temperaturu mjerimo uređajem koji nazivamo termometar. Prije mjerenja temperature, potrebno je odrediti mjerne jedinice za temperaturu, odnosno temperaturene ljestvice. U osnovnim školama spominju se Celzijeva i Kelvinova temperaturna ljestvica, dok se u srednjim školama spominje i Fahrenheitova ljestvica.

Celzijevu temperaturnu ljestvicu uveo je u prvoj polovici 18. stoljeća švedski astronom, fizičar i matematičar Anders Celsius. . Konstruirao je termometar u kome je udaljenost između položaja stupca žive pri temperaturi ledišta vode i temperaturi vrelišta vode podijelio je na stotinu jednakih dijelova. Tako je jedan Celzijev stupanj ( $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) određen kao stoti dio temperaturnog razmaka između ledišta i vrelišta vode [3].

Kelvinova temperaturna ljestvica ( Lord Kelvin, škotski fizičar) započinje temperaturom apsolutne nule. Temperatura apsolutne nule je najniža teorijska temperatura u svemiru na kojoj prestaju sva gibanja molekula tijela. Tu temperaturu prema trećem zakonu termodinamike ne možemo postići u konačnom broju koraka. Mjerna jedinica Kelvinove temperaturne ljestvice je kelvin (K), što je i osnovna mjerna jedinica za temperaturu prema međunarodnom sustavu mjernih jedinica (SI). Razlike između susjednih stupnjeva u Celzijevoj i Kelvinovoj ljestvici su jednake, pa tako temperatura apsolutne nule u Kelvinovoj ljestvici odgovara temperaturi  $T = 0\text{ K}$ , a u Celzijevoj ljestvici  $t = -273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Fahrenheitova temperaturna ljestvica koristi se u Sjedinjenim Američkim Državama. Prema toj ljestvici, temperatura ledišta vode je  $T_F = 32^{\circ}\text{F}$ , a temperatura vrelišta vode  $T_F = 212^{\circ}\text{F}$ .

U upotrebi su različiti termometri kao što su: živin termometar, alkoholni termometar, digitalni termometar, bimetalni termometar itd.

Živin i alkoholni termometar rade na principu toplinskog širenja tekućine. Kad termometar, odnosno tekućina koja se nalazi u termometru dođe u toplinsku ravnotežu s okolinom, promjena temperature razmjerna je promjeni volumena tekućine unutar termometra, pa pomoću unaprijed određenih temperaturnih ljestvica možemo očitati temperaturu okoline. Digitalni termometar radi na principu promjene električnog otpora pri promjeni temperature. Bimetalni termometar sastoji se od dva metala različitih fizikalnih svojstva. Pri zagrijavanju, ti se metali različito rastežu, pa se postavljanjem baždarene kazaljke može očitati temperatura [8, 13].

U osnovnoj školi učenici uče o principu rada termometra. Uče da termometar mora biti u dodiru s tijelom, pri čemu toplina s tijela prelazi na termometar. Kada se nakon nekoliko minuta temperature tijela i termometra izjednače, kada se postigne toplinska ravnoteža, termometar prikazuje temperaturu tijela. Spominje se toplinska ravnoteža kao stanje kada tijela u dodiru imaju jednake temperature do čega dolazi kada se izjednače kinetičke energije njihovih čestica [3]. No za razumijevanje funkcioniranja termometra treba uzeti u obzir sva tri načina prijenosa topline. Osim kondukcije, to su konvekcija i zračenje. Treba razumjeti koji je od tih procesa u pojedinom slučaju najvažniji.

## 3.2. Toplina

Toplina je dio unutarnje energije, koja prelazi s toplijeg tijela na hladnije tijelo. Na mjestu dodira dva tijela, čestice se sudaraju te čestice toplijeg tijela predaju dio svoje kinetičke energije česticama hladnijeg tijela. Tako se unutarnja energija toplijeg tijela smanjuje, dok se unutarnja energija hladnijeg tijela povećava. Toplina prelazi s toplijeg tijela na hladnije, sve dok kinetičke energije tijela nisu jednake, odnosno sve dok se ne uspostavi toplinska ravnoteža [3]. Dakle, toplina je energija, ali samo ona energija koju tijela izmjenjuju međusobno zbog razlike u temperaturama. Ne možemo reći da tijelo sadrži neku količinu topline. Toplina opisuje procese, a ne stanje tijela. Za razliku od temperature koja je intenzivna veličina, toplina je ekstenzivna fizikalna veličina, što znači da ovisi o masi tijela.

### 3.2.1. Toplinsko širenje

Većina čvrstih tijela se zagrijavanjem šire i povećava im se volumen, a hlađenjem se stežu i volumen im se smanjuje. Kod tekućina i plinova uočava se ista pojava, zagrijavanjem im se povećava volumen. Širenje tijela, tekućina i plinova zagrijavanjem može se objasniti čestično - kinetičkom teorijom. Sve tvari građene su od čestica koje se nasumično gibaju. Kada se tijelo zagrijava, povećava se kinetička energija čestica te se

čestice gibaju brže i zauzimaju veći prostor. Bitno je naglasiti da se zagrijavanjem tijela ne mijenja masa tijela, već volumen i gustoća tijela/tekućine/plina.

Razlikujemo linearno i volumno toplinsko rastezanje tijela. Kod linearnog rastezanja naglašena je promjena samo jedne dimenzije, duljine tijela. Linearno rastezanje najčešće je prisutno kod tijela kojima možemo zanemariti druge dimenzije osim duljine, odnosno kod tijela kod kojih je promjena drugih dimenzija zagrijavanjem zanemariva naspram promjene duljine. Promjena duljine zagrijavanjem, odnosno promjenom temperature tijela određena je formulom:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (3.1.)$$

gdje je:  $l_0$  - početna duljina tijela,

$\alpha$  - koeficijent linearnog rastezanja,

$\Delta T$  - promjena temperature.

Kod volumnog rastezanja promatramo promjenu sve tri dimenzije. Promjena volumena promjenom temperature tijela određena je formulom:

$$\Delta V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \quad (3.2.)$$

gdje je:  $V_0$  - početni volumen,

$\beta$  - koeficijent volumnog rastezanja,

$\Delta T$  - promjena temperature.

Učenici u osnovnoj školi uče o toplinskom širenju tijela, odnosno da se čvrstim tijelima, tekućinama i plinovima zagrijavanjem povećava volumen, a hlađenjem smanjuje. Spominju linearno rastezanje, odnosno da pri zagrijavanju željeznog štapa dolazi do produljenja, te da je to produljenje proporcionalno njegovoj duljini i promjeni temperature [3]. U osnovnoj školi ne spominju zakone linearnog i volumnog toplinskog rastezanja, o tome uče u srednjoj školi.

### 3.2.2. Prijenos topline

Postoje tri načina prijenosa topline: vođenjem (kondukcijom), strujanjem (konvekcijom) i zračenjem (radijacijom). Prijelaz topline kondukcijom najbolje osjetimo kada držimo neku metalnu žicu na jednom kraju, a drugi kraj stavimo u vruću vodu ili plamen. Kraj žice koji držimo postaje sve topliji, iako taj kraj žice nije u direktnom kontaktu s vrućom vodom ili plamenom. Toplina dolazi do hladnijeg dijela žice kondukcijom. Molekule koje se nalaze u toplijem dijelu žice imaju više kinetičke energije od molekula u hladnijem dijelu, pa se više gibaju i sudaraju s ostalim molekulama. Prilikom sudara, kinetička energija prenosi se od molekule do molekule, te se tako toplina prenosi kondukcijom. Ne prenose se molekule/atomi već energija. Smjer prijenosa topline je uvijek s mjesta više temperature prema mjestima niže temperature.

Neki materijali su dobri vodiči topline, a neki loši. Materijali koji su dobri vodiči topline se brzo zagrijavaju, ali i brzo hlade. Većina metala su dobri toplinski vodiči, zato što sadrže slobodne elektrone koji mogu prenositi energiju s mjesta veće temperature, do mjesta niže temperature. Materijale koji nisu dobri toplinski vodiči, nazivamo toplinski izolatori. Toplinski izolatori dugo se zagrijavaju, ali i dugo hlade. Loši vodiči topline su na primjer drvo, staklo, cigla. Iz tog razloga, kada dodirnemo metal i drvo, metal se čini hladniji od drveta, jer dolazi do brzog prijenosa topline s ruke na metal, dok je kod drveta taj prijenos sporiji.

Konvekcija je prijenos topline gibanjem mase fluida s jednog područja u drugo [6]. Do konvekcije dolazi kada molekule mijenjaju svoj položaj u prostoru zbog toplinske neravnoteže. Primjer prijenosa topline konvekcijom je zagrijavanje sobe pomoću radijatora ili peći. Zrak iznad radijatora se zagrijava te se giba prostorom.

Treći način prijenosa topline je radijacija. To je prijenos topline pomoću elektromagnetskih. Svako tijelo emitira energiju u obliku elektromagnetskog zračenja. Tako tijela pri sobnoj temperaturi emitiraju infracrveno zračenje, a povećanjem temperature smanjuje se valna duljina zračenja, pa tijela pri temperaturi iznad 800°C počinju emitirati vidljivu svjetlost.



### 3.2.3. Količina topline

Želimo li povisiti temperaturu na primjer litre vode, zagrijavamo tu vodu određeno vrijeme. Znamo li snagu izvora topline, možemo izračunati količinu topline koju je voda primila zagrijavanjem, kao umnožak snage izvora topline i vremena zagrijavanja:

$$Q = P \cdot t \quad (3.3.)$$

Iako količina topline koja se prenosi na neko tijelo, fluid, ovisi o snazi izvora, promjena temperature tog tijela, fluida ne ovisi. Pa tako, zagrijavamo li litru vode i litru ulja, u istom vremenskom razdoblju i pomoću istog izvor topline, promjena temperature tih dviju tekućina neće biti jednaka. To je zbog svojstva tvari, odnosno specifičnog toplinskog kapaciteta. Specifični toplinski kapacitet govori nam koliko topline je potrebno dovesti ili odvesti 1 kg tijela da mu promijenimo temperaturu za 1 K (ili 1°C). Ako su tijela građena različito, od različitih tvari, onda imaju različite specifične toplinske kapacitete. Promjena temperature tijela ovisi i o masi tijela, pa tako neće doći do iste promjene temperature kada istu količinu topline dovedemo do pola litre vode ili do 2 litre vode. Kod zagrijavanja 2 litre vode (ukoliko dovedemo istu količinu topline), promjena temperature će biti manja nego kod zagrijavanja pola litre vode.

Toplinu potrebnu da se tijelu specifičnog toplinskog kapaciteta  $c$ , mase  $m$ , promijeni temperatura za  $\Delta T$ , možemo odrediti kao umnožak:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (3.4.)$$

Kako je toplina energija, SI mjerna jedinica za toplinu je J (džul). Toplina se iskazuje i u drugim mjernim jedinicama, kao što je na primjer kalorija (cal). Tako je količina topline od 1 cal jednaka količini topline 4.186 J.

### 3.2.4. Agregatna stanja tvari

Agregatno stanje tvari je specifično stanje tvari određeno temperaturom i tlakom na kojem se tvar nalazi. Tri najčešća agregatna stanja u prirodi su: čvrsto, tekuće i plinovito.

Za svaki tlak postoji određena temperatura pri kojoj dolazi do promjene agregatnog stanja. Do promjene može doći dovođenjem ili odvođenjem topline te promjenom volumena ili gustoće tvari.

Iz čvrstog stanja tvar može prijeći u tekuće - taljenje i plinovito - sublimacija. Prelazak tvari iz tekućeg stanja u čvrsto naziva se kristalizacija, a iz tekućeg u plinovito naziva se isparavanje. Iz plinovitog stanja tvar može prijeći u tekuće stanje postupkom kondenzacije, a u čvrsto postupkom resublimacije.

Kada se agregatno stanje mijenja dovođenjem topline (ili odvođenjem), toplina koju dovodimo ne mijenja temperaturu te tvari, već se „troši“ na promjenu agregatno stanja. Toplina potrebna za prijelaz iz jednog agregatnog stanja u drugo, pri stalnoj temperaturi, naziva se latentna toplina. Latentnu toplinu možemo odrediti prema formuli:

$$Q = \pm m \cdot L \quad (3.5.)$$

gdje je:  $m$  masa materijala kojem mijenjamo agregatno stanje,

$L$  – specifična latentna toplina, karakteristika materijala.

Plus i minus u formuli označavaju da toplinu za promjenu agregatnog stanja možemo dovoditi (+) i odvoditi (-). Specifična latentna toplina ovisi o tvari kojoj mijenjamo agregatno stanje, ali i o vrsti promjene agregatnog stanja. Razlikujemo specifičnu latentnu toplinu taljenja, isparavanja, resublimacije, sublimacije, kondenzacije i kristalizacije.

## 4. MISKONCEPCIJE

Koncept je neka ideja o tome što nešto jest, mentalni konstrukt ili reprezentacija kategorija koja nam omogućava da identificiramo primjere za neku kategoriju. On se kao takav odnosi na neku pojavu u danom polju koja je grupirana zbog zajedničkih karakteristika [1]. Koncepti nastaju grupiranjem informacija – primjeri koji pripadaju ili ne pripadaju nekoj klasi. Postoje razne teorije učenja koncepata: teorija bazirana na pravilima (konstrukcija koncepata na temelju njihovih karakteristika), teorija prototipa (konstrukcija koncepta pomoću prototipa – najbolja reprezentacija neke kategorije), teorija primjera (formiranje primjera koji su tipični za neki koncept). Učenici formiraju koncept na temelju primjera koje im nastavnik predoči, zajedno s iznimkama pomoću kojih razlikuju koncept od drugih koncepata s kojima je usko povezan.

Prema Piagetovoj teoriji [1], znanstvena znanja, koncepti i konceptualni sustavi nastaju korištenjem različitih strategija zaključivanja i razvijaju se kroz proces asimilacije i akomodacije. Asimilacija je proces kojim se novi sadržaji pridružuju i prilagođavaju starima, a akomodacija je proces kojim se postojeće sheme mijenjaju u skladu s novim informacijama. Ponekad se kod učenika javljaju ideje, objašnjenja i koncepti koji su drugačiji od onih koji su prihvaćeni u znanosti. Takve pogrešne koncepcije nazivamo miskoncepcije ili alternativni koncepti.

### 4.1. Općenito o miskoncepcijama

U predavačkoj nastavi bilo je uobičajeno pretpostaviti da učenici ne znaju ništa o fizici prije nego je počnu učiti u školi. Također, pretpostavljalo se da je zadaća nastave transfer informacija koje učenici prihvaćaju.

Postoje različite definicije miskoncepcija, kao i različiti nazivi. Prema [5], umjesto pojma miskoncepcije, bolje je koristiti pojam alternativni koncepti zato što pojam miskoncepcija implicira da su učenički koncepti potpuno krivi i da ih treba potpuno ispraviti. Miskoncepcije najčešće nisu potpuno krivi pojmovi, objašnjenja, pa neki

smatraju da je bolje koristiti pojam alternativni koncepti, jer on opisuje učeničku aktivnu konstrukciju ideje i podsjeća nastavnika da su takvi koncepti kompleksni. Miskonceptije (alternativni ili pogrešni koncepti) otporni su na promjenu, pa ih treba konceptualno izazvati, izložiti učenike konceptima koji nisu intuitivni, te ih promijeniti metodom konceptualne promjene.

Prema [1] postoji mnogo definicija miskonceptija, pa su tako neke:

- Miskonceptije su učeničke neznanstvene spoznaje o određenim područjima u fizici, kao na primjer o znanstveni pojmovi, definicije i pojave.
- Miskonceptije u znanosti su ideje koje nisu generalno prihvaćene u znanosti.
- Ideje koje ljudi razvijaju o znanstvenim temama prije nego se suoče s točnim teorijama i konceptima o tim temama.

Miskonceptije se javljaju kod većine ljudi, učenika, te je za proces učenja i poučavanja bitno da se te miskonceptije prepoznaju i na vrijeme isprave, jer ako pojmovi, definicije ili teorije koje učenici trebaju usvojiti, nisu u skladu s postojećom strukturom znanja kod učenika, novi pojmovi ne mogu se asimilirati. Budući da ljudi konstruiraju svoje znanje od novih informacija i prethodnih znanja i uvjerenja, ukoliko se miskonceptije ne isprave na vrijeme, kod učenika se javljaju takozvani hibridni modeli, odnosno kombinacije formalnog znanja i pretkonceptija. Istraživanja pokazuju da se novi koncepti ne mogu naučiti, ukoliko kod učenika već postoje alternativni koncepti/modeli koji objašnjavaju neku pojavu [1].

Jednom kada identificiramo učeničke miskonceptije, učeničko razmišljanje može se izazvati te kreirati okruženje za učenje u kojem učenik ima prilike „testirati“ svoje ideje i dokazati ispravne koncepte.

#### 4.1.1. Pojava miskonceptija

Postoji mnogo izvora miskonceptija, kao na primjer svakodnevno iskustvo, nepravilna upotreba fizikalnih pojmova u govoru, pogrešne analogije i metafore itd. Neke

miskoncepcije nastaju zbog pojednostavljivanja znanstvenih informacija i nepotpunih informacija od strane druge djece, roditelja, medija, nastavnika. Djeca uče od roditelja, nastavnika i preuzimaju neke njihove koncepte, a često su znanja odraslih temeljena na miskoncepcijama.

Izvor miskoncepcija često je i kognitivno preopterećenje kod učenika, do kojeg dolazi kada se učenici opterete s previše informacija koje ne stignu procesuirati, pa dolaze do pogrešnih zaključaka. Neki učenici nisu u mogućnosti samostalno doći do apstraktnih zaključaka, do rješenja nekih problema, pa često dolazi do pogrešnih tumačenja nekih pojava kao posljedica neprikladne primjene osnovnih elemenata zaključivanja. Zbog kognitivnog preopterećenja, učenici mogu izgubiti interes za znanost.

Miskoncepcije mogu nastati i zbog nedostataka nastavnih planova i kurikuluma. Budući da se puno učenika i nastavnika pri obrazovanju oslanja samo na udžbenike iz fizike, neki udžbenici također mogu biti izvori miskoncepcija zbog nedovoljnih objašnjenja pojava i nepotpunih informacija.

Rane miskoncepcije, odnosno pretkoncepcije nastaju prije formalnog obrazovanja, kada učenici već imaju neke pretpostavke o fizikalnim pojavama na temelju svakodnevnog iskustva. Taj problem se može lakše rješavati u okviru suvremenog obrazovanja u kome djeca sa znanstvenim obrazovanjem, pa i učenjem fizike počinju već od 4. godine života.

#### 4.1.2. Vrste miskoncepcija

Miskoncepcije prema načinu nastanka možemo podijeliti u četiri kategorije: pretkoncepcije, činjenične miskoncepcije, vernakularne miskoncepcije i konceptualni nesporazum [1].

Pretkoncepcije su učeničke ideje i pojednostavljena objašnjenja o fizikalnim pojavama koja nastaju prije formalnog obrazovanja, na temelju svakodnevnog iskustva, pojednostavljenog zaključivanja te neprikladne primjene elemenata zaključivanja. Pretkoncepcije su često problematične za nastavu fizike zato što su vrlo ustrajne, te

predstavljaju zapreku usvajanju novih i ispravih fizikalnih ideja. Učenicima nerado napuštaju te ideje jer su im jednostavne, razumljive, korisne u objašnjavanju svakodnevnih situacija, dok su im fizikalne ideje kontraintuitivne i nerazumljive. Također, njihove ideje proizašle su iz njihovog svakodnevnog iskustva, te im se čine provjerene, dok su fizikalne ideje za njih neprovjerene. Na primjer, jedna od najčešćih pretkonceptija u mehanici, da stalna sila daje tijelu stalnu brzinu, nastala je neprikladnom primjenom elemenata zaključivanja ( primjena zaključka „svaki učinak ima svoj uzrok“ u kontekstu gibanja) u kombinaciji sa svakodnevnim iskustvom (potrebno je stalno ulagati napor kako bi se predmeti vukli/gurali stalnom brzinom, neuočavanje postojanja sile trenja).

Činjenične miskoncepcije su koncepti koji nastaju u ranoj dobi, a zadržavaju se kod ljudi do odrasle dobi. To su najčešće zablude, kao na primjer: „Munja nikad ne udara dva puta na isto mjesto“ [1].

Vernakularne miskoncepcije nastaju zbog upotrebe riječi koje imaju različit kontekst u svakodnevnom životu i u fizici. Na primjer, to su riječi kao rad, snaga [1].

Do konceptualnog nerazumijevanja dolazi kada učenici prilikom učenja neke nove pojave, konstruiraju slaba razumijevanja o toj pojavi.

#### 4.1.3. Konceptualna promjena

Miskoncepcije su često otporne na promjene. Do toga dolazi zbog nedovoljne osviještenosti nastavnika i roditelja o učeničkim miskoncepcijama. Da bi došlo do smislenog učenja fizike (kao i svakog drugog nastavnog predmeta), potrebno je prepoznati učeničke miskoncepcije te ih pokušati promijeniti.

Konceptualna promjena je kognitivan proces, kojim se želi postići zamjena neispravne ideje, fizikalno ispravnom idejom. Nastavnik može potaknuti konceptualnu promjenu, ali učenik je mora provesti. Do konceptualne promjene neće doći odjednom. Potrebno je u

više navrata i više različitih konteksta prikazati pretkonceptiju kao pogrešnu ideju i ispravnost nove ideje, da bi došlo do konceptualne promjene.

Da bi došlo do konceptualne promjene, postojeći koncept mora biti nezadovoljavajući, a alternativni koncept razumljiv. Učenici moraju biti sposobni promijeniti način razmišljanja, tako da im novi koncept bude smislen. Učenicima novi koncept mora biti koristan u svakodnevnom životu. Ukoliko dođe do konceptualne promjene, rezultat će biti nova, čvršća i trajnija struktura ideja.

Postoje različite tehnike induciranja konceptualne promjene koje možemo koristiti u nastavi. To su metoda kognitivnog konflikta, metoda zamjene koncepta, metoda analogije, metoda sokratskog dijaloga. Sve metode imaju svoje prednosti i ograničenja, a najbolji rezultati postižu se kada se te metode kombiniraju. Kombinacijom metoda može se pronaći najbolji pristup svakoj temi te pomoći učenicima da unaprijede svoje razmišljanje i svladaju miskoncepcije. Svaka metoda nije primjenjiva na svaku miskoncepciju, te je potrebno prepoznati i procijeniti miskoncepciju kod učenika i odlučiti koja metoda je najbolja za ispravljanje te miskoncepcije.

Kod metode kognitivnog konflikta najprije se identificiraju učeničke pretkonceptije, a zatim ih se direktno suočava sa znanstvenom idejom. Takav pristup najčešće se provodi uz pokuse. Prije izvođenja pokusa, učenici daju svoja predviđanja na osnovu svojih ideja, pretkonceptija. Nakon toga izvodi se pokus, čiji ishod je u suprotnosti s učeničkim predviđanjima. To dovodi do kognitivnog konflikta kod učenika. U idealnom slučaju, učenici napuštaju staru ideju i uz vođenje od nastavnika usvajaju novi koncept. Problemi koji se javljaju uz metodu kognitivnog konflikta su to da uspjeh te metode ovisi o volji i sposobnosti pojedinog učenika, učenici nerado napuštaju svoje ideje, te da kognitivni konflikt može kod učenika stvoriti određenu razinu frustracije. Povučeni učenici mogu kognitivan konflikt doživjeti kao potvrdu nesposobnosti i odustati od izražavanja svog mišljenja. Kod metode kognitivnog konflikta, potrebna je intervencija nastavnika, kako bi zaključivanje išlo u pravom smjeru.

Metodu zamjene koncepta koristimo kada su neka učenička razmišljanja dobra, ali se koriste u pogrešnom kontekstu, primjenjuju se na krivi koncept. Pritom je potrebno

načiniti zamjenu koncepata, primijeniti ideju na novi, ispravan koncept. Kod učenika je metoda zamjene koncepata dobro prihvaćena jer ne zahtijeva restrukturiranje ideja, već modifikaciju postojeće ideje. Problem ove tehnike je što se ne može primijeniti na svaku pretkonceptiju. Jedan od primjera metode zamjene koncepata je vertikalni hitac. Neki učenici smatraju da prilikom izbačaja npr. kamena u vis, kamenu dajemo silu izbačaja prema gore, koja putuje zajedno s njim. Ideja da smo kamenu nešto dali je točna, no primijenjena na krivi koncept. Slijedi zamjena koncepata, rasprava pomoću koje se dolazi do ispravnog koncepta, da kamenu nismo dali silu izbačaja, već početnu brzinu prema gore.

Budući da je mnogo fizikalnih ideja učenicima kontraintuitivno i teško prihvatljivo, metodom analogije pokušavaju se pronaći učeničke ideje koje su bliske znanstvenim idejama, a mogu poslužiti za povlačenje analogije s početnom, učenicima kontraintuitivnom idejom. Učeničke ideje nazivamo sidrima, jer predstavljaju čvrsto uporište razmišljanja. Kreće se od ideje sidra i povlači analogija s ciljnom idejom.

Metoda sokratskog dijaloga je način razgovora nastavnika i učenika, kojim se učenika potiče na razmišljanje i vlastito zaključivanje. Nastavnik ne daje učeniku gotovo objašnjenje, već pomoću potpitanja vodi učenika do samostalnog zaključka. Često je taj zaključak kontraintuitivan s učenikovom početnom idejom. Sokratski dijalog prigodan je za korištenje u manjim učeničkim grupama, jer zahtijeva dosta vremena da se kvalitetno provede.

#### 4.2. Miskonceptije o temperaturi i toplini

Učenici imaju brojne poteškoće u razumijevanja pojmova toplina i temperatura. Najčešće smatraju da su ta dva pojma jednaka, odnosno imaju poteškoće u razlikovanju ta dva pojma [2]. Povezuju pojam temperature s pojmom topline, odnosno gledaju na temperaturu kao mješavinu topline i hladnoće unutar nekog objekta [5]. Učenici imaju problem s razumijevanjem samog pojma topline. Prema [1], poteškoće s toplinom proizlaze i iz samog korištenja pojmova toplina, protok topline i toplinski kapacitet. Isto



tako, miskoncepcije vezane uz pojam topline proizlaze i iz poistovjećivanja topline i unutarnje energije [2]. Problemi učeničkog razumijevanja prijenosa topline, odnosno razumijevanje razlika između toplinskih vodiča i izolatora proizlaze iz svakodnevnog iskustva. Učenici znaju da im je toplije kada obuku vunenu odjeću ili se omotaju dekom, no ne razumiju da su vunena odjeća i deka toplinski izolatori te da oni reduciraju prijenos topline, već smatraju da su deka, vunena odjeća i neki drugi izolatori izvori topline. Također, jedan od glavnih izvora miskoncepcija vezanih uz prijenos topline su naša osjetila dodira [2]. Na dodir nam se metal čini hladniji od drveta, iako se oboje nalaze u istoj prostoriji, na sobnoj temperaturi. Problem je u tome što naša osjetila ne mjere temperaturu, već brzinu izmjene topline našeg tijela s okolinom. Problem s razumijevanjem pojma temperature proizlazi već iz samog načina mjerenja temperature – termometrom se mjeri nešto što se nalazi unutar predmeta i nešto što prelazi na termometar [2].

Provedena su brojna istraživanja o učeničkim miskoncepcijama u termodinamici, točnije o miskoncepcijama o toplini, temperaturi, prijenosu topline. Uočene su mnoge miskoncepcije, koje možemo prema [5] svrstati u četiri kategorije:

- Učeničke miskoncepcije o toplini
- Učeničke miskoncepcije o temperaturi
- Učeničke miskoncepcije o prijenosu topline i promjeni temperature
- Učeničke miskoncepcije o toplinskim svojstvima materijala.

Određene miskoncepcije koje se javljaju mogu se svrstati u više kategorija, zato što određena nerazumijevanja koncepata stvaraju miskoncepcije u više područja. Na primjer, nerazumijevanje procesa prijenosa topline dovodi i do miskoncepcija o toplinskim svojstvima materijala, jer zbog toga učenici smatraju da određene tvari imaju neka toplinska svojstva (izolatori su izvori topline).

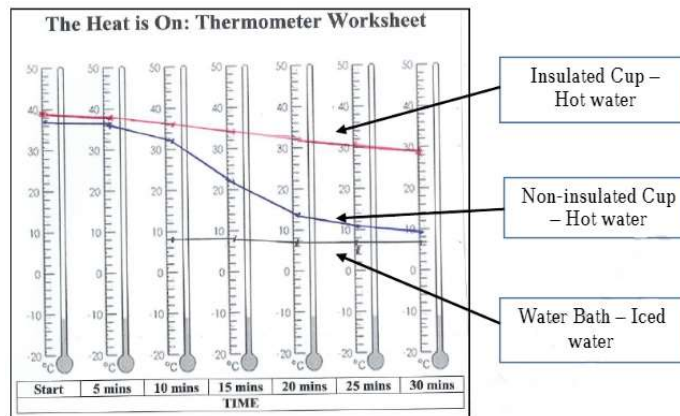
#### 4.2.1. Identificiranje miskoncepcija

Kako bi nastava fizike bila što kvalitetnija te kako bi učeničko znanje bilo čvršće i trajnije, nastavnik mora na vrijeme prepoznati učeničke miskoncepcije, te ih korištenjem određenih metoda ispraviti. Jedan način prepoznavanja miskoncepcija je pomoću izvođenja pokusa i traženja učeničkih predviđanja prije nego se pokus izvede. Miskoncepcije se mogu prepoznati i pomoću dobro strukturiranih konceptualnih testova.

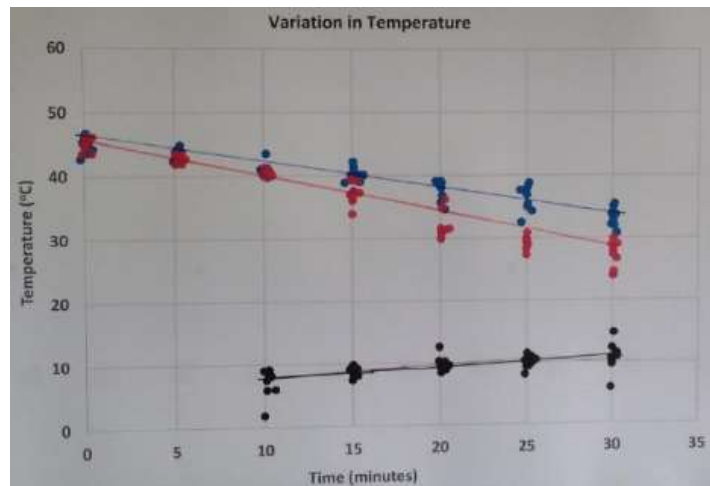
Provedena su brojna istraživanja o učeničkim miskoncepcijama u termodinamici, te kako ih identificirati. Istraživanje u Tasmaniji na 53 učenika u dobi od 8 i 9 godina naslova „The Heat is on!“ objavljeno je 2016. godine [5]. Cilj istraživanja bilo je dati učenicima priliku da identificiraju promjene koje se događaju u svakodnevnim situacijama zbog zagrijavanja i hlađenja, te raspoznati efekte topline koji se mogu mjeriti [5].

Prvi dio istraživanja bio je pokus koji su učenici izvodili u grupama od po 3 učenika. Svaka grupa dobila je manju plastičnu kadicu, jednu plastičnu čašu i jednu plastičnu čašu omotanu polistirenom (izolacijski materijal). U čašama se nalazila voda iste temperature (oko 40°C) i istog volumena, a čaše su se nalazile u kadici. Učenici su morali mjeriti temperaturu vode u čašama u periodu od 30 minuta, svakih 5 minuta. Nakon 10 minuta, u kadicu je dodana hladna voda, te su učenici od tog trenutka mjerili i temperaturu vode u kadici. Nakon izvršenog mjerenja, učenici su prikazali rezultate na radnom listiću pomoću termometra. Primjer rezultata jednog istraživanja prikazan je na slici 4.1., a graf koji je dobiven od svih mjerenja, prikazan je na slici 4.2. Nakon prikazivanja rezultata učenici su odgovarali na nekoliko kratkih pitanja o izvršenom pokusu i o rezultatima koje su dobili.

Drugi dio istraživanja sastojao se od individualnih intervjuja o razumijevanju pojmova topline, izolacije i prijenosa topline. U intervjuima je sudjelovalo ukupno 36 učenika.



Slika 4.1. – Primjer rezultata mjerenja temperature vode u plastičnoj čaši, kadici i čaši omotanoj polistirenom (izolirana čaša) [5].



Slika 4.2. – Prikaz razrednog grafikona [5]

Pitanja na koja su učenici trebali odgovoriti su bila sljedeća [5]:

1. Kako temperatura varira kada nešto postaje hladnije ili toplije?
2. Kako izolacija utječe na variranje temperature?

Nakon tih pitanja učenicima je prikazan graf koji su dobili mjerenjima (slika 4.2.) i na sljedeća pitanja odgovarali su pomoću grafa:

3. Što nam govori konačni graf koji smo dobili?

4. Zašto nisu sve izmjerene temperature potpuno jednake? Što je uzrok odstupanja?
5. Opiši izgled razrednog grafa. Koji oblik ili uzorak vidiš?
6. Što nam uzorci na grafovima govore o toplini?

Nakon provedenih intervjua analizirani su učenički odgovori. Ispostavilo se da odgovori na pitanja 1,2,4 i 6 otkrivaju učeničke miskoncepcije o prijenosu topline, a odgovori na pitanja 3 i 5 učeničke miskoncepcije o toplinskim svojstvima.

Podaci dobiveni iz odgovora svrstani su u dvije kategorije:

- Učeničke miskoncepcije o prijenosu topline i promjeni temperature
- Učeničke miskoncepcije o toplinskim svojstvima materijala.

Neke od miskoncepcija koje su u prijašnjim istraživanjima već otkrivene, evidentirane su i u ovom istraživanju. Tako su pod miskoncepcijama o prijenosu topline i promjeni temperature evidentirane četiri najčešće miskoncepcije: hladnoća i toplina imaju svoj tok (kao tekućine), temperatura se može prenositi, predmeti različite temperature koji su u dodiru jedan s drugim ili u dodiru s zrakom različite temperature neće nužno doći do iste temperature (neće se nužno uspostaviti toplinska ravnoteža), topli predmeti prirodno se hlade, a hladni predmeti prirodno se griju.

Miskoncepcija o toplinskim svojstvima tvari koja se najčešće javljala u intervjuima je da materijali poput vune imaju sposobnost da zagriju stvari (izvori topline).

Ovo istraživanje provedeno je u svrhu otkrivanja miskoncepcija koje učenici imaju o temperaturi i toplini. Drugo istraživanje koje ću prepričati provedeno je pomoću testova u kojem su već bile navedene česte učeničke miskoncepcije, kako bi se otkrilo koji postotak učenika ima miskoncepcije o toplini, toplinskoj ravnoteži i prijenosu topline, nakon što su u školi već učili o tim temama.

Istraživanje je provedeno u srednjoj školi Sooko Mojokerto u Indoneziji 2015. i 2016. godine [17]. Istraživanje je provedeno pomoću trodijelnog testa za identifikaciju učeničkih miskoncepcija o temperaturi i toplini. Takav trodijelni test koristi se za identificiranje poteškoća, miskoncepcija i određivanja razine učeničkog znanja.

Prednost ovog testa je što se sastoji od tri razine. Prva razina sastoji se od testa od 19 pitanja višestrukog odabira. U svakom pitanju ponuđeno je 5 mogućih odgovora i 1 prazno mjesto, ukoliko učenici smatraju da ni jedan odgovor nije točan. Od 19 pitanja, 5 pitanja odnosi se na koncept toplinske ravnoteže, 8 pitanja na koncept topline i 6 pitanja na koncept prijenosa topline, odnosno toplinskog toka. U drugom dijelu testa nalaze se razlozi točnih odgovora iz prvog dijela – za svako pitanje iz prvog dijela morali su zaokružiti razlog, objašnjenje zašto smatraju da je taj odgovor točan. Za svako pitanje bio je ponuđen jedno točno objašnjenje, 4 objašnjenja temeljena na čestim učeničkim miskoncepcijama i jedno prazno mjesto za učenička objašnjenja, ukoliko se ne slažu s ponuđenim. U trećem dijelu testa provjeravala se njihova sigurnost u točnost odgovora – za svaki dani odgovor morali su odlučiti slažu li se s danim odgovorima ili ne.

Nakon obrade rezultata, navedeno istraživanje na 30 učenika dalo je sljedeće rezultate. 47 % učenika smatra da:

- temperatura nekog predmeta nije posljedica toplinske ravnoteže između okoline i tog predmeta
- faktori koji utječu na nastanak toplinske ravnoteže su: debljina predmeta (tanji predmet, brže uspostavljanje toplinske ravnoteže), površina predmeta (veća površina, brže uspostavljanje ravnoteže), materijal predmeta (dva predmeta ne mogu biti u toplinskoj ravnoteži ako se sastoje od različitih materijala)

60% učenika smatra da:

- toplinski kapacitet nekog predmeta proporcionalan je promjeni temperature tog predmeta (veći toplinski kapacitet, brža promjena temperature)
- na toplinu pomoću koje dolazi do promjene faze utječe površina tog objekta

50% učenika:

- ima problema s razumijevanjem koncepata kondukcije, emisivnosti i refleksije.

Iz ovog istraživanja slijedi da se razlozi nastanka miskonceptija mogu raspodijeliti u 5 kategorija: pretkonceptije, pogrešna intuicija, pogrešno zaključivanje, humanističko razmišljanje, asocijativno razmišljanje.

Najčešći uzrok miskonceptija o temperaturi objekata, toplinskoj ravnoteži i prijenosu topline (kondukcija) je pogrešna intuicija. Uzrok miskonceptija o promjeni temperature objekata, toplinskom kapacitetu su pretkonceptije, odnosno pogrešni koncepti do kojih su učenici došli prije formalnog obrazovanja, na temelju vlastitog iskustva. Dakle, pomoću opisanog trodijelnog dijagnostičkog testa, otkrivene su neke miskonceptije o temperaturi i toplini te određeni razlozi nastanka tih miskonceptija kod učenika [17].

#### 4.2.2. Miskonceptije o toplini

Učeničke miskonceptije o toplini [2]:

- Toplina je tvar (kao zrak ili para).
- Razlikujemo toplu i hladnu toplinu (toplina i hladnoća).
- Toplina i hladnoća su dvije suprotne tvari.

Toplina je koncept koji je učenicima teško razumljiv. Česta učenička miskonceptija o toplini je da ne razmišljaju o njoj kao energiji, već kao o tvari. Učenici razmišljaju o toplini kao o tvari (kao zrak ili para) koja može ulaziti i izlaziti iz objekata [1,2,7]. U dobi od 14 do 17 godina, učenici imaju različite predodžbe o toplini, razmišljaju o njoj na različit način. Prema [1] postoji 7 različitih okvira za razmišljanje o toplini (Watts i Gilbert, 1985. g.):

- primjetna toplina – toplina koju učenici vežu samo uz jako vruća tijela i velike količine topline
- dinamična toplina – toplina povezana s gibanjem
- pokretna toplina – toplina koja se doživljava kao nešto što se širi s jednog mjesta na drugo, ali širi se postupno, kao fluid

- normalna toplina – toplina koja se povezuje s temperaturom tijela, ljudi se smatraju standardom za mjerenje te vrste topline
- produktivna toplina – toplina koja se koristi u proizvodnji
- standardna toplina – toplina je iznad temperature smrzavanja, a hladnoća ispod temperature smrzavanja
- regionalna toplina – toplina koja je statična, okupira neko područje, a hladnoća je nedostatak topline

Topla i hladna toplina (toplina i hladnoća) su za djecu do 16 godina dvije različite stvari. Oboje su tvari, objekti koji imaju svojstva materijalnih tvari, no nisu dio istog kontinuuma već je hladnoća nešto suprotno od topline (E. Clough i Driver, 1985. g.) [1]. U mnogim istraživanjima potvrđeno je da učenici razmišljaju o toplini kao o tvari te da su toplina i hladnoća dvije različite tvari. To je potvrdio i Erickson (1979. g.) u istraživanju nad učenicima 11-16 godina [1].

Shvaćanje razlike između temperature i topline jedan je od najtežih koncepata u termodinamici za učenike. Znatno dio učenika ne raspoznaje razliku između koncepata topline i temperature, već razmišljaju o njima kao o jednakim stvarima [1,2,9]. Točnije, razmišljaju o temperaturi kao mješavini topline i hladnoće unutar nekog objekta. Istraživanje ideja učenika o razlici između topline i temperature donosi tri kategorije odgovora, razmišljanja (Tiberghien, 1983. g.) [1]:

- Ideja da je toplina vruća, a temperatura može biti hladna i topla. Nešto može imati temperaturu smrzavanja, dok je toplina samo nešto vruće, vrući kraj temperaturne skale. (Takav način razmišljanja čest je među učenicima od 10 do 12 godina)
- Ne postoji razlika između temperature i topline, temperatura je toplina. (Način razmišljanja koji je identificiran kod učenika od 10 do 16 godina.)
- Temperatura je sredstvo za mjerenje topline.

### 4.2.3. Miskoncepcije o temperaturi

Miskoncepcije koje proizlaze iz nedostatka znanja o temperaturi su [2]:

- Toplina je vruća, ali temperatura može biti hladna ili vruća.
- Temperatura je količina topline.
- Ako su dva tijela na istoj temperaturi, imaju istu toplinsku energiju.
- Temperatura predmeta ovisi o njegovoj veličini.
- Objekti na sobnoj temperaturi imaju različite temperature.

O temperaturi učenici razmišljaju kao o svojstvu određenog materijala ili objekta [7]. Takvo razmišljanje proizlazi iz nerazumijevanja prijenosa topline i oslanjanja na osjetila dodira, pa tako dolaze do mišljenja da je metal prirodno hladniji od plastike ili drva. Učenici ne prepoznaju temperaturu kao fizikalnu veličinu koja opisuje stanje materije, već koriste neke druge parametre kojima opisuju materiju (Tiberghien, 1983) [1]. Iz toga izlazi i miskoncepcija da objekti na sobnoj temperaturi mogu imati različite temperature.

Problem kod učenika je i određivanje temperature smjese, kada promiješamo jednake volumene vode različite temperature. Problem se javlja zato što učenici ne razmišljaju o temperaturi kao intenzivnoj veličini, već je tretiraju kao ekstenzivnu veličinu. To se vidi u istraživanjima s učenicima koja su proveli Driver i Russell (1982.g.), Strauss i Stavy (1982. g.) te Stavy i Barkovitz. Driver i Russel proveli su istraživanje na 324 malezijskih i engleskih učenika. Ispitali su učeničke ideje o rezultatnoj temperaturi kada izmiješamo isti volumen hladne i isti volumen tople vode, a da ne znamo početne temperature vode. Otkrili su da preko 50% učenika u dobi od 8 i 9 godina i 80% učenika u dobi od 13 i 14 godina ima točne kvalitativne prosudbe, ali tek je manje od 25% učenika u dobi od 13 i 14 godina odredilo točnu temperaturu smjese kada su im dane početne temperature hladne i tople vode. Stavy i Barkovitz proveli su slično istraživanje nad izraelskim učenicima u dobi od 9 i 10 godina starosti, te dobili slične rezultate [1].

Strauss i Stavy istraživali su učeničke odgovore o konačnoj temperaturi smjese dvije čaše hladne vode (istih početnih temperatura). Djeca u dobi od 4 do 6 godina starosti odgovorila su da će temperatura smjese biti jednaka kao temperatura vode u čašama.



Djeca se u toj dobi nalaze u predoperacijskom razdoblju razvoja, ne uzimaju u obzir količinu vode u čaši, pa zato odgovaraju da je temperatura vode jednaka. Djeca u dobi od 5 do 8 godina odgovorila su da je temperatura vode dvostruko manja, odnosno da je konačna količina vode dvostruko hladnija. U toj dobi, djeca ulaze u razdoblje konkretnih operacija, te u ovom slučaju uzimaju u obzir količinu vode u smjesi – dvostruko veća količina hladnije vode, dvostruko hladnija voda. U tom razdoblju, djeca ne raspoznaju razliku između intenzivnih i ekstenzivnih fizikalnih veličina, te temperaturu promatraju kao ekstenzivnu veličinu. Djeca u dobi do 12 godina odgovorila su da će temperatura vode kada je izmiješamo, biti jednaka kao početne temperature hladne vode u čašama. Djeca u toj dobi počinju shvaćati razliku između intenzivnih i ekstenzivnih veličina i razumiju da temperatura ne ovisi o količini vode [1].

#### 4.2.4. Miskonceptije o prijenosu topline i toplinskim svojstvima materijala

Često se na temelju nerazumijevanja prijenosa topline javljaju miskonceptije o određenim toplinskim svojstvima materijala. Tako na primjer mnogo učenika smatra izolatori izvori topline. Miskonceptije koje se javljaju o toplinskim svojstvima i prijenosu topline su [1, 2, 7, 9]:

- Neke stvari su prirodno hladnije, a neke prirodno toplije.
- Različiti materijali privlače i zadržavaju toplinu drugačije.
- Metali privlače i zadržavaju toplinu.
- Izolatori privlače i zadržavaju toplinu.
- Neki materijali (pr. vuna) imaju sposobnost da zagriju stvari.
- Toplina se stvara u materijalima kao deke, šeširi, kaputi, kape.
- Stvari koje održavaju nešto toplim su izvori topline.
- Objekti koji lako postaju topli (toplinski vodiči), ne mogu lako postati hladni.
- Hladnoća se prenosi s jednog predmeta na drugi.
- Vrući predmeti se hlade, a hladni predmeti se zagrijavaju.
- Temperatura se može prenositi s jednog predmeta na drugi.

Najčešći uzrok pojave miskoncepcija da su neki materijali prirodno hladniji od drugih su naša osjetila dodira [2]. Kada učenici dotaknu metal i drvo, koji se nalaze na sobnoj temperaturi, metal im se čini hladniji te zaključuju da je temperatura metala manja od temperature drveta. Problem je što učenici ne znaju dovoljno o prijenosu topline kada dolaze do tog zaključka, pa se oslanjaju na osjetila dodira. Često učenici imaju takve miskoncepcije i nakon što uče o prijenosu topline, jer ne primjenjuju naučene koncepte pri zaključivanju.

Učenici smatraju da su izolatori izvori topline na temelju svakodnevnog iskustva – kad im je hladno, omotaju se dekom ili obuku vunenu odjeću te im je tada toplije. Problem se javlja jer neki učenici ne razumiju da je svojstvo izolatora da smanjuje protok topline, pa na temelju osjetila zaključuju da su izolatori izvori topline.

U prije spomenutom istraživanju o miskoncepcija o temperaturi i toplini provedenom u tasmanijskoj školi [5], nakon odrađenih pokusa u grupama (mjerjenje temperature vode u plastičnoj čaši i izoliranoj čaši, odnosno plastičnoj čaši s vanjskom izolacijom), učenici su intervjuirani. 5 od 24 učenika smatralo je da izolatori imaju sposobnost zagrijavanja predmeta. Neki od učeničkih odgovora bili su [5]:

- „Izolirana čaša je grijala vodu koja se nalazila u njoj.“
- „Vode u čašama su se ponašale različito jer je jedna čaša imala oko sebe drugu čašu koja ju je štitila.“
- „ Izolirana čaša imala je vanjsku zaštitu. Ta zaštita je kao oblozi koje stavljamo na potkrovlje kako bi nas zimi grijali.“
- „ Izolirana čaša spriječila je hladnu vodu da dođe blizu tople vode.“
- „ Izolirana čaša je oko sebe imala drugu čašu pa je voda u njoj ostala topla jer je bila zaštićena. To možemo zamisliti kao da je hladna voda vojska, izolirana čaša ima štit, a druga neizolirana čaša nema štit pa se ne može braniti i voda u njoj postaje hladnija.“

U navedenom istraživanju uočene su i miskoncepcije o hladnoj i toploj toplini, odnosno da postoji prijenos topline i prijenos hladnoće s predmeta na predmet. Vezano

uz navedeni pokus koji su učenici izvodili u grupama, u intervjuima su spominjali kako toplina i hladnoće, te topla i hladna voda ulaze i izlaze iz čaša [5]:

- „ Topla voda iz čaše ulazi u kadicu, kao i sva toplina iz čaša.“
- „ Temperatura hladne vode se povećala jer su čaše apsorbirale hladnu vodu.“
- „ Hladna voda koja je dodana u kadicu je nekako ušla u čaše i ohladila vodu u njima.“

Kako neki učenici ne razumiju razliku između temperature i topline, javlja se i miskoncepcija da se temperatura može prenositi s predmeta na predmeta. U prije navedenom istraživanju ta miskoncepcija uočena je kao jedna od najčešćih [5].

#### 4.2.5. Miskoncepcije o promjeni faze

Učenici često ne razumiju što se dešava s temperaturom i toplinom prilikom promjene agregatnog stanja, pa se često i u tom području javljaju neke miskoncepcije [2,7]:

- Temperatura se ne mijenja za vrijeme taljenja ili ključanja.
- Temperatura vode može premašiti temperaturu ključanja.
- Kad je temperatura kod vrenja konstantna, nešto nije u redu.
- Led ne može promijeniti temperaturu.

## 5. POKUSI

Jedno od objašnjenja zašto nastavnici ne izvode više pokusa u nastavi fizike je nedostatak opreme. Ideja ovog rada je da se nastavnicima prezentiraju jednostavni pokusi uz korištenje opreme koja je dostupna svima. To je i trend u suvremenom obrazovanju budući da s takvom opremom djeca mogu samostalno istraživati u školi i kod kuće. U ovom poglavlju opisani su pokusi pomoću kojih se mogu izazvati i ispraviti učeničke miskonceptije o toplini, temperaturi, prijenosu topline, toplinskim vodičima i izolatorima. Pokusi se mogu izvoditi na nastavi fizike kao frontalni, no mogu ih izvoditi i učenici u manjim grupama.

Prije izvođenja pokusa, bitno je da su učenici upoznati s priborom koji se koristi u pokusima, da znaju princip rada uređaja koji se koriste u pokusu i da znaju baratati s tim priborom. Ukoliko pokuse izvode učenici u grupama, nastavnik treba obilaziti grupe i nadgledati rad učenika. U pokusima u kojima se koristi vruća voda, preporuča se korištenje vode temperature do 60°C, kako se učenici ne bi opekli.

### 5.1. Osjetila kao mjera zagrijanosti tijela

#### Pokus 1.

**Pribor:** 3 čaše, hladna voda, topla voda, mlaka voda

**Opis pokusa:** Napunimo jednu čašu hladnom, drugu mlakom i treću toplom vodom. Uronimo prst jedne ruke u hladnu vodu, a prst druge ruke u toplu vodu. Zadržimo tako 20-30 sekundi. Nakon toga oba prsta stavimo u mlaku vodu. (Slika 5.1.)



Slika 5.1. – Prikaz određivanja zagrijanosti vode pomoću osjetila dodira

### Pitanja za učenike:

- Što osjećate kada uronite jedan prst u hladnu vodu, a drugi u toplu?
- Što osjećate sada kada ste uronili oba prsta u mlaku vodu? Je li voda topla ili hladna?
- Jesu li naša osjetila dovoljno dobar pokazatelj zagrijanosti tijela?

**Opazanja:** Kada uronimo prst jedne ruke u hladnu vodu, a prst druge ruke u toplu vodu, osjećamo da je voda u jednoj čaši hladnija od vode u drugoj čaši. Nakon što uronimo oba prsta u čašu s mlakom vodom, pomoću prsta koji je prije bio uronjen u hladnu vodu osjećamo da je voda topla, a pomoću prsta koji je prije bio uronjen u toplu vodu osjećamo da je voda hladna.

**Zaključak:** Naša osjetila nisu dovoljno dobar pokazatelj zagrijanosti tijela. Da bi točnije odredili koliko su tijela zagrijana, koristimo termometar i određujemo temperaturu tijela.

## 5.2. Temperatura i gibanje čestica

### Pokus 2.

**Pribor:** 2 čaše, topla i hladna voda, prehrambena boja/tinta

**Opis pokusa:** U jednu čašu ulijemo hladnu vodu, a u drugu toplu vodu. U obje čaše kapnemo prehrambenu boju ili tintu. (slika 5.2.1.)



Slika 5.2.1. – Prikaz širenja tinte u vrućoj i hladnoj vodi

### Pitanja za učenike:

- Što opažate? Kako se boja širi u čaši s toplom vodom, a kako u čaši s hladnom vodom?
- Zašto je tako? Zašto se u čaši s toplom vodom tinta širi brže nego u čaši s hladnom vodom?
- Kako se gibaju čestice u hladnoj vodi, a kako u toploj vodi?
- S čime povezujemo temperaturu tijela?

**Opažanja:** U čaši u kojoj se nalazi topla voda, boja se brže širila.

**Objašnjenje:** Što je veća temperatura vode, čestice vode se gibaju brže. Iz tog razloga se boja u čaši s toplom vodom brže raširila u čaši s toplom vodom nego u čaši s hladnom vodom.

**Zaključak:** Temperaturu tijela povezujemo s kinetičkom energijom čestica tijela.

### Pokus 3.

**Pribor:** 2 čaše, prehrambena boja, hladna voda, vruća voda, kapaljka/šprica

**Opis pokusa:** Napunimo jednu čašu vrućom vodom i u nju dodamo prehrambenu boju. Drugu čašu napunimo hladnom vodom. Pomoću kapaljke ili šprice, uzmemo malu količinu vruće obojane vode i stavimo kapaljku/špricu na dno čaše s hladnom vodom.

Polako pustimo vodu iz kapaljke/špricu na dno čaše s hladnom vodom. Sada napunimo kapaljku/špricu malom količinom hladne vode i stavimo je u čašu s vrućom vodom, te polako pustimo vruću vodu iz kapaljke/šprice na dno čaše s hladnom vodom. (Slika 5.2.2.)



Slika 5.2.2. – Prikaz izvođenja pokusa kojim uočavamo razliku između gustoće hladne i gustoće vruće vode

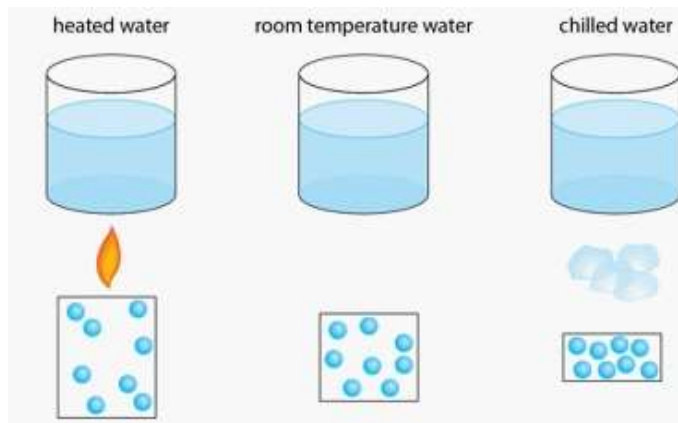
### Pitanja za učenike:

- Što se dogodilo s vrućom vodom koju smo dodali u čašu s hladnom vodom?
- Ako se vruća voda podigla na vrh čaše u kojoj je hladna voda, što mislite što bi se moglo dogoditi ako dodamo malu količinu hladne vode u čašu s vrućom vodom?
- Što se dogodilo s hladnom vodom ako je dodamo u čašu s vrućom vodom?
- Što se dogodilo s hladnom vodom koju smo dodali u čašu s vrućom vodom?
- Što mislite, zašto se vruća voda podigla na vrh, a hladna voda ostala na dnu?

**Opažanja:** Nakon što smo dodali vruću vodu u čašu s hladnom vodom, vruća obojana voda se podigla na vrh čaše. Kada smo dodali hladnu vodu u čašu s vrućom vodom, dno vruće vode je postalo svjetlije, znači da je hladna voda ostala na dnu.

**Objašnjenje:** U vodi veće temperature molekule se brže gibaju i postoji veći razmak između molekula u vodi veće temperature nego u vodi manje temperature. Razmak između čestica u vrućoj vodi, vodi sobne temperature i hladnoj vodi prikazan je na slici 5.2.3. Promatramo li isti volumen vode veće i manje temperature, gustoća hladnije vode je veća od gustoće vode veće temperature.

**Zaključak:** Gustoća hladne vode je veća od gustoće toplije vode.



Slika 5.2.3. Prikaz čestica vode pri različitoj temperaturi [11]

### 5.3. Toplinsko širenje

#### Pokus 4.

**Pribor:** balon, plastična boca, dvije kadice ili veće posude, hladna voda, vruća voda

**Opis pokusa:** Na grlo boce stavimo balon. Bocu najprije stavimo u hladnu vodu i malo pričekamo. Zatim bocu stavimo u vruću vodu i malo pričekamo. Na kraju vratimo bocu u hladnu vodu. (Slika 5.3.1.)



Slika 5.3.1. – Prikaz izvođenja pokusa kojim uočavamo toplinsko širenje zraka



### Pitanja za učenike:

- Što mislite što će se dogoditi s balonom na boci u hladnoj vodi?
- Što mislite što će se dogoditi s balonom na boci u vrućoj vodi?
- Što će se dogoditi s balonom ako bocu vratimo u hladnu vodu?
- Zašto se balon napuhao kada se boca nalazila u vrućoj vodi, a ispuhao kada se boca nalazila u hladnoj vodi?

**Opazanja:** Kada smo stavili bocu u hladnu vodu, ništa se nije promijenilo na balon. Kada smo stavili bocu s balonom u vruću vodu, balon se napuhao, povećao mu se volumen. Kada smo vratili bocu u hladnu vodu, balon se ispuhao.

**Objašnjenje:** Toplina s vruće vode prelazi na zrak u boci, te se zagrijavanjem volumen zraka povećava i balon se proširio. Kada smo vratili bocu u hladnu vodu, toplina je prešla na hladnu vodu, pa se temperatura zraka unutar boce smanjila te se smanjio i volumen i ispuhao balon.

**Zaključak:** Zagrijavanjem plinova povećava se njihov volumen, a hlađenjem se smanjuje.

### Pokus 5.

**Pribor:** omot od žvakaće (koji se sastoji od aluminijske folije i papira), svijeća

**Opis pokusa:** Omot od žvakaće na kojem se s jedne strane nalazi aluminijska folija, a s druge strane papir, stavimo iznad svijeće tako da je aluminijska strana okrenuta prema plamenu. (Slika 5.3.2.)



Slika 5.3.2. – Prikaz toplinskog rastezanja različitih materijala

### Pitanja za učenike:

- Što misliti što će se dogoditi s omotom nakon što ga neko vrijeme držimo iznad plamena?
- Zašto se omot savio na jednu stranu?

**Opazanja:** Omot se nakon nekog vremena savio prema gore.

**Objašnjenje:** Čvrsta tijela linearno se rastežu (i volumno) prilikom zagrijavanja. Neki materijali rastežu se više od drugih, ovisno o koeficijentu linearnog rastezanja tog materijala. Aluminij se rasteže više od papira, pa se omot savio prema gore.

**Zaključak:** Čvrsta tijela se zagrijavanjem rastežu. Neki materijali rastežu se više od ostalih (ovisno o koeficijentu rastezanja materijala).

## 5.4. Toplina i temperatura

### Pokus 6.

**Pribor:** kuhalo za vodu, termometar, 0.5 L, 1 L, 1.5 L vode, štoperica

**Opis pokusa:** U kuhalu najprije zagrijavamo 0.5 L vode u vremenu od 30 s. Nakon toga pomoću termometra izmjerimo temperaturu vode. Zatim zagrijavamo 1 L vode u istom vremenskom periodu, 30 s. Izmjerimo temperaturu te vode. Na kraju zagrijavamo u kuhalu 1.5 L vode u vremenskom periodu od 30 s i nakon toga izmjerimo temperaturu vode.

### Pitanja za učenike:

- Temperatura koje količine vode je najveća?
- Temperatura koje količine vode je najmanja?
- Zašto smo sve količine zagrijavali isto vremenski period?
- Jesu li sve količine vode koje smo zagrijavali primile istu količinu topline?
- Zašto sve količine vode nemaju istu temperaturu?

**Opazanja:** Temperatura najmanje količine vode (0.5 L) je najveća, a temperatura najveće količine vode koju smo zagrijavali (1.5 L) je najmanja.

**Objašnjenje:** Za zagrijavanje svake količine vode koristili smo isti grijač, iste snage i grijali vodu isti vremenski period. Iz toga možemo zaključiti da je svaka količina vode koju smo grijali primila istu količinu topline ( $Q = P \cdot t$ ). Iako je u svako količinu vode

dovedena ista količina topline, konačne temperature vode su različite, zbog razlike u količini vode.

**Zaključak:** Toplina i temperatura nisu isto!

## 5.5. Prijenos topline – toplinski vodiči i izolatori

### Pokus 7.

**Pribor:** štapići ili žlice jednakih dimenzija i različitog materijala – plastika, metal, drvo, margarin, tjestenina, nož, posuda, vruća voda

**Opis pokusa:** Nožem namažemo margarin na vrh štapića i nalijepimo tjesteninu. Stavimo štapiće u posudu, tako da je tjestenina na vrhu štapića i nalijemo vruću vodu. Promatramo što se događa, kako se redom odvaja tjestenina.

### **Pitanja za učenike:**

- Što se dogodilo? Tjestenina s kojeg štapića se prva odvojila?
- S kojeg štapića se tjestenina zadnje odvojila?
- Zašto je to tako? Zašto se tjestenina nije odvojila sa svih štapića istovremeno?

**Opazanja:** Tjestenina se najprije odvojila s metalnog štapića, zatim s plastičnog i na kraju s drvenog.

**Objašnjenje:** Različiti materijali različito vode toplinu. Neki materijali vode toplinu brži i bolje, a neki sporije. Materijale koji bolje vode toplinu nazivamo toplinski vodiči, a materijale koji sporije vode toplinu nazivamo izolatori. Metali su dobri vodiči topline, pa se zato tjestenina najbrže odvojila od metalnog štapića. Toplina je brže došla do tjestenine u metalnom štapiću nego u drvenom i plastičnom štapiću. Drvo i plastika su izolatori topline.

**Zaključak:** Postoje toplinski vodiči i toplinski izolatori.

### Pokus 8.

**Pribor:** 2 plastične čaše (izolirane polistirenom), metalna pregrada, plastična pregrada, 4 termometra, hladna voda, vruća voda

**Opis pokusa:** U jednu čašu, okomito na dno stavimo metalnu pregradu, a u drugu čašu okomito na dno stavimo plastičnu pregradu. U svaku čašu s jedne strane pregrade

ulijemo hladnu vodu (iste početne temperature), a s druge strane pregrade ulijemo vruću vodu (iste početne temperature). U svaku čašu stavimo dva termometra, svaki s jedne strane pregrade. Očitavamo temperaturu s termometara svakih 30 s u periodu od 5 minuta i bilježimo očitane temperature u tablicu. (Slika 5.5.1.)

Ovaj pokus može se provesti na nastavi u učeničkim grupama ili zadati učenicima kao kućni eksperiment. Nakon što očitaju temperature i popune tablicu, učenicima možemo zadati da nacrtaju dva grafa – graf ovisnosti promjene temperature hladne vode u čaši s metalnom pregradom i čaši s plastičnom pregradom o vremenu, te graf ovisnosti promjene temperature vruće vode u čaši s metalnom pregradom i čaši s plastičnom pregradom o vremenu.

Primjer tablice za bilježenje očitanih temperatura:

Čaša s metalnom pregradom			Čaša s plastičnom pregradom		
Vrijeme očitavanja temperature / [s]	Temperatura hladne vode / [°C]	Temperatura vruće vode / [°C]	Vrijeme očitavanja temperature / [s]	Temperatura hladne vode / [°C]	Temperatura vruće vode / [°C]
0			0		
30			30		
60			60		
90			90		
120			120		
150			150		
180			180		
210			210		
240			240		
270			270		
300			300		

Tablica 5.1. – Tablica za bilježenje očitanih temperatura

#### Pitanja za učenike:

- Što se događa s temperaturom hladne vode u čaši s plastičnom pregradom?
- Što se događa s temperaturom hladne vode u čaši s metalnom pregradom?
- Što se događa s temperaturom vruće vode u čaši s plastičnom pregradom?
- Što se događa s temperaturom vruće vode u čaši s metalnom pregradom?

- Zašto se temperature ne mijenjaju jednoliko ako su početne temperature bile jednake?
- U kojoj čaši se temperatura mijenja brže?

**Opažanja:** Temperatura hladne vode se u obje čaše povećala, s temperatura vruće vode smanjila. U čaši s metalnom pregradom temperatura hladne vode povećava se brže nego temperatura hladne vode u čaši s plastičnom pregradom. Temperatura vruće vode u čaši s metalnom pregradom smanjuje se brže od temperature vruće vode u čaši s plastičnom pregradom.

**Objašnjenje:** Metali su vodiči topline, pa u čaši s metalnom pregradom toplina brže prelazi s vruće vode na hladnu vode, pa se temperature vode u toj čaši mijenjaju brže nego u čaši s plastičnom pregradom.

**Zaključak:** Postoje toplinski vodiči i izolatori. Toplinski vodiči brže prenose toplinu od toplinskih izolatora.

#### Pokus 9.

**Pribor:** komad metala i komad plastike, na primjer USB stick

**Opis pokusa:** Dotaknemo prstom komad plastike i zatim komad metala. Zatim stavimo oba komada između dvije ruke, ili ih pritisnemo i jednoj šaci i držimo neko vrijeme. (Slika 5.5.2.)



Slika 5.5.1. – Prikaz izvođenja pokusa kojim uočavamo da materijali nisu prirodno hladni ili topli

#### **Pitanja za učenike:**

- Kakav je na dodir komad plastike, a kakav komad metala?
- Nakon što smo držali komade plastike i metala u ruci, kakvi su sada na dodir?

**Opazanja:** Komad metala je na dodir hladan, a komad plastike je topliji. Nakon što držimo komade plastike i metala u ruci neko vrijeme, komad metala se čini topliji nego komad plastike.

**Objašnjenje:** Kada se metal i plastika nalaze na sobnoj temperaturi, metal nam se na dodir čini hladnijim od plastike. To je zato što je metal toplinski vodič te pri dodiru toplina brzo prelazi s našeg tijela na metal. Kada metal zatvorimo u šaci, toplina iz šake brzo prelazi na metal, pa se metal zagrijava i kada ga dodirnemo, topli je na dodir. Kada zatvorimo u šaku komad plastike, toplina sa šake sporije prelazi na plastiku, pa se plastika sporije zagrijava. Kada dodirnemo plastiku nakon što smo je držali u šaci, čini se hladnija na dodir od metala. Iz tog pokusa vidimo da metali nisu uvijek hladniji na dodir od plastike, što znači da određeni materijali nisu prirodno hladni ili topli.

**Zaključak:** Materijali nisu prirodno hladni i prirodno topli.

#### Pokus 10.

**Pribor:** kuhinjska rukavica, 2 termometra

**Opis pokusa:** Stavimo jedan termometar u rukavicu, a jedan termometar na stol pokraj rukavice. Pričekamo neko vrijeme i očitamo temperature s oba termometra.

**Pitanja za učenike:**

- Što mislite, hoće li se temperature koje ćemo očitati s termometra razlikovati ili će biti jednake?
- Kakve temperature ste očitali?
- Kako to da su očitane temperature jednake, ako je jedan termometar bio u rukavici?

**Opazanja:** Temperature koje smo očitali s termometra su jednake.

**Objašnjenje:** Kuhinjska rukavica je toplinski izolator, a ne izvor topline. Toplinski izolatori usporavaju protok topline, pa zato osjećamo da nam je toplije kada stavimo rukavicu na ruku – usporava izmjenu topline između ruke i okoline. Oba termometra prikazuju istu temperaturu jer se nalaze na istoj sobnoj temperaturi. Kuhinjska rukavica je također na sobnoj temperaturi, pa nema izmjene topline između unutrašnjosti rukavice i okoline. Iz tog razloga termometri prikazuju istu temperaturu.

**Zaključak:** Toplinski izolatori nisu izvori topline.

## 6. ZAKLJUČAK

Toplina i temperatura su pojmovi s kojima se učenici susreću već i prije formalnog obrazovanja. Često su kod učenika prisutne miskoncepcije o tim pojmovima temeljene na svakodnevnom iskustvu i nedovoljnom znanju o tim pojmovima. Iako uče o pojmovima topline i temperature u osnovnoj i srednjoj školi, miskoncepcije često ne nestaju. Do toga najčešće dolazi zbog neprikladnog pristupa miskoncepcijama u nastavi fizike.

U predavačkom tipu nastave, koji je do sada bio prisutan u većini hrvatskih škola, nije se pridavala pozornost učeničkom predznanju i miskoncepcijama. Istraživački tip nastave i interaktivne metode, ukoliko se primjenjuju na ispravan način, mogu značajno povećati učinak nastave s obzirom na tradicionalni predavački pristup. Učenici konstruiraju svoje znanje na temelju novih informacija i prethodnih znanja i uvjerenja. Iz tog razloga bitno je uzeti u obzir učenička prethodna znanja, kako bi se na vrijeme ispravila ukoliko su pogrešna te se spriječilo daljnje razvijanje miskoncepcija. U interaktivnoj nastavi uzimaju se u obzir učenička predznanja.

Izvođenje pokusa na nastavi fizike je jedna od interaktivnih metoda koja je korisna za ispitivanje učeničkih predznanja i za primjenu metode kognitivnog konflikta, metode pomoću koje se zamjenjuju neispravne fizikalne ideje.

Izvođenje pokusa je nažalost još uvijek rijetka pojava na nastavi fizike u hrvatskim školama, a najčešći razlozi koji to opravdavaju su nedostatak vremena i nedostatak pribora. U ovom radu predstavljeni su pokusi za čije izvođenje je dovoljan pribor koji je dostupan svima. Mislim da je dosta bitno da se pokusi čim više izvode na nastavi fizike. No nije dovoljno samo izvođenje pokusa. Izvođenje će biti korisnije kada su učenici aktivno uključeni. Bitno je ispitati učenička predviđanja, kako bi osvijestili njihove miskoncepcije, te ih kroz pokuse direktno suočili s njihovim idejama.

Ovim radom željela sam istaknuti da postoji mnogo miskoncepcija o temperaturi i toplini koje se mogu ispraviti uz korištenje primjerenih interaktivnih metoda u nastavi.

## 7. LITERATURA

[1] Akhilesh P.T., *Identification of misconceptions in physics and testing of effectiveness of certain instructional programmes on remediation of the misconcepts among VIII standard students in Kerala*, (Doktorska disertacija, Odjel za obrazovanje, Sveučilište Calicut, 2014.)

[2] Aviani Ivica, *Toplina i temperatura*, dostupno na:  
[http://aviani.ifs.hr/doc/abs/Toplina\\_i\\_temperatura\\_Aviani.pdf](http://aviani.ifs.hr/doc/abs/Toplina_i_temperatura_Aviani.pdf), (kolovoz 2019.)

[3] Aviani I., Milotić B., Prelovšek Peroš S., *Otkrivamo fiziku 7*, Školska knjiga, Zagreb, 2019.

[4] Cooper S., Keeley P., *Uncovering student ideas in physical science, Volume 3: 32 new matter and energy formative assessment probes*, The Mitten problem, dostupno na:  
[https://learningcenter.nsta.org/products/symposia\\_seminars/Anaheim/uncovering/MittenTeacher.pdf](https://learningcenter.nsta.org/products/symposia_seminars/Anaheim/uncovering/MittenTeacher.pdf) (listopad 2019.)

[5] Duncan B., Fitzallen N., Watson J., Wright S., *Year 3 students conceptions of Heat transfer*, University of Tasmania, AARE Conference 2016 – Melbourne, Victoria

[6] Freedman R. A., Young H. D., *Sears and Zemansky's university physics with modern physics*, Pearson, Harlow, 2016

[7] Fries-Gaither J., *Common Misconceptions about Heat and Insulation*, dostupno na:  
<https://beyondpenguins.ehe.osu.edu/issue/keeping-warm/common-misconceptions-about-heat-and-insulation>, (rujan 2019.)

[8] Galović S., Srdelić M., *Fizika za 2. razred srednje škole*, dostupno na:  
<https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/452e1469-e362-4711-abcb-6f535c3b5254/index.html>, (listopad 2019.)

[9] Georgia Department of Education, (2008.) Georgia Performance Standards Framework: Unit One Organizer: *Is It Hot Enough?*

[10] Government of Newfoundland and Labrador, Department of Education and Early Childhood Development, *Grade 7 Science Interim Curriculum Guide – Unit 2, Heat, Specific Curriculum Outcomes*, dostupno na:



[https://www.gov.nl.ca/eecd/files/k12\\_curriculum\\_guides\\_science\\_grade7\\_science\\_grade7\\_-\\_curriculumguide\\_webversion2013.pdf](https://www.gov.nl.ca/eecd/files/k12_curriculum_guides_science_grade7_science_grade7_-_curriculumguide_webversion2013.pdf) (rujan 2019.)

[11] Harper-Neely J. (2017.), *NASA eClips™ 4D Guide Lites: Heat and Temperature Spotlight Interactive Lesson*, dostupno na:

[https://nasaclips.arc.nasa.gov/shared\\_assets/spotlite/heat-temperature/nasa-eclips--4d-heat-and-temp-6-9-spotlite-interactive-lesson-508.pdf](https://nasaclips.arc.nasa.gov/shared_assets/spotlite/heat-temperature/nasa-eclips--4d-heat-and-temp-6-9-spotlite-interactive-lesson-508.pdf) (listopad 2019.)

[12] Hernandez N. G., Mace-Matluck B. G., *Energy All Around US: Light, Heat, and Sun*, dostupno na: [http://www.sedl.org/pubs/mosaic/units/Mosaic\\_Grade1.pdf](http://www.sedl.org/pubs/mosaic/units/Mosaic_Grade1.pdf) (listopad 2019.)

[13] Kasalo V., Lipošćak A., Paris T., *Fizika za 7. razred osnovne škole*, dostupno na: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/9fa73ce9-74d3-4c51-9a14-c976650188a6/index.html> (listopad 2019.)

[14] Ministarstvo znanosti i obrazovanja (2019.), *Kurikulum nastavnog predmeta fizika za osnovne škole i gimnazije*, dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_01\\_10\\_210.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html) (rujan 2019.)

[15] *Misconceptions – heat and temperature*, dostupno na: <https://www.cyberphysics.co.uk/PGCE/Misconceptions/heat&temperature.htm> (listopad 2019.)

[16] Planinić M., *Interaktivni načini podučavanja fizike*, dostupno na: [https://bib.irb.hr/datoteka/402534.Planinic\\_uvodno\\_Primosten09.doc](https://bib.irb.hr/datoteka/402534.Planinic_uvodno_Primosten09.doc) (listopad 2019.)

[17] Putri, Rohmawati, Suliyanah (2018.), *Identification student's misconception of heat and temperature using three-tier diagnostic test*, IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series 997 012035, doi: 10.1088/1742-6596/997/1/012035 (listopad 2019.)

[18] Utah LessonPlans, *TRB 3:5 – Investigation 4 – Heat misconceptions*, dostupno na: <https://www.uen.org/lessonplan/view/9762> (listopad 2019.)

## **8. SAŽETAK**

Istraživanja su pokazala da postoje brojne učeničke miskoncepcije o temperaturi i toplini. Miskoncepcije se mogu ispraviti korištenjem prikladnih interaktivnih metoda na nastavi fizike. U ovom radu ukratko je opisana istraživačka nastava fizike, te interaktivna metoda izvođenja pokusa koja je korisna za uočavanje učeničkih prethodnih znanja i predodžba o fizikalnim pojavama, te ispravljanje miskoncepcija metodom kognitivnog konflikta.

Definirani su koncepti temperature i topline, te toplinsko širenje i prijenos topline, na način koji je učenicima predstavljen u njihovom obrazovanju. Opisani su načini pojave miskoncepcija i vrste miskoncepcije. Detaljno su opisane učeničke miskoncepcije o temperaturi, toplini i prijenosu topline.

U radu su opisani pokusi pomoću kojih se mogu ispraviti neke miskoncepcije o temperaturi i toplini. U izradi pokusa koristi se pribor koji je dostupan svima, kako bi se pokusi mogli izvoditi na nastavi fizike kada nema dovoljno pribora i kako bi ih učenici mogli izvoditi kod kuće.

## **9. SUMMARY**

Research has shown that there are numerous student misconceptions about temperature and heat. Misconceptions can be corrected by using appropriate interactive methods in physics teaching. This work briefly describes the research teaching of physics, as well as an interactive method of performing experiments that is useful for identifying students' prior knowledge and ideas about physical phenomena, and correcting misconceptions by the method of cognitive conflict.

The concepts of temperature and heat, as well as thermal expansion and heat transfer, have been defined in a way that is presented to students in their education. Ways of occurrence of misconception and types of misconception are described. Student misconceptions about temperature, heat and heat transfer are described in detail.

The paper describes experiments that can correct some misconceptions about temperature and heat. Materials that are used in described experiments are accessible to everyone so that the experiments can be performed in physics classes when there are not enough materials and that students can perform them at home.

## **9. ŽIVOTOPIS**

Rođena sam u Čakovcu 17. prosinca 1995. godine. Pohađala sam Osnovnu školu Nedelišće. Nakon završene osnovne škole, 2010. godine upisala sam Gimnaziju Josip Slavenski u Čakovcu. Nakon srednje škole, 2014. godine, upisala sam Prirodoslovno – matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, integrirani nastavnički studij matematike i fizike. Tijekom treće i četvrte godine studija bila sam demonstrator iz kolegija Osnove fizike 1, 2, 3 i 4.