

# Klimatske promjene kao tema u nastavi fizike: termodinamika leda

---

Jurić, Magdalena

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:217:179871>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-01**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

Magdalena Jurić

KLIMATSKE PROMJENE KAO TEMA U  
NASTAVI FIZIKE:  
TERMODINAMIKA LEDA

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
FIZIKA I KEMIJA; SMJER: NASTAVNIČKI

**Magdalena Jurić**

Diplomski rad

**Klimatske promjene kao tema u nastavi  
fizike: Termodinamika leda**

Voditelj diplomskog rada: izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar

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

Povjerenstvo: 1. \_\_\_\_\_

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

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

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

Zagreb, 2024.

## Zahvale

*Veliko hvala, u prvom redu, mentoru izv. prof. dr. sc. Daliboru Paaruu na primanju u mentorstvo i pomoći u izvedbi ovog diplomskog rada. Hvala za svaki savjet i za svo vrijeme koje ste mi dali.*

*Hvala svim mojim kolegicama i kolegama koji su obogatili period studentskog života i bez kojih studiranje ne bi bilo isto. Posebno hvala Ivanu, Ivi, Sunčici, Luciji i Ana-Mariji koji su mi danas puno više od kolega s fakulteta. Hvala i Antoniji, Tinu, Ivoni i Lauri te svim ostalim kolegama koji su ostavili pozitivan trag na putu mog studiranja.*

*Veliko hvala mojim prijateljima van fakulteta koji su bili uz mene i s kojima sam uživala u studentskim danima. Hvala Barbari, Hrvoju, Martinu, Ani, Vladi te posebno hvala Lani, mojoj najboljoj prijateljici, koja je cijelo vrijeme bila tu usprkos udaljenosti.*

*Zahvaljujem i Ljiljani, koja me uvijek bodrila, nagrađivala za moje uspjehe i veselila im se. Hvala za sve skuhanu i oprano!*

*Hvala mojoj čuvarici Kaji koja je bila uz mene za vrijeme pisanja ovog rada i svojim prisustvom uljepšala taj period.*

*Na kraju najveće hvala mojoj obitelji u prvom redu mami i tati bez kojih sve ovo ne bi bilo moguće, braći na kojima sam vježbala svoje buduće zanimanje, ali i dečku Valentinu koji je u suživotu sa mnom proživljavao sve dobre i loše trenutke, ohrabrivao me kad sam mislila da više ne mogu i nikad nije pristao na odustajanje. Također hvala i babi, didu i pok.babi koji su me podupirali pokazujući koliko su ponosni.*

## Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Klimatske promjene i ledenjaci.....	2
2.1	<i>Učinak staklenika.....</i>	2
2.2	<i>Led i klima .....</i>	3
2.3	<i>Termodinamika leda .....</i>	4
2.4	<i>Klimatske promjene kao tema u školskim kurikulumima .....</i>	5
3	Pokus u nastavi fizike – termodinamika leda.....	7
3.1	<i>Taljenje leda u hladnoj i toploj vodi .....</i>	7
3.2	<i>Taljenje leda u slatkoj i slanoj vodi .....</i>	11
3.3	<i>Led na konopcu .....</i>	15
3.4	<i>Kako rastaliti led? .....</i>	18
4	Primjer nastavne pripreme .....	24
5	Zaključak.....	34
6	Literatura .....	35

## Sažetak

Integracija klimatskih promjena u nastavu fizike u školama pomaže učenicima primijeniti teorijsko znanje na stvarne izazove, čineći nastavu relevantnijom. Kroz termodinamiku, učenici bolje razumiju procese poput smrzavanja i otapanja leda te njihov utjecaj na klimu. Ovaj pristup promiče interdisciplinarno učenje, suradnju među predmetima i razvoj kritičkog mišljenja. Aktivnosti poput istraživanja uzroka i posljedica klimatskih promjena te razvoj rješenja potiču svijest o održivom razvoju i ekološkoj odgovornosti. Uključivanjem klimatskih promjena u obrazovanje, učenici postaju informirani građani spremni za buduće izazove, doprinoseći boljem razumijevanju i rješavanju globalnih izazova.

Ključne riječi: nastava fizike, klimatske promjene, termodinamika leda

# **Climate change in physics teaching: thermodynamics of ice**

## **Abstract**

Integrating climate change into physics lessons in schools helps students apply theoretical knowledge to real-world challenges, making lessons more relevant. Through thermodynamics, students better understand processes such as freezing and melting of ice and their impact on climate. This approach promotes interdisciplinary learning, collaboration across subjects and the development of critical thinking. Activities such as research into the causes and consequences of climate change and the development of solutions promote awareness of sustainable development and environmental responsibility. By including climate change in education, students become informed citizens ready for future challenges, contributing to better understanding and solving global challenges.

Key words: teaching physics, climate change, thermodynamics of ice

## 1. Uvod

U ovom stoljeću suočeni smo s klimatskim promjenama i izazovima koje one uzrokuju. Zbog toga je izuzetno važno što bolje educirati učenike o toj tematici, a dio njih motivirati u smjeru STEM područja koja su ključna za istraživanje i rješavanje tih izazova. Uvođenje ove tematike predstavlja izazov za obrazovne sustave iz dva razloga. Prvi je razlog da je u većem dijelu tema slabo zastupljena u postojećim kurikulumima, a drugi da se radi o izrazito interdisciplinarnoj tematici koja se ne može svesti u okvire samo jednog školskog predmeta.

U okviru nastave fizike, učenici se mogu upoznati s temeljnim konceptima potrebnim za razumijevanje ove kompleksne tematike. Termodinamika je jedno od ključnih područja u okviru kojeg se mogu promatrati uz klimu vezani prirodni procesi kao što je to termodinamika leda.

Termodinamika nam kao grana fizike omogućuje analizu fizičkih svojstava leda u vezi s promjenama temperature, tlaka i drugih parametara. Kroz prizmu termodinamike leda možemo bolje razumjeti kompleksne procese smrzavanja, otapanja i promjene agregatnih stanja leda u atmosferi, oceanima te utjecaj na globalni klimatski sustav.

Ovaj se diplomski rad usmjerava na integraciju teme "Klimatski učinci" u nastavu fizike, s posebnim naglaskom na termodinamiku leda. Cilj je istražiti kako se pojedini koncepti termodinamike leda mogu primijeniti u nastavi, kako bi se učenici osnažili za razumijevanje ključnih procesa vezanih uz klimatske promjene, potaknuli kritičko razmišljanje i rješavanje problema i time poboljšali njihovu prirodoslovnu pismenost.

Kroz ovaj interdisciplinarni pristup, nadamo se poticanju interesa učenika za fiziku, istodobno ih educirajući o važnosti termodinamike leda u kontekstu globalnih klimatskih promjena. Ovaj doprinos nastavi fizike čini je relevantnom, angažiranom u stvarnim problemima današnjice i odgovornom prema ključnim pitanjima za budućnost Zemlje.



## **2. Klimatske promjene i ledenjaci**

### *2.1 Učinak staklenika*

Jedan od temeljnih procesa koji određuje temperaturu atmosfere naziva se učinak staklenika. Naziv proizlazi iz usporedbe zagrijavanja u stakleniku sa zagrijavanjem atmosfere, premda se ne radi o istim fizikalnim procesima. Još u 19. stoljeću pokušalo se razumjeti kako funkcionira staklenik koji se često koristi za uzgoj biljaka. Unutar staklenika su temperature visoke i zimi. Tijekom dana, Sunčeva svjetlost zagrijava staklene stijenske koje zadržavaju prikupljenu toplinu pa je i noću temperatura unutar staklenika ugodna. Učinak staklenika opisuje sličan fenomen, ali na planetarnoj skali. Plinovi u atmosferi, poput vodene pare, ugljikovog dioksida i metana, zadržavaju dio topline koju emitira Zemljina površina nakon što ju zagrije Sunce pa ih zato nazivamo staklenički plinovi. Oni su glavni regulator temperature Zemljine atmosfere [1].

Treba naglasiti da je učinak staklenika, kao prirodni fenomen, ključan za održavanje raspona temperature pogodnog za život na Zemlji. Osim prirodnih procesa, ljudska aktivnost u prošlom i ovom stoljeću utječe na koncentraciju pojedinih stakleničkih plinova u atmosferi, posebice ugljikovog dioksida i metana kao rezultat izgaranja fosilnih goriva. Veća koncentracija stakleničkih plinova pridonosi zadržavanju više topline u atmosferi, što ima za posljedicu porast globalnih temperatura, promjenu klime i promjenu životnih uvjeta na Zemlji. Posljedice globalnog zatopljenja su otapanje ledenjaka, klimatski ekstremi poput oluja ili toplinskih valova, intenzivnih suša, požara, pretvaranje plodnih područja u pustinje, nestašice pitke vode, promjene razine mora, poplave, migracije životinja i smanjenje biološke raznolikosti [2, 3].

Klimatske promjene opisuju dugoročne promjene u temperaturi atmosfere. Prirodni uzroci klimatskih promjena na dugim vremenskim skalama definirani su Mihanovićevim ciklusima i promjenom aktivnosti Sunca, uz neke procese na Zemlji kao što su velike vulkanske erupcije. U zadnjih 800 000 godina bilo je 8 izmjena ledenih doba i globalnih zatopljenja na Zemlji [5]. Utjecaj čovjeka počinje u 19. stoljeću, ponajviše sagorijevanjem fosilnih goriva kao što su nafta i zemni plin koji proizvode stakleničke plinove i time

povećavaju njihovu koncentraciju u atmosferi. Fosilni izvori energije, industrija, prijevoz, zgrade, poljoprivreda, sječa šuma te korištenje zemlje su među glavnim faktorima koji uzrokuju otpuštanje stakleničkih plinova [3, 4, 6, 7]. Trenutno zagrijavanje odvija se oko deset puta brže od prosječne stope zagrijavanja nakon ledenog doba. Ugljični dioksid proizveden ljudskim aktivnostima povećava se otprilike 250 puta brže nego što je to bilo iz prirodnih izvora nakon posljednjeg ledenog doba [5].

U izvješćima UN-a ističe se da bi ograničenje porasta globalne temperature do 1,5 °C pomoglo da održimo klimu prihvatljivu za život na Zemlji. No trenutne prognoze ukazuju na porast temperature od 3 °C do kraja stoljeća [3]. Podizanje temperature dodatno se ubrzava kroz sljedeće procese [8]:

1. Više temperature uzrokuju više isparavanja vode i time imamo više vodene pare kao stakleničkog plina u atmosferi.
2. Led reflektira Sunčevo zračenje. Topljenjem ledenjaka tlo će apsorbirati više Sunčevog zračenja.
3. Trajno zamrznuto tlo (permafrost) sadrži velike količine metana. Otapanjem permafrosta, sve više metana će dospijevati u atmosferu.

## *2.2 Led i klima*

Led je čvrsta faza vode i jedan od najčešćih prirodnih materijala na Zemlji. Molekule vode u ledu tvore kristalne rešetke heksagonalnog oblika. Specifična toplina leda iznosi otprilike 334 J/g°C. Led se ponaša neobično pri procesu smrzavanja jer se širi umjesto da se skuplja. To je posljedica posebnih svojstava molekule vode u čvrstom stanju.

Ledeni pokrivači, poput onih na Grenlandu i Antarktici, igraju ključnu ulogu u regulaciji klime. Snijeg i led reflektiraju oko 90% zračenja u svemir. Topljenjem snijega i leda, ocean i tlo koji su bili ispod tog pokrivača apsorbiraju više ulaznog sunčevog zračenja. Analiza ledenih jezgri iz ledene kore na polovima omogućuje znanstvenicima da rekonstruiraju povijest klime na Zemlji. Led može apsorbirati plinove poput ugljičnog dioksida. Globalno zatopljenje uzrokuje i topljenje tla u polarnim regijama koja su bila zaleđena 40 000 godina. Kako se ona tope, ugljik koji je bio „zarobljen“ u tlu sada se oslobađa u atmosferu u obliku ugljikovog dioksida i metana [9].

Razina mora raste oko 1 do 2 milimetra svake godine odkako je Zemlja sve toplija. Porast razine mora jednim dijelom događa se zbog otapanja ledenjaka i ledenih pokrivača čijim otapanjem nastala voda završava u oceanima. Mjesta sa manje stabilnim ledom su ledeni pokrivač Grenlanda i ledeni pokrivač na zapadnoj strani Antarktike. U slučaju da se ledeni pokrivač Grenlanda otopi ili premjesti na ocean, globalna razina mora bi porasla otprilike 6,5 metara. Da se to isto dogodi s ledenim pokrivačem sa zapadne strane Antarktike, globalna razina mora porasla bi otprilike 8 metara [9].

Ledenjaci su masivne tvorevine leda koje se akumuliraju tijekom dugog vremenskog razdoblja. Formiranje ledenjaka počinje stvaranjem snježnog pokrivača koji se zbije pod težinom novog sloja snijega koji se taloži iznad. Pod daljnjim pritiskom i djelovanjem temperature, snijeg postupno prelazi u led. Voda iz snijega prelazi izravno u led, tvoreći guste, kompaktne slojeve poznate kao firn. Ledenjaci se kreću zbog svoje mase i gravitacije. Plašt ledene mase klizi niz strmi nagib površine, a ta gibanja mogu uzrokovati stvaranje pukotina, ledene brijegove i druge formacije. Ledenjaci imaju zone akumulacije (gdje se akumulira snijeg) i zone ablacije (gdje se ledenjak smanjuje zbog otapanja, sublimacije i lomljenja leda). Ledenjaci su ključni sudionici u hidrološkom ciklusu jer akumuliraju snijeg tijekom hladnijih razdoblja i polako ga otpuštaju tijekom toplijih razdoblja, pridonoseći vodenim tokovima i održavajući ravnotežu u slivovima rijeka. Ledenjaci su povezani s atmosferskim, oceanskim i geomorfološkim sustavima, a njihova promjena može imati široke implikacije na globalni ekosustav. Ledenjaci su, dakle, važan dio Zemljinog sustava, a njihovo praćenje i proučavanje ključni su za razumijevanje promjena u klimi i okolišu.

### *2.3 Termodinamika leda*

Razvoj termodinamike leda tijekom povijesti obuhvaća znanstvena istraživanja koja su pridonijela razumijevanju fizičkih svojstava leda, procesa smrzavanja i otapanja te povezanosti s termodinamičkim principima. U srednjem vijeku, razumijevanje leda bilo je povezano s promatranjem prirode bez znanstvenih objašnjenja formiranja leda. U 18. stoljeću, škotski kemičar Joseph Black istraživao je toplinske procese i otkrio koncept latentne topline tijekom procesa smrzavanja i otapanja vode.

U 19. stoljeću, razvoj termodinamike kao znanstvene discipline pridonio je boljem razumijevanju procesa povezanih s ledom. Fizičari Clausius i William Thomson (Lord Kelvin) doprinijeli su formulaciji drugog zakona termodinamike, koji uključuje i procese smrzavanja i otapanja. James Joule i William Thomson razvili su Joule-Thomson efekt, koji opisuje promjene temperature tijekom ekspanzije plinova. Iako to izravno nije vezano uz led, principi termodinamike koji su nastali iz ovih eksperimenata doprinijeli su općem razumijevanju toplinskih procesa. U drugoj polovici 19. stoljeća, razvoj termalne fizike pridonio je razumijevanju termodinamike leda. Rudolf Clausius i druge znanstvene figure razvijale su matematičke formulacije termodinamike koje su se mogle primijeniti na ledeni proces. Josiah Willard Gibbs priredio je fazne dijagrame koji su detaljno opisivali ponašanje vode u različitim uvjetima tlaka i temperature, uključujući i faze leda. U 20. stoljeću razvoj eksperimentalnih tehnika i daljnje matematičke formulacije termodinamike leda omogućile su preciznije razumijevanje fizičkih svojstava leda, posebno u kontekstu klimatskih promjena.

Termodinamika leda obuhvaća proučavanje fizičkih svojstava leda u odnosu na promjene temperature, tlaka i drugih termodinamičkih parametara. Led je čvrsta faza vode, koja se formira kada temperatura vode padne ispod njezinog ledišta. Kada se temperatura vode smanji ispod 0 °C, voda prelazi iz tekućeg stanja u čvrsto stanje, odnosno led. Ovaj proces naziva se smrzavanje. Tijekom smrzavanja vode, entalpija sustava se smanjuje. Entalpija predstavlja ukupnu toplinsku energiju sustava pod tlakom, a tijekom smrzavanja dolazi do oslobađanja topline. Odnos između temperature i tlaka omogućava postojanje leda u određenim uvjetima. Na atmosferskom tlaku, led se formira pri 0 °C. Povećanje tlaka može promijeniti temperaturu na kojoj se led formira. Termodinamika leda i vode ključna je za razumijevanje mnogih prirodnih procesa, uključujući formiranje leda na jezerima i rijekama, ledene kristale u oblaku, te formiranje ledenih struktura u svemiru. Ovi fenomeni igraju ulogu u mnogim geološkim, atmosferskim i klimatskim procesima na Zemlji i drugim planetima.

#### *2.4 Klimatske promjene kao tema u školskim kurikulumima*

U kurikulumu međupredmetne teme Održivi razvoj za 6.,7. i 8.razred OŠ navedeni su pojmovi klimatske promjene, učinak staklenika i globalno zatopljenje kao ključni sadržaj.

To je namijenjeno za integriranu nastavu geografije, fizike i biologije. Potom je ta tema navedena i u programu 1. i 2. razreda četverogodišnjega i 1. razreda trogodišnjega srednjoškolskog obrazovanja. U tom se stadiju klimatske promjene spominju u kontekstu njihovih posljedica (elementarne nepogode). Naposljetku, klimatske promjene dio su kurikuluma navedene međupredmetne teme za 3. i 4. razred četverogodišnjega i 2. i 3. razred trogodišnjega srednjoškolskog obrazovanja u smislu utjecaja kemijskih spojeva na okoliš (kemija) te utjecaja znanstvenih otkrića na razvoj tehnologije i njihov utjecaj na okoliš (fizika) [10].

Kurikulum za nastavni predmet geografija za 3.razred gimnazije sadrži dva ishoda vezana za temu klimatskih promjena. Ishod B.3.2. *Učenik analizira promjene klime te argumentirano objašnjava utjecaj čovjeka na globalno zatopljenje* te ishod B.3.3. *Učenik analizira posljedice globalnoga zatopljenja te aktivnosti međunarodne zajednice u rješavanju toga problema* [11].

U kurikulumu nastavnog predmeta fizika za 2. razred gimnazije, prilikom obrade lekcija iz termodinamike, spominje se učinak staklenika kao posljedica utjecaja toplinskih strojeva na onečišćenje okoliša. To je sve u čitavom kurikulumu fizike što se tiče teme klimatski učinci [12].

Iz navedenog možemo zaključiti kako se ova tema spominje nekoliko puta u kurikulumu u različitoj dobi i u različitim kontekstima. Vidljivo je kako je, posebice u kurikulumu fizike, tema slabo i nedovoljno zastupljena. Uklapanje teme klimatskih učinaka u nastavu fizike može biti izuzetno zanimljivo i korisno jer omogućuje učenicima da razumiju kako fizički principi igraju ključnu ulogu u shvaćanju i rješavanju problema vezanih uz klimatske promjene.

### 3 Pokus u nastavi fizike – termodinamika leda

#### 3.1 Taljenje leda u hladnoj i toploj vodi

Cilj ovog pokusa je da učenici predvide, promotre i usporede otapanje leda pri različitim temperaturama vode. Pokus je prikladan za izvođenje u osnovnoj i u srednjoj školi. Vrlo je jednostavna izvedba te jedino na što se treba pripaziti je temperatura tople vode. Nije potrebno da voda bude vruća. Pokus je najbolje izvoditi u paru zbog mjerenja i bilježenja rezultata. Zbog svoje jednostavnosti, pokus mogu izvoditi i učenici nižih razreda.

Vrlo je vjerojatno kako će učenici lako predvidjeti u kojoj čaši će se kocka leda prije otopiti (onoj s hladnom ili onoj s toplom vodom), no važnije je da vide vremensku razliku otapanja - koliko ranije će se kocka leda otopiti u toploj vodi. Bitno je da se pokus poveže s temom klimatski učinci - termodinamika leda. Zašto je taj pokus izveden, kako ga možemo povezati s otapanjem ledenjaka i kako mi možemo utjecati na smanjenje brzine topljenja? Također, bitno je da se nakon pokusa sva korištena voda ne baca u odлив već se iskoristi npr. za zalijevanje biljaka. Na taj način učenicima pokazujemo koliko nam je voda važna i kako ju ne trebamo prolijevati „u prazno“.

**Pribor:** dvije čaše, hladna i topla voda, dvije kocke leda, termometar, štoperica

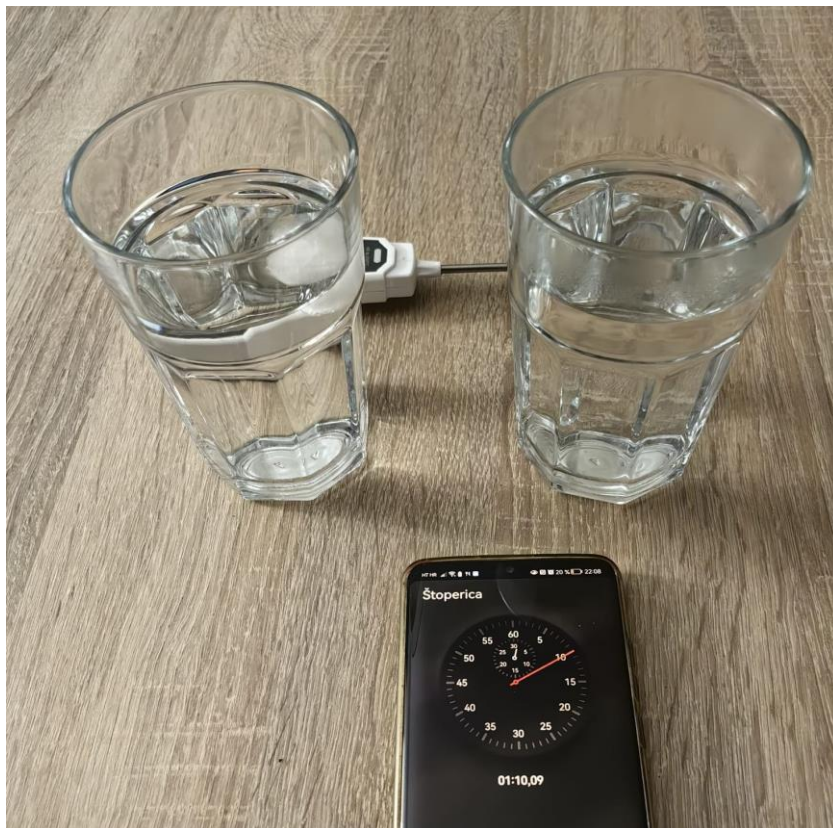


Slika 1 Pribor za pokus *Otapanje leda u hladnoj i toploj vodi*

**Opis pokusa:** U čašu A ulijte hladnu, a u čašu B toplu vodu. Izmjerite temperaturu obje vode te zabilježite rezultate. Istovremeno u svaku čašu ubacite kocku leda i pokrenite štopericu. U čaši treba biti onoliko vode koliko je potrebno da led pluta. Pratite promjene u čašama i napišite opažanja. Zabilježite vrijeme nakon kojeg se svaka od kocka leda otopi. Ponovno izmjerite temperaturu vode u obje čaše i zapišite rezultate [13].



Slika 2 Kocke leda ubačene u čaše s hladnom (lijevo) i toplom (desno) vodom



Slika 3 Led se u desnoj čaši (s toplom vodom) gotovo otopio





Slika 4 Kocke leda su se otopile u obje čaše.

### Mjerenja:

Tablica 1 Tablični prikaz podataka.  $T_1$  je početna temperatura vode, prije stavljanja kocke leda.  $T_2$  je konačna temperatura vode, nakon što se led otopio.  $\Delta t$  je vrijeme od ubacivanja kocke leda u čašu s vodom do njenog potpunog otapanja odnosno do trenutka kada je sva voda u čaši u tekućem agregacijskom stanju.

Čaša	$T_1 / ^\circ\text{C}$	$T_2 / ^\circ\text{C}$	$\Delta t$
A (hladna voda)	19.7	16.7	7 min 24 s
B (topla voda)	45.1	39.9	1 min 20 s

**Opazanja:** Vrlo brzo nakon ubacivanja leda u čaše, može se primijetiti kako se u jednoj čaši (desnoj) led puno brže otapa. U drugoj čaši kocka leda se poprilično sporo otapala. Na unutarnjim stijenkama desne čaše iznad površine vode, prilikom otapanja leda, vidjela se

vodena para koja je prelazila u kapljice vode. One su, naravno, klizile niz stijenku i naposljetku se pomiješale s vodom u čaši.

**Objašnjenje:** Na temelju ovog pokusa, možemo zaključiti da temperatura vode utječe na brzinu otapanja leda. Topla voda potiče brže otapanje leda u usporedbi s hladnom vodom. Ovo se može objasniti time što povećanje temperature vode povećava energiju koja je dostupna za prenošenje topline na led, što ubrzava proces otapanja.

Ovaj eksperiment također ilustrira važnost temperature na promjene agregatnog stanja tvari te pruža praktičan uvid u toplinske učinke na fizičke procese.

### **Poveznica s temom klimatske promjene – otapanje ledenjaka**

Kako se ledenjaci tope, dio vode odlazi ispod leda formirajući „rijeku“ koja vodi tu vodu u ocean. Ta voda će doći na površinu oceana zato što je slana voda gušća od slatke. Hladna, slatka voda prodire kroz topliju oceansku vodu topeći ledenjak od dna prema gore. Zbog toga se ledenjak dodatno otapa i još više leda odlazi u ocean. Kako se prosječna temperatura oceana diže, proces otapanja se ubrzava. Razumijevanje načina funkcioniranja otapanja ledenjaka, uvelike pomaže znanstvenicima procijeniti porast razine mora u nekom periodu. NASA-ina misija Oceans Melting Greenland (OMG) služi kao pomoć znanstvenicima u toj procjeni koristeći kombinaciju preciznih mjerenja nadmorske visine ledenjaka, lokalne gravitacije, temperature vode i geometrije morskog dna [13].

Za uvod u ovaj pokus mogu poslužiti pitanja poput: Što znate o ledenjacima, topljenju leda te porastu razine mora? Razina mora je djelomično u porastu zato što topljenje ledenjaka na Zemlji uzrokuje više vode u oceanima. Sante leda i smrznuta morska voda se također tope porastom temperature, ali nisu značajni razlog porasta razine mora. To je zato što su već u vodi. Drugi razlog porasta razine mora je povećanje volumena prilikom zagrijavanja vode što zovemo termalna ekspanzija [14].

### *3.2 Taljenje leda u slatkoj i slanoj vodi*

Cilj ovog pokusa je proučiti kako dodatak soli utječe na proces otapanja leda. Sol ima sposobnost snižavanja temperature otapanja leda, što može rezultirati bržim ili

sporijim otapanjem leda u odnosu na običnu vodu. Pokus je prikladan za izvođenje i u osnovnoj i u srednjoj školi.

U ovom pokusu kocke leda nisu dobivene kao u prošlom, tako da se obična voda ulila u kalup i zamrzнула. Ovdje je u jednu čašu s vodom dodana zelena, a u drugu žuta prehrambena boja te je potom od tih otopina dobivena zelena i žuta kockica leda. Jedan od razloga zašto je to tako je kako bi se razlikovala voda u čašama, s obzirom da je u jednoj čaši slatka, a u drugoj slana voda. U tom slučaju možemo odrediti da ćemo zelenu kocku leda ubaciti u slanu vodu te tako cijelo vrijeme tijekom pokusa pamtiti da je otopina koja poprima zelenu boju, slana. Drugi i važniji razlog zašto se koriste prehrambene boje je da bi se usporedila topljivost tvari u slatkoj i slanoj vodi.

Za ovaj pokus korištena je mlaka voda kako bi se kocke leda brže otopile,  $T = 36,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Pribor:** dvije čaše, voda, sol, dvije kocke leda



Slika 5 Pokus otapanja leda u slatkoj i slanoj vodi.

**Opis pokusa:** Napunite dvije čaše vodom. U jednu dodajte par kapi jedne, a u drugu par kapi neke druge prehrambene boje. U primjeru na slici korištene su zelena i žuta boja za kolače. Napravite dvije kocke leda od tih otopina. Dvije čaše napunite jednakom količinom vode, idealno da voda bude jednake temperature. U jednu čašu dodajte jednu žličicu soli i dobro promiješajte tako da se sva sol otopi. Za ovaj pokus korištena je sitna morska sol. Odaberite kocku leda određene boje koju ćete ubaciti u slanu vodu i po tome pamтите u kojoj je čaši kakva voda. Sada, kada sadržaj obje čaše izgleda jednako ubacite kocke leda u čaše i pažljivo pratite promjene u čaši. Zabilježite opažanja. Radi boljeg uočavanja promjena u čašama, može se držati obični bijeli papir s druge strane čaša. Pričekajte da se obje kockice leda otope i promotrite otopine u čašama.



Slika 6 Žuta kocka leda nalazi se u slatkoj vodi, zelena u slanoj vodi.



Slika 7 Žuta kocka leda se potpuno otopila, zelena još nije.



Slika 8 Obje kocke leda su se otopile.

**Opazanje:** Zelena kocka leda ubačena je u slanu, a žuta u slatku vodu. Čim su kocke leda ubačene u čaše, počinju se otapati, a sadržaj čaša poprima njihovu boju. Primjećujemo kako se žuta kocka leda brže otapa te da voda ravnomjerno mijenja boju, dok u drugoj čaši promjenu boje zamjećujemo na samoj površini vode. Naposljetku se obje kocke leda otope, zelenoj kocki leda je trebalo otprilike duplo dulje vremena.

**Objašnjenje:** Slana voda gušća je od slatke. Prilikom otapanja zelene kocke leda, otopljena voda zbog toga „pliva“ na slanoj vodi. Također, slatka voda bolje otapa tvari od slane pa će se zato prehrambena boja iz kocke leda bolje otopiti u slatkoj vodi. Zato je slatka voda ravnomjerno promijenila boju, a kod slane vode najuočljivije je boju promijenila voda na površini što je zapravo otopljena slatka voda. Sol snižava ledište vode te se zato kocka leda brže otopi u slatkoj, nego slanoj vodi, uz uvjet da se radi o istom volumenu i temperaturi vode.

### **Poveznica s temom klimatske promjene – otapanje ledenjaka**

Topljenjem ledenjaka dobivamo slatku vodu koja dospijeva u ocean. Ocean je slana voda koja je gušća od slatke pa otopljena voda pluta iznad slane. Takva voda ima bolju topljivost pa će se led brže otapati nego da pluta na slanoj vodi. Zbog toga se ledenjak dodatno otapa i još više slatke vode odlazi u ocean. Kako se prosječna temperatura oceana podiže, zbog klimatskih promjena, proces otapanja se ubrzava [13].

### *3.3 Led na konopcu*

Cilj ovog pokusa je proučiti utjecaj soli na topljenje leda i analizirati promjene u svojstvima leda kada je izložen soli. Pretpostavka je da će sol ubrzati otapanje leda i stvoriti vodu koja će omogućiti prianjanje leda na konopac.

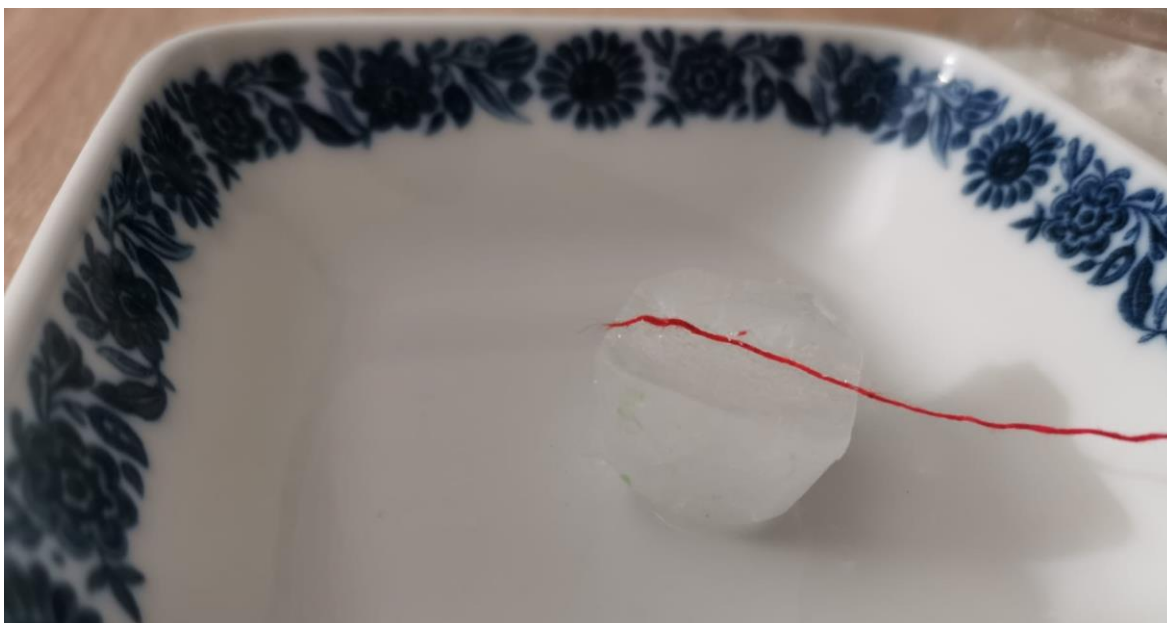
Ovaj pokus može poslužiti kao praktičan primjer kako sol može utjecati na svojstva leda te kako klimatski faktori, poput promjena u sastavu atmosfere, mogu utjecati na prirodne procese. Jednostavna je izvedba ovog pokusa pa se može izvoditi u osnovnoj školi, ali i ranije. Učenici ga mogu samostalno izvoditi zato što nema mjerenja i jedna osoba može sve izvesti sama.

**Pribor:** voda, sol, konopac, kocka leda



Slika 9 Led na konopcu.

**Opis pokusa:** Na kocku leda stavite konopac i pospite sol po tom dijelu leda. Ostavite nekoliko minuta sve bez diranja i promatrajte što se događa. Potom podignite konac držeći ga za kraj koji nije na ledu. Zapišite opažanja.



Slika 10 Kako postaviti konac na kocku leda?

**Opazanje:** Nakon što je sol dodana po sredini kocke leda, primjećuje se kako se led ne otapa ravnomjerno. Najviše se otapa po sredini odnosno tamo gdje je sol. Konac polako „upada“ u kocku leda. Nakon nekoliko minuta otopljeni led iznad konca ponovno se zamrzava. Kada se konac podigne, s njime se podigne i kocka leda.

**Objašnjenje:** Sol topi led jer snizuje točku ledišta. Slana voda ledi se na otprilike  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a slatka voda ledi se na nuli. Tako se led počinje topiti najviše na mjestu gdje je sol, odnosno konopac pa on propada, a kada koncentracija soli postane premala, opet se zaledi i zarobi konopac pa izgleda kao da je zapeo u kocki leda.

Na temelju provedenog pokusa, mogli biste zaključiti da sol ubrzava otapanje leda. Sol se otapa u vodi, smanjuje temperaturu smrzavanja vode i stvara otopinu koja omogućuje ledu da se brže pretvori u vodu. Prianjanje konopca uz otopljeni led dodatno ilustrira taj proces.

Fizika iza ovog eksperimenta uključuje nekoliko ključnih principa termodinamike i svojstava tvari.

Soli djeluju kao katalizatori u procesu otapanja leda. Katalizatori ubrzavaju kemijske ili fizičke procese bez mijenjanja tvari. U ovom slučaju, sol povećava brzinu otapanja leda stvarajući otopinu koja olakšava proces topljenja.

Dodavanjem soli na led može doći do promjena u strukturi i gustoći leda. Sol se otapa u vodi, a tvar postaje rastopljena otopina. Ovo može uzrokovati da led postane manje čvrst,



što olakšava proces otapanja. Sol uzrokuje otapanje leda i stvaranje vode. Kada se led otapa, voda koja nastaje može stvarati sloj između leda i konopca. Ovaj sloj vode djeluje kao "ljepilo", što omogućuje prijanjanje konopca uz otopljeni led.

Brzina otapanja leda ovisi o temperaturi okoline. Otopina soli može dodatno utjecati na ovaj proces, smanjujući temperaturu topljenja i potrebnu energiju za promjenu stanja leda. Ukupno gledano, ovaj eksperiment ilustrira kako čak i mali dodatak soli može znatno utjecati na fizička svojstva leda i procese topljenja, pokazujući važnost termodinamike i svojstava tvari u proučavanju prirodnih procesa.

Ovaj pokus, iako naizgled jednostavan, ima veze s određenim aspektima klimatskih promjena, posebice u vezi s promjenama na Arktiku i Antarktici. Dodatak soli ledu u pokusu može simbolizirati povećanje koncentracije soli (u obliku slane vode) oko ledenih pokrivača na moru. Ovo je relevantno jer se ledeni pokrivači na Arktiku i Antarktici suočavaju s povećanjem topljenja zbog globalnog zatopljenja. Topljenje leda uzrokovano solju smanjuje reflektivnost površine leda. Ovaj efekt može se usporediti s albedom leda u prirodi, odnosno procesom u kome otopljeni led apsorbira više dolazne sunčeve energije umjesto da je reflektira, čime pridonosi daljnjem zagrijavanju okoline. Topljenje leda, bilo u pokusu ili stvarnom okolišu, rezultira pretvaranjem u slatku vodu. U kontekstu klimatskih promjena, topljenje ledenih pokrivača pridonosi povećanju razine mora, što može imati ozbiljne posljedice po obalu i priobalna područja.

Iako se pokus fokusira na fizikalne aspekte topljenja leda, može se paralelno razmišljati o utjecaju klimatskih promjena na ekosustave Arktika i Antarktike. Promjene u ledenim pokrivačima imaju ozbiljan utjecaj na morski život, migracije životinja i općenito ravnotežu ekosustava. Povećanje brzine topljenja leda u pokusu uz pomoć soli može simbolizirati ubrzanje tog procesa zbog ljudskim aktivnosti.

### *3.4 Kako rastaliti led?*

Ovaj pokus drugačiji je od prethodnih zato što nudi slobodu nastavniku ili učeniku koji će ga izvoditi. Za ovaj pokus najbolji pribor je mašta. Učenicima se može prezentirati u obliku istraživačkog pitanja u raznim varijantama, ovisno o dobi, količini raspoloživog vremena i cilju, a ne samo kao naziv pokusa.

Cilj ovog pokusa je istražiti različite načine otapanja leda i promatrati kako različiti izvori topline utječu na brzinu otapanja leda. Nije nužno da se koriste ista pomagala koja su se koristila u ovim primjerima. Preporuka je da učenici sami ili na satu ili kod kuće u obliku projekta pokušaju otopiti kocku leda koristeći čega god se sjete. U ovom radu proučit ćemo učinke izvora topline, fena i sunčeve svjetlosti, ali i učinke trenja na proces otapanja leda.

**Pribor:** fen, kocke leda, tanjurić, štoperica



Slika 11 Pokus "Kako otopiti led?"

**Opis pokusa:**

a) Postavite kocku leda na tanjurić i pripremite štopericu. Istovremeno upalite fen i pokrenite štopericu. Fen usmjerite tako da zrak struji prema kocki leda. Držite fen na određenoj udaljenosti od leda kako biste održali konstantnu temperaturu. Ukoliko imate fen koji ima nekoliko stupnjeva jakosti, možete sa svakim od tih stupnjeva isprobati pokus. Promatrajte promjene i bilježite opažanja. Kad se led otopi, zabilježite vrijeme.



Slika 12 Kako fenom zagrijavati kocku leda?

b) Novu kocku leda postavite na tanjurić i pripremite štopericu. Stavite tanjurić negdje vani tako da sunčeva svjetlost direktno udara u nj i pokrenite štopericu. Ostavite led da se otopi, pratite promjene, bilježite opažanja. Nakon što se sav led otopio, zabilježite vrijeme koje je za to bilo potrebno.

Ovdje dosta čimbenika ima utjecaj na brzinu otapanja, ovisi koja je vanjska temperatura, koji je dio dana (koliko je jaka sunčeva svjetlost) pa čak i koliki je vanjski tlak. Tako da se očekuju različiti rezultati pokusa.



Slika 13 Otapanje kocke leda pod utjecajem sunčeve svjetlosti.

c) Stavite kocku leda na dlan. Drugim dlanom poklopite kocku leda kao da je u sendviču i istovremeno pokrenite štopericu. Trljajte led među dlanovima i pratite promjenu. Kada se sav led otopi, zabilježite vrijeme i zapišite opažanja.



Slika 14 Otapanje leda trljanjem između dlanova.

### Mjerenja:

Tablica 2 Koliko je vremena potrebno za otapanje kocke leda koristeći razne načine.

NAČIN OTAPANJA	VRIJEME POTREBNO ZA OTAPANJE
Fen (jakost 1)	6 min 24 s
Fen (jakost 2)	5 min 20 s
Sunčeva svjetlost	46 min 15 s
Trenje	2 min 25 s

**Opažanje:**

- a) Svega nekoliko sekundi nakon pokretanja fena, kocka leda se počinje otapati i na tanjuriću primjećujemo vodu. Kocka se otapa od rubova prema sredini, otprilike jednoliko. Na kraju na tanjuriću ostaje samo voda. Razlika u korištenju fena u jakosti 1 i 2 je što se led brže otapa prilikom korištenja jakosti 2.
- b) Na vanjskoj temperaturi, pod utjecajem sunčeve svjetlosti, kocki leda je bilo potrebno nekoliko minuta da se počne otapati. Otapanje je teklo poprilično sporo. Na tanjuriću je na kraju ostala samo voda.
- c) Čim se kocka leda stavi između dlanova, odmah se počinje topiti. Trljanjem se led prilično brzo topi u usporedbi s prethodna dva načina otapanja. Na kraju između dlanova ostaje samo voda.

**Objašnjenje:** Pokus koji uključuje različite načine otapanja leda koristi principe fizike kako bi objasnio procese topljenja i utjecaj različitih faktora na brzinu otapanja. Jedan od ključnih koncepata je prijenos topline. Ovaj pokus pokazuje koliko efikasno različiti izvori topline predaju svoju energiju kocki leda. S obzirom na rezultate, možemo zaključiti kako, od ovih gore prikazanih načina topljenja leda, je trenje najučinkovitije. Najviše topline se predalo ledu trljanjem među dlanovima. Dakle, temperatura okoline ima ključan utjecaj na brzinu otapanja leda. I fen i sunčeva svjetlost kao izvori topline povećavaju temperaturu okoline, ali djeluju sa neke udaljenosti na led. Kod trljanja leda dlanovima, dlanovi direktno diraju led i tako brže prenose toplinu od fena i sunčeve svjetlosti. Na sve isprobane načine, led se otopio.

#### 4 Primjer nastavne pripreme

Dani su primjeri nastavne pripreme za određeni razred. Tema se izvodi nakon što su učenici usvojili koncepte unutarnje energije i termodinamičkih procesa. Osim navedenog, dijelovi nastavnog sata mogu se koristiti na drugim satovima fizike, ili nekog drugog predmeta npr kemije.

a) 7.razred OŠ, pri obradi strukture tvari, a vezano za ishod A.7.7. *Objašnjava agregacijska stanja i svojstva tvari na temelju njihove čestične građe* [12]. Na tom nastavnom satu može se iskoristiti modificirani prvi pokus iz središnjeg dijela sata. Otapanje leda u toploj i hladnoj vodi omogućuje proučavanje toplinskih učinaka na promjene agregacijskih stanja tvari. Učenici mogu na početku izmjeriti volumen vode i volumen kocke leda, a nakon što se led otopi izmjeriti volumen vode i otopljene vode. Usporediti te volumene i razjasniti zašto nisu jednaki. Ovdje se može ispitivati i utjecaj temperature na brzinu otapanja leda. Prijedlog pitanja za nastavni sat koja povezuju pokus sa navedenim ishodom: *Što se promijenilo u unutrašnjoj građi leda nakon što se otopio? Kakva je uređenost sustava kod leda, a kakva kod vode? Kako su vezane molekule vode u ledu, a kako u tekućoj vodi?*

b) 7.razred OŠ u nastavnoj cjelini energija, a vezano za ishod D.7.9. *Povezuje promjenu unutarnje energije i toplinu* [12]. Na tom nastavnom satu može se u cjelini iskoristiti prvi pokus iz središnjeg dijela sata. Osim usvajanja koncepta unutarnje energije, govori se i o promjeni te energije prijenosom topline na tri moguća načina. Nakon provedbe pokusa, s učenicima se može diskutirati kakav prijenos topline je bio prisutan u pokusu. Prijedlog pitanja za nastavni sat koja povezuju pokus sa navedenim ishodom: *Na koji način je voda promijenila unutarnju energiju leda? Možete li dati primjere za ostale načine promjene unutarnje energije topline?*

c) 2.razred SŠ (četverogodišnje učenje fizike) u nastavnoj cjelini struktura tvari, a vezano za ishod A.2.2. *Primjenjuje model čestične građe tvari* [12]. Učenici se tada ponovno susreću s temom čestične građe samo je to u ovom uzrastu nešto kompleksnije i dublje. Za taj nastavni sat mogu poslužiti oba pokusa iz središnjeg dijela sata. Pod tim ishodom podrazumijeva se objašnjavanje strukture tvari i agregacijskih stanja, razumijevanje koncepta difuzije i toplinskog širenja. Svi ti pojmovi mogu se povezati s pokusima.

Dodavanje soli u vodu primjer je difuzije. Uspoređujući volumen leda i volumen vode koja je nastala otapanjem tog leda može se govoriti o fenomenu zato što se voda ponaša drugačije od većine drugih tvari. Dok se kod drugih tvari zagrijavanjem dobiva veći volumen, kod vode to nije slučaj.

*Zašto je to tako? Kakve su međumolekulske interakcije među molekulama vode u čvrstom, a kakve u tekućem stanju? Što se događa s unutrašnjom strukturom vode pri prijelazu iz jednog u drugo agregacijsko stanje? Sve su to pitanja na koja se odgovor može dati nakon provedbe pokusa. Ovisno o temeljima koje učenici imaju, cilj je da do što većeg broja odgovora dođu sami.*

d) 2.razred SŠ u nastavnoj cjelini energija, a vezano za ishod D.2.4. *Analizira termodinamičke procese i sustave* [12]. Upravo za taj ishod je i namijenjena priprema u nastavku. Učenicima ovi pokusi mogu pomoći pri analizi termodinamičkih procesa, shvaćanju načina promjene unutarnje energije toplinom te usvajanju koncepata latentne topline. Sat se može nadograditi brojnim aktivnostima poput grafičkog prikaza ovisnosti temperature tvari o dovedenoj toplini. Na tom grafičkom prikazu mogu se objasniti promjene agregacijskih stanja i točno prikazati što je latentna toplina. Kako je u cilju sata, za čiju je izvedbu napisana priprema, zapravo povezati termodinamiku leda s klimatskim učincima, nisu svi aspekti ishoda zastupljeni zbog nedovoljno raspoloživog vremena. Na svakom je nastavniku da odabere što će iskoristiti iz pripreme i koje kocepte želi obuhvatiti.



## PRIJEDLOG NASTAVNE PRIPREME IZ FIZIKE

RAZRED: 2.razred gimnazije

NASTAVNA JEDINICA: Veza termodinamike leda s učincima klimatskih promjena

PREDVIĐENI BROJ SATI: 1 školski sat (45 min)

### PREDMETNI ISHODI

ISHODI	RAZRADA ISHODA
FIZ SŠ D.2.4. Analizira termodinamičke procese i sustave.	Objašnjava promjenu unutarnje energije toplinom.  Analizira termodinamičke procese.
FIZ SŠ D.2.9. Istražuje fizičke pojave.	Istražuje pojavu izvodeći učenički pokus u paru.  Istražuje pojavu izvodeći učenički projekt.
FIZ SŠ D.2.8. Rješava fizičke probleme.	Vizualizira problemsku situaciju.  Konstruira plan rješavanja problema.  Kvalitativno zaključuje primjenjujući fizičke koncepte i zakone.

### MEĐUPREDMETNI ISHODI

Održivi razvoj	Osobni i socijalni razvoj	Učiti kako učiti
A.3.3. Razmatra uzroke ugroženosti prirode	B.3.2. Razvija komunikacijske kompetencije i uvažavajude odnose s drugima.	A.3.3. Kreativno mišljenje - učenik samostalno oblikuje svoje ideje i kreativno pristupa rješavanju problema.

A.3.4. Objašnjava povezanost ekonomskih aktivnosti sa stanjem u okolišu i društvu	B.3.4. Suradnički uči i radi u timu.	B.3.4. Učenik samovrednuje proces učenja i svoje rezultate, procjenjuje ostvareni napredak te na temelju toga planira budude učenje.
---	--------------------------------------	--

### VRSTA NASTAVE: ISTRAŽIVAČKI USMJERENA NASTAVA

#### NASTAVNE METODE

1. Učeničko izvođenje pokusa i mjerenja u parovima
2. Metoda razgovora - razredna rasprava
3. Metoda pisanja i crtanja
4. Učenički projekti

#### OBLICI RADA:

1. Frontalni
2. Individualni
3. Rad u parovima

#### KORELACIJA S DRUGIM PREDMETIMA

-geografija, ishod B.3.2. *Učenik analizira promjene klime te argumentirano objašnjava utjecaj čovjeka na globalno zatopljenje.*

-kemija, ishod A.2.1. *Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.*

ishod A.2.3. *Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.*

#### NASTAVNA POMAGALA I SREDSTVA

-ploča, kreda, računalo, projektor, radni listić, pribor za pokuse (voda, čaše, kuhalo, kocke leda, termometri, štoperice)

## TIJEK NASTAVNOG SATA

### 1) Uvodni dio

Ovaj nastavni sat izvodi se nakon što su učenici obradili i usvojili pojam unutarnje energije. Nastavnik sat započinje s uvodnim pitanjima.

**Što je unutarnja energija? Kako se ona može mijenjati? Što će se dogoditi s unutarnjim energijama hladne i tople vode ako pomiješamo njihove jednake količine? Kamo odlazi toplina kad u rukama držimo šalicu vrućeg čaja? Što je temperatura?**

Unutarnja energija je zbroj ukupne kinetičke energije toplinskoga gibanja svih molekula u tijelu i potencijalne energije njihova međudjelovanja. Može se mijenjati na dva načina: prelaskom topline i radom. Miješanjem jednake količine hladne i tople vode, nastaje voda čija će temperatura biti u rasponu između početne temperature hladne i početne temperature tople vode. Promijenit će se unutarnja energija i tople i hladne vode zato što je došlo do prelaska topline s toplije na hladniju vodu. Toplina prelazi u dodiru s tijela više na tijelo niže temperature, neovisno o tome koje ima veću unutarnju energiju. Toplina će iz vrućeg čaja prijeći djelomično na šalicu, djelomično na ruke i djelomično na okolinu (okolni zrak). Temperatura je svojstvo tijela koje se može izmjeriti.

**Što je globalno zatopljenje? Zbog čega se ono događa? Kako ljudi utječu na to?**

Globalno zatopljenje je dugoročno zagrijavanje Zemljine atmosfere primjećeno u razdoblju prije industrijske revolucije zbog ljudskih aktivnosti (primarno izgaranjem fosilnih goriva pri čemu se povećava količina sunčevog zračenja koje ostaje na Zemlji). Trenutni trend zagrijavanja je puno brži nego tisućljećima prije. Ljudske aktivnosti poput sječe šuma, korištenja automobila čiji je pogon omogućen izgaranjem fosilnih goriva, grijanje kućanstava izgaranjem fosilnih goriva i industrija doprinose globalnom zatopljenju.

### 2) Središnji dio

Nastavnik na ploču napiše istraživačko pitanje.

**Kako voda, na kojoj pluta led, utječe na otapanje tog leda?**

Cilj je da učenici, uz nastavnikovu pomoć, dođu do odgovora do kraja nastavnog sata. U tome će im pomoći pokusi koje će izvoditi. Učenici će izvesti dva pokusa, izvodit će ih u paru. Nastavnik je pripremio i radni listić na kojem učenici prate upute i bilježe sve što se od njih traži. Prije nego što učenici krenu s pokusom, a nakon što pročitaju postupak, preporuča se tražiti od njih pretpostavke. Na kraju pokusa ta se pretpostavka može odbaciti ili podržati. Za drugi pokus su potrebne kocke leda različite boje koje se mogu dobiti zamrzavanjem vode u koju je ubačena prehrambena boja. Ponajviše radi vremena, preporuka je da nastavnik kocke leda priredi ranije. *Detaljniji opisi tih pokusa, kao i slike pokusa, nalaze se u prethodnom poglavlju.*

### **POKUS 1 Utječe li temperatura vode na brzinu otapanja leda?**

Pribor: dvije čaše (A i B), hladna i topla voda, dvije kocke leda, termometar, štoperica

U čašu A ulijte hladnu, a u čašu B toplu vodu. Izmjerite temperaturu obje vode te zabilježite rezultate. Istovremeno u svaku čašu ubacite kocku leda i pokrenite štopericu. U čaši treba biti onoliko vode koliko je potrebno da led pluta. Pratite promjene u čašama i napišite opažanja. Zabilježite vrijeme nakon kojeg se svaka od kocka leda otopi. Ponovno izmjerite temperaturu vode u obje čaše i zapišite rezultate.

Pokus se izvodi u paru zbog jednostavnosti, ali i manje potrebnog pribora koje nastavnik treba prirediti. Dok jedan učenik očita temperaturu vode s termometra, drugi ju zapiše. Usporedo s pokusom, učenici ispunjavaju i radni listić. Nakon završetka pokusa, nastavnik traži nekoliko učenika da mu pročitaju svoja opažanja. Zajedno ih prokomentiraju.

### **Što biste naveli kao zaključak ovog pokusa?**

Nastavnik prikuplja ideje za zaključak od više učenika. Ne trebaju svi učenici imati potpuno isti zaključak, od riječi do riječi s istim poretkom. Bitno je da su shvatili bit pokusa. Prijedlog zaključka ovog pokusa, ali i odgovor na pitanje u nazivu pokusa je da na temelju ovog eksperimenta, možemo zaključiti da temperatura vode utječe na brzinu otapanja leda. Topla voda potiče brže otapanje leda u usporedbi s hladnom vodom.

### **POKUS 2 Utječe li sastav vode na brzinu otapanja leda?**

Pribor: dvije čaše, voda, sol, dvije kocke leda (različite boje)

Priprema za nastavnike: Napunite dvije čaše vodom. U jednu dodajte par kapi jedne, a u drugu par kapi neke druge prehrambene boje. Napravite dvije kocke leda od tih otopina.

Postupak za učenike: Dvije čaše napunite jednakom količinom vode, idealno da voda bude jednake temperature. U jednu čašu dodajte jednu žličicu kuhinjske soli i dobro promiješajte tako da se sva sol otopi. Odaberite kocku leda određene boje koju ćete ubaciti u slanu vodu i po tome pamtite u kojoj je čaši kakva voda. Sada, kada sadržaj obje čaše izgleda jednako ubacite kocke leda u čaše i pažljivo pratite promjene u čaši. Zabilježite opažanja. Radi boljeg uočavanja promjena u čašama, može se držati obični bijeli papir s druge strane čaša. Pričekajte da se obje kockice leda otope i promotrite otopine u čašama.

Učenici usporedno s tijekom pokusa ispunjavaju radni listić, na njemu skiciraju i bilježe opažanja. Za ovaj pokus nije potrebno mjeriti vrijeme i temperaturu vode, iako se može i to po želji. Ovdje je bit usmjerena na razliku u topljivosti tvari u te dvije otopine (slatka i slana voda).

Učenici čitaju svoja opažanja i zajedno ih s nastavnikom komentiraju.

### **U kojoj čaši se kocka leda brže otopila? Kako se mijenjala boja otopine u prvoj, a kako u drugoj čaši?**

To su pitanja na koja će učenici davati odgovore na radnom listiću, ali su jako važna pa je preporuka da nekoliko učenika pročita svoje odgovore naglas kako bi ih svi zajedno prošli. Ta pitanja vode prema zaključku, ali i odgovoru na pitanje u naslovu pokusa – Sastav vode utječe na brzinu otapanja leda. U slatkoj vodi tvari se bolje otapaju nego u slanoj pa će se zato prehrambena boja iz kocke leda bolje otopiti u čaši s običnom vodom. Zato je slatka voda ravnomjerno promijenila boju, a kod slane vode najuočljivije je boju promijenila voda na površini što je zapravo otopljenja voda.

Preostalo je još odgovoriti na istraživačko pitanje, što će učenici isto učiniti na radnom listiću kako bi sve imali na jednom mjestu. Odgovor na istraživačko pitanje mogao bi glasiti – Svojstva vode na kojoj pluta led utječu na otapanje tog leda. Što je viša temperatura vode, led će se brže otapati. Sastav vode također utječe na brzinu otapanja leda. U slanoj vodi led se sporije otapa no u slatkoj vodi.

### **3) Završni dio**

Valja još povezati nastavni sat s temom klimatskih učinaka.

## **Kako rezultate ovih pokusa možemo povezati s klimatskim promjenama?**

Kako se ledenjaci tope, dio vode odlazi ispod leda formirajući „rijeku“ slatke vode koja ju vodi u ocean. Ta voda će doći na površinu oceana zato što je slana voda gušća od slatke. Hladna, slatka voda prodire kroz topliju oceansku vodu topeći ledenjak od dna prema gore. Zbog toga se ledenjak dodatno otapa i još više leda odlazi u ocean. Kako se prosječna temperatura oceana diže, proces otapanja se ubrzava.

Dakle, topljenjem ledenjaka nastaje slatka voda koja dopijeva u ocean. Ocean je slana voda koja je gušća od slatke pa otopljenjena voda pluta. U takvoj vodi, led se brže otapa nego u slanoj. Vidimo kako su zapravo rezultati ovih pokusa usko vezani u stvarnosti odnosno jedno uzrokuje drugo i obratno. Sada se može zaključiti s pričom koliko je važno očuvanje okoliša i kako svi mi kao pojedinci možemo pridonijeti tome.

### **PLAN PLOČE**

#### **VEZA TERMODINAMIKE LEDA S UČINCIMA KLIMATSKIH PROMJENA**

**IP: Kako voda, na kojoj pluta led, utječe na otapanje tog leda?**

**POKUS 1** – Utječe li temperatura vode na brzinu otapanja leda?

Zaključak: Temperatura vode utječe na brzinu otapanja leda. Topla voda potiče brže otapanje leda u usporedbi s hladnom vodom.

**POKUS 2** – Utječe li sastav vode na brzinu otapanja leda?

Zaključak: Sastav vode utječe na brzinu otapanja leda. Led se brže otapa u slatkoj nego u slanoj vodi.

Odgovor na IP: Svojstva vode na kojoj pluta led utječu na otapanje tog leda.

Što je viša temperatura vode, led će se brže otapati. Sastav vode također utječe na brzinu otapanja leda. U slanoj vodi led se sporije otapa nego u slatkoj vodi.

Radni listić – Veza termodinamike leda s učincima klimatskih promjena

Istraživačko pitanje: \_\_\_\_\_

**Pokus 1** - *Utječe li temperatura vode na brzinu otapanja leda?*

Pribor: dvije čaše (A i B) , hladna i topla voda, dvije kocke leda, termometar, štoperica

a) Na temelju navedenog pribora, predloži postupak pokusa kojim bi ispitao hipotezu iz naslova pokusa.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) Pretpostavka: \_\_\_\_\_

c) Mjerenja:


d) Opažanja:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

e) Zaključak (je li hipoteza podržana ili opovrgnuta, koji je rezultat pokusa, kako to objašnjavaš):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1. Na koje se sve načine toplina može prenijeti? Koji od tih načina smo vidjeli u prethodnom pokusu?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Kako glasi nulti zakon termodinamike?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Na temelju prethodnog pokusa, koliki je utjecaj temperature vode na brzinu otapanja leda? Usporedi vrijeme otapanja.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Pokus 2 - Utječe li sastav vode na brzinu otapanja leda?**

Pribor: dvije čaše, voda, sol, dvije kocke leda (različite boje)

a) Na temelju navedenog pribora, predloži postupak pokusa kojim bi ispitao hipotezu iz naslova pokusa.

---

---

---

b) Pretpostavka: \_\_\_\_\_

c) Opažanja (po želji, mogu biti prikazana skicom ili riječima):

d) Sljedeća pitanja služe kao pripomoć u donošenju zaključka.

Hipoteza je – a) podržana      b) opovrgnuta

Gdje se led brže otopio? \_\_\_\_\_

Usporedi gustoće dviju otopina. \_\_\_\_\_

Možeš li uz pomoć prethodnih pitanja i opažanja donijeti zaključak ovog pokusa?

---

---

1. Možeš li rezultat prethodnog pokusa povezati s nekim primjerom iz svakodnevnog života? U kojoj situaciji dodajemo sol da bi snizili talište leda?

---

---

Odgovor na istraživačko pitanje:

---

---

---



### Motivacijska pitanja:

Kako ti možeš smanjiti svoj doprinos globalnom zatopljenju? Navedi pet stvari koje radiš, a koje ćeš promijeniti u svrhu smanjenja zagađenja Zemlje. Pokušaj potaknuti na isti čin i druge članove svoje obitelji, prijatelje izvan razreda, susjede.

### Istraživački zadatak:

Učenici mogu samostalno kod kuće istražiti kako bi neki drugi dodatak vodi (osim soli) utjecao na otapanje leda. Npr šećer, soda bikarbona itd

## **5 Zaključak**

Uvođenje tematike klimatskih promjena u nastavu fizike u osnovnim i srednjim školama može imati višestruke koristi. Radi se o primjeni teorijskog znanja u realnom kontekstu. Učenje o klimatskim promjenama omogućava učenicima da primjene teorijska znanja iz fizike na stvarne probleme, čime se teorijska znanja čine relevantnijima i zanimljivijima. Učenici tako mogu bolje razumjeti važnost fizike i znanosti općenito u rješavanju globalnih izazova. S obzirom da se radi o globalno važnoj temi, ona može biti podloga za razvoj kritičkog mišljenja i vještina rješavanja problema. Klimatske promjene su složen problem koji uključuje različite aspekte fizike, te obuhvaća znanja i vještine iz različitih područja. Integracijom ove tematike u nastavu fizike, potiče se suradnja s drugim predmetima i razvoj šireg spektra znanja i vještina kod učenika.

Složenost i interdisciplinarnost teme klimatskih promjena pruža bogat izvor inspiracije za pokuse, projekte i istraživačke aktivnosti. Učenici mogu istraživati uzroke i posljedice klimatskih promjena, testirati efikasnost različitih strategija ublažavanja i prilagodbe, te razvijati inovativna rješenja. Time učenici postaju svjesniji važnosti održivog razvoja i ekološke odgovornosti. S obzirom na to da će klimatske promjene vjerojatno imati sve veći utjecaj na različite aspekte društva, posjedovanje znanja i vještina za suočavanje s ovim izazovima postaje sve važnije.

## 6 Literatura

- [1] NASA Climate kids – *What is the greenhouse effect?*  
<https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/> 19.12.2023.
- [2] Zaštita-prirode.hr – *Što je efekt staklenika?*  
<https://zastita-prirode.hr/clanci/efekt-staklenika/> 5.12.2023.
- [3] UN – Climate change (*What is climate change, Humans are responsible for global warming, People are experiencing climate change in diverse ways, Every increase in global warming matters, We face a huge challenge but already know many solutions*)  
<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change> 1.12.2023.
- [4] NASA Global climate change – *What is climate change?*  
<https://climate.nasa.gov/what-is-climate-change/> 7.12.2023.
- [5] NASA Global climate change – *How do we know climate change is real?*  
<https://climate.nasa.gov/evidence/> 7.12.2023.
- [6] Skeptical science, <https://skepticalscience.com/> 5.1.2024.
- [7] James Cook - Znanstveni vodič kroz skepticizam o globalnom zagrijavanju, 2010, prijevod: Hrvatsko meteorološko društvo  
[https://skepticalscience.com/docs/Guide\\_Skepticism\\_Croatian.pdf](https://skepticalscience.com/docs/Guide_Skepticism_Croatian.pdf) 5.1.2024.
- [8] Priručnik Klima je i naš izbor (priručnik o klimatskim promjenama za srednje škole) autorice prof. Petra Andrić i dipl.ing. univ.spec.oecoling Ivana Rogulj, 2018.godina izdanja  
<https://www.door.hr/wp-content/uploads/2016/01/Prirucnik-za-ucenike.pdf> 5.1.2024.
- [9] UCAR Center for science education – Climate and ice  
<https://scied.ucar.edu/learning-zone/climate-change-impacts/climate-and-ice>  
11.1.2024.
- [10] [MZO] Ministarstvo znanosti i obrazovanja RH (2019), Kurikulum međupredmetne teme Održivi razvoj za osnovne i srednje škole, Zagreb: Ministarstvo znanosti i obrazovanja, NN 7/2019
- [11] [MZO] Ministarstvo znanosti i obrazovanja RH (2019), Nacionalni kurikulum za nastavni predmet Geografija za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, Zagreb: Ministarstvo znanosti i obrazovanja, NN 7/2019
- [12] [MZO] Ministarstvo znanosti i obrazovanja RH (2019), Nacionalni kurikulum za nastavni predmet Fizika za osnovne škole u Republici Hrvatskoj, Zagreb: Ministarstvo znanosti i obrazovanja, NN 10/2019
- [13] NASA - Melting ice experiment  
<https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/melting-ice-experiment/> 29.11.2023.

- [14] NASA - What's Causing Sea-Level Rise? Land Ice Vs. Sea Ice  
<https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/whats-causing-sea-level-rise-land-ice-vs-sea-ice/> 29.11.2023.
- [15] Vladimir Paar, Anica Hrlec, Karmena Vadlja Rešetar, Melita Sambolek – Fizika oko nas 2 (udžbenik fizike za drugi razred gimnazije), drugo izdanje, školska knjiga, 2021.

## ŽIVOTOPIS

Magdalena Jurić

Rođena je 1997. u Šibeniku. Dolazi iz Primoštena. Završila je Osnovnu školu Primošten te srednju školu Gimnaziju Antuna Vrančića (Šibenik). 2016. godine upisuje nastavnički smjer fizike i kemije na Fizičkom odsjeku PMF-a Sveučilišta u Zagrebu. Nakon što je položila sve ispite na fakultetu, kao apsolvent je radila u XII.gimnaziji i Nadbiskupskoj klasičnoj gimnaziji do kraja 1.polugodišta školske godine 2023./2024.