

Klimatske promjene kao tema u nastavi fizike: valovi

Mlinarić, Teodor

Master's thesis / Diplomski rad

2025

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:217:597416>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK

Teodor Mlinarić

KLIMATSKE PROMJENE KAO TEMA
U NASTAVI FIZIKE: VALOVI

Diplomski rad

Zagreb, 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK

Teodor Mlinarić

KLIMATSKE PROMJENE KAO TEMA
U NASTAVI FIZIKE: VALOVI

Diplomski rad

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

Zagreb, 2025.

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. _____

Želio bih se zahvaliti svojim roditeljima, Rosani i Tomislavu, što su mi pružali bezuvjetnu emocionalnu i financijsku podršku tokom svih ovih godina studija. Zahvalio bih se i sestri Teni na potpori pri izdržavanju teških trenutaka tokom studija, nepresušnom izvoru zabave i lekturi diplomskog rada. Isto tako, zahvale idu mojoj djevojci Dori koja je malo ubrzala moju sporost.

Također bih se zahvalio svim ostalim ljudima koji su pomogli da ovaj proces završavanja fakulteta prođe prebrzo iako je trajao dugo: prijateljima s fakulteta koji su dijelili iste teške trenutke, imali zapisane bilješke te materijale koje su mi konstantno slali te prijateljima iz djetinjstva i rodbini koji su mi služili kao bijeg od obaveza. Na kraju najviše bih se zahvalio onima koji su sumnjali u mene jer me to još više poticalo da radim i završim ovaj studij.

Posebne zahvala idu mentoru izv. prof. dr. sc. Daliboru Paaru na usmjeravanju prilikom pisanja diplomskog rada, preciznim uputama i brzim odgovorima.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Kako Sunce zagrijava Zemlju?.....	2
3. Fizikalni pokusi	4
3.1 Osvjetljivanje tamne i svijetle površine („Zemlja tamni“)	4
3.2 „Efekt staklenika“ – analogija zagrijavanja	8
3.3 „Efekt staklenika“ – analogija hlađenja	12
3.4 Refleksija i refrakcija	16
4. Nastavna priprema iz fizike	20
5. Zaključak	25
6. Literatura.....	26
Sažetak	27
Summary.....	28
Životopis.....	29

1. Uvod

Klimatske promjene su jedan od najvećih izazova čovječanstva u 21. stoljeću. One utječu na prosječne temperature na Zemlji, uzrokuju klimatske ekstreme i taljenje ledenjaka. Stoga se na europskoj i svjetskoj razini razvijaju inovativni pristupi uvođenja ove interdisciplinarne teme u obrazovanje s naglaskom na povezivanje teorijskih znanja i praktičnih iskustava [1-3]. Pri tome je fizika ključna za razumijevanje, jer se pomoću fizikalnih zakona mogu objasniti mehanizmi prijenosa i pretvorbe energije koji utječu na klimatski sustav Zemlje.

Energija koja određuje Zemljinu klimu dolazi sa Sunca u obliku elektromagnetskih valova. Interakcija tih valova s atmosferom i površinom planeta određuje toplinsku ravnotežu. Pri tome su ključni procesi refleksije, apsorpcije i emisije ovih valova, odnosno efekt staklenika čija je zadaća regulirati koji dio topline ostaje u atmosferi.

Zato je potrebno razvijati pristupe koji integriraju temu klimatskih promjena u kurikulum fizike [4] ili kao dodatne sadržaje prikladne za izvannastavne ili izvanškolske aktivnosti. Najučinkovitiji način učenja fizike je pomoću pokusa koji potiču i razvoj kritičkog razmišljanja i analitičkih vještina. Zato će ovaj rad prikazati pokuse u kojima se pomoću koncepta valova objašnjavaju pojedini fizikalni procesi važni za tematiku klimatskih promjena. Energija sa Sunca na Zemlju dolazi uz pomoć elektromagnetskih valova te je potrebno razumjeti osnove procesa apsorpcije tih elektromagnetskih valova i njihovog emitiranja u svemir pri čemu dio tih valova, odnosno topline, bude zadržan u atmosferi zbog efekta staklenika. Učenici mogu istraživati kako različite boje podloge utječu na apsorpciju elektromagnetskih valova i brzinu zagrijavanja te na koji način se dio tih valova reflektira, a dio zadržava pomoću efekta staklenika.

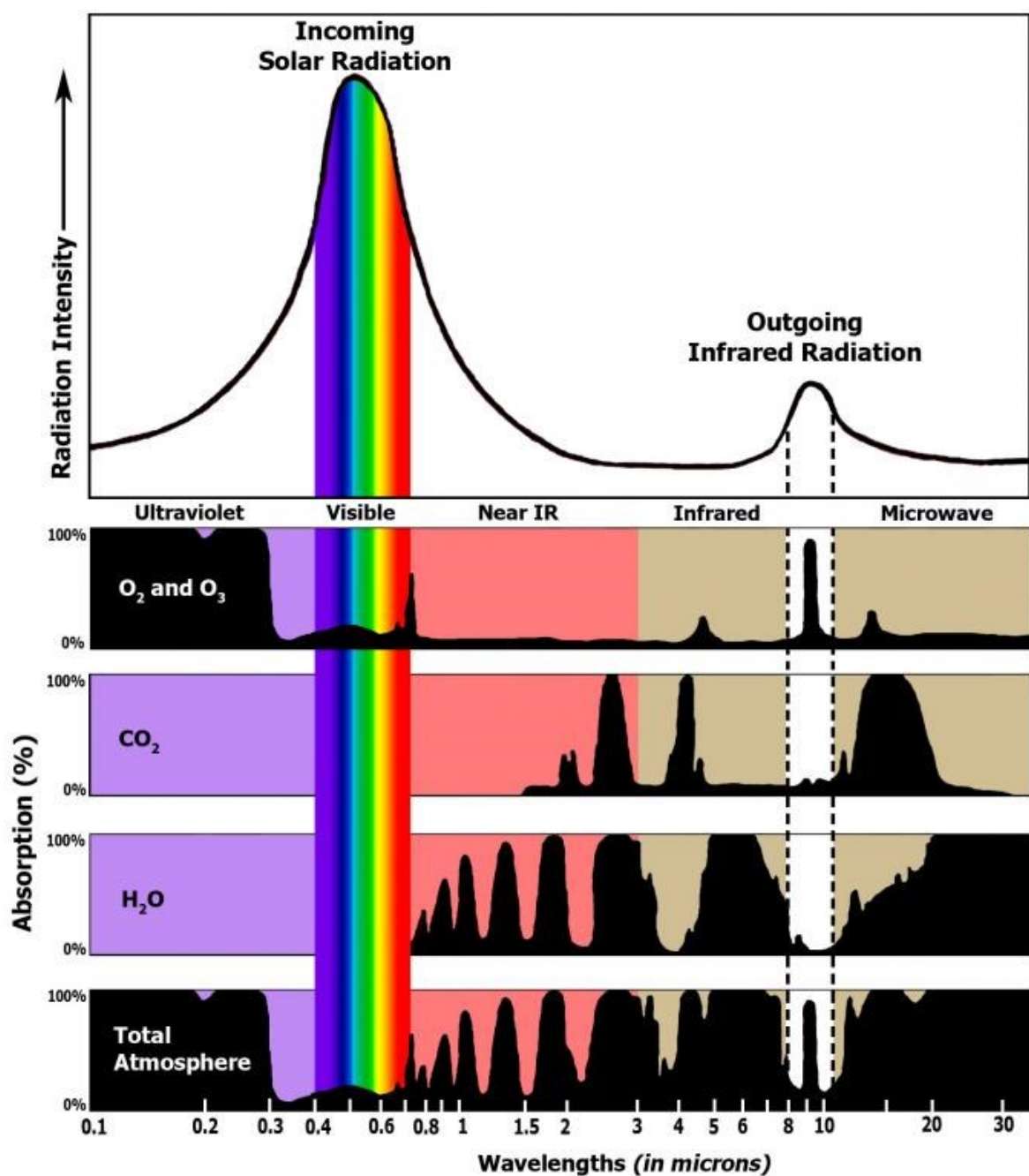
2. Kako Sunce zagrijava Zemlju?

Kada se kaže da sa Sunca na Zemlju dolazi elektromagnetsko zračenje, zapravo se govori o prijenosu energije koja se na Zemlji pretvara u oblik energije koji je bitan za klimatski sustav Zemlje, toplinu. Energija se u tom procesu prenosi pomoću elektromagnetskih valova koji se šire vakuumom brzinom svjetlosti. Pri tome ključnu ulogu u prijenosu energije sa Sunca na Zemlju ima vidljiva svjetlost, a zatim infracrveni valovi, mikrovalovi i ultraljubičasti valovi (Slika 1). No, dolazak te energije na Zemlju nije dovoljan da bi se održala današnja temperatura atmosfere. Francuski matematičar i fizičar Joseph Fourier je 1827. godine izračunao da bi bez dodatnih procesa u atmosferi temperatura na površini Zemlje bila $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5]. Stoga je pretpostavio da se u atmosferi zbiva proces sličan onome u staklenicima. Iako je fizika tog procesa drugačija od onog u staklenicima, zbog sličnog koncepta zadržavanja topline je nazvan efektom staklenika. Razumijevanje efekta staklenika izuzetno je važno u kontekstu njegovog mehanizma koji je reguliran stakleničkim plinovima.

Syukuro Manabe i Klaus Hasselmann nagrađeni su Nobelovom nagradom za fiziku 2021. zbog doprinosa razumijevanju klimatskih promjena. Manabe je pokazao da povećanje koncentracije ugljikovog dioksida (CO_2) u atmosferi dovodi do povećanja temperature Zemlje. Razvio je prve klimatske modele koji su kvantificirali odnos između zračenja i konvekcije u atmosferi, postavljajući temelje modernog klimatološkog modeliranja. Klaus Hasselmann razvio je statističke modele koji povezuju kratkoročne vremenske varijacije s dugoročnim klimatskim promjenama. Time je dokazao utjecaj ljudskih aktivnosti na globalno zatopljenje [7].

Staklenički plinovi imaju djelovanje slično staklu u staklenicima, zadržavaju dio topline koji se sa površine Zemlje kreće u svemir. Glavni staklenički plinovi u Zemljinoj atmosferi su vodena para, ugljikov dioksid, metan, fluorirani plinovi (F-plinovi), dušični oksid i ozon [6]. Većina ovih stakleničkih plinova prisutna je prirodno u atmosferi, no njihove se koncentracije mijenjaju djelovanjem čovjeka. F-plinove stvaraju samo ljudi. Ugljikov dioksid nastaje procesima disanja i truljenja biomase dok na umjetan način u atmosferu ulazi spaljivanjem fosilnih goriva i kemijskim reakcijama. Procesima fotosinteze dio ugljikovog dioksida uklanja se iz atmosfere i pretvara u energiju (šećer) i kisik koji su bitni za žive organizme. Zato su šume jako bitne u

regulaciji ugljikovog dioksida u atmosferi. Metan se emitira u proizvodnji ugljena, prirodnog plina, nafte i u stočarstvu. Dušikov oksid nastaje mikrobnim djelovanjem u tlu, a utjecajem čovjeka nastaje upotrebom umjetnih gnojiva, spaljivanjem drva i kemijskom proizvodnjom. F-plinovi se koriste za apsorpciju topline u hladnjacima, klimatizacijskim uređajima, toplinskim crpkama i različitim sprejevima.



Slika 1. Spekter intenziteta dolaznog Sunčevog zračenja i apsorpcija od strane pojedinih plinova u atmosferi [5].

3. Fizikalni pokusi

3.1 Osvjetljivanje tamne i svijetle površine („Zemlja tamni“)

Uloga pokusa

Ovim pokusom se istražuje razlika u zagrijavanju tamne i svijetle površine kada je ona obasjana nekim izvorom svjetlosti. Cilj je vidjeti kako tamnjenje Zemlje, omogućeno ljudskim faktorima poput betonizacije, uništavanja šuma ili neposredno topljenje ledenjaka, utječe na njenu temperaturu.

Oprema

Za pokus je potrebno imati komad svijetlog (po mogućnosti bijelog) i komad tamnog (po mogućnosti crnog) papira, postolje za komade papira te izvor svjetlosti. Pokus je moguće izvesti pomoću Sunčeve svjetlosti ili pomoću svjetlosti „obične“ žarulje. Pod pojmom „obična“ žarulja misli se na žarulju koja emitira svjetlost na principu usijavanja volframove niti. Takva žarulja oko 80-90% svoje energije emitira u obliku infracrvenog zračenja što nam omogućava brže zagrijavanje. Valja spomenuti da je žarulju s žarnom niti od metala volframa izumio Franjo Hanaman, hrvatski kemičar i metalurg (1878.-1941.). Takva žarulja imala je veću svjetlosnu učinkovitost jer se volframova nit za razliku od dotadašnjih niti za žarulje mogla zbog visokog tališta volframa zagrijati na višu temperaturu.

Postav

Ovdje se pokus izvodi pomoću svjetiljke u kojoj se nalazi žarulja s volframovom niti. Koriste se bijeli i crni papir te infracrveni termometar. Papire se stavi na improvizirane stalke kako bi oni bili u zraku čime se smanjuje utjecaj vanjskih varijabli. U pokusu se koriste gumice i čačkalice. Papiri moraju biti jednakih dimenzija kako bi se izbjegle nove varijable (Slika 2 i 3).

Istraživačko pitanje

Kako boja površine planeta utječe na njeno zagrijavanje pod utjecajem zračenja?

Izvedba i tijek aktivnosti

Učenici izvađaju samostalno pokus. Prije same izvedbe pokusa učenici zapisuju moguće odgovore na istraživačko pitanje.

Nakon toga slijede iduće upute. Prvo se ispod svjetiljke stavi bijeli papir kojeg se obasjava svjetlošću 300 sekundi. Svakih 30 sekundi se infracrvenim termometrom izmjeri temperatura zagrijavanja papira. Rezultati se upišu u tablicu. Isti postupak se primjenjuje i na crni papir. Primjer dobivenih rezultata prikazan je Tablicom 1. Od dobivenih rezultata nacrtat će se x-y graf gdje se na x-osi nalazi vrijeme, a na y-osi temperatura (Graf 1).

Nakon što je pokus izveden, rezultati prikazani tablicom i graf nacrtan, učenici odgovaraju na iduća pitanja.

Što možemo zaključiti iz tablice i grafa?

- Crni papir se zagrijava brže od bijelog papira.

Kako bi te rezultate protumačili u kontekstu globalnog zatopljenja?

- Tamnija površina se brže zagrijava. Nestajanjem bijelih ledenjaka ostaje kopno ili ocean koji se brže zagrijava.
- Tamni gradski asfalt se brže zagrijava od zelene šume i livada.

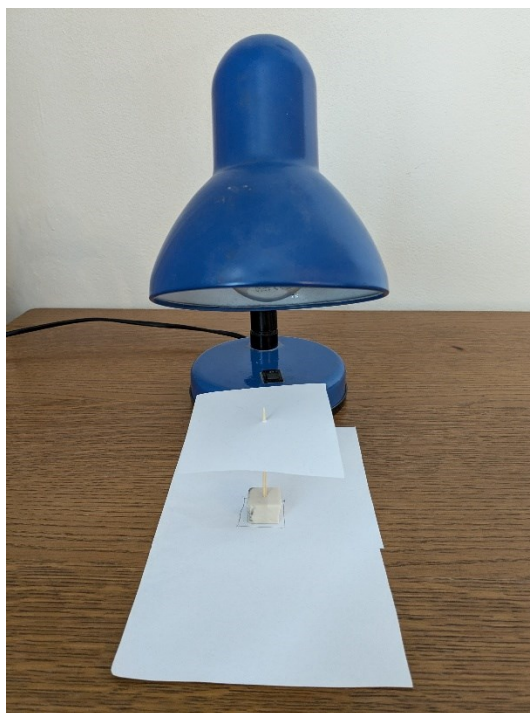
Koje valne duljine elektromagnetskog zračenja utječu na zagrijavanje podloge?

- Utječu sve valne duljine. U slučaju sunčevog zračenja najviše utječu valne duljine u području vidljive svjetlosti te infracrvenom području.

Na posljednje pitanje učenici mogu odgovoriti pomoću neke od dostupnih literatura (primjerice udžbenik).

Koja boja papira je bolji emiter, a koja bolji apsorber svjetlosti?

- Ona boja koja je bolji emiter, bolji je i apsorber, tako da je odgovor crna.



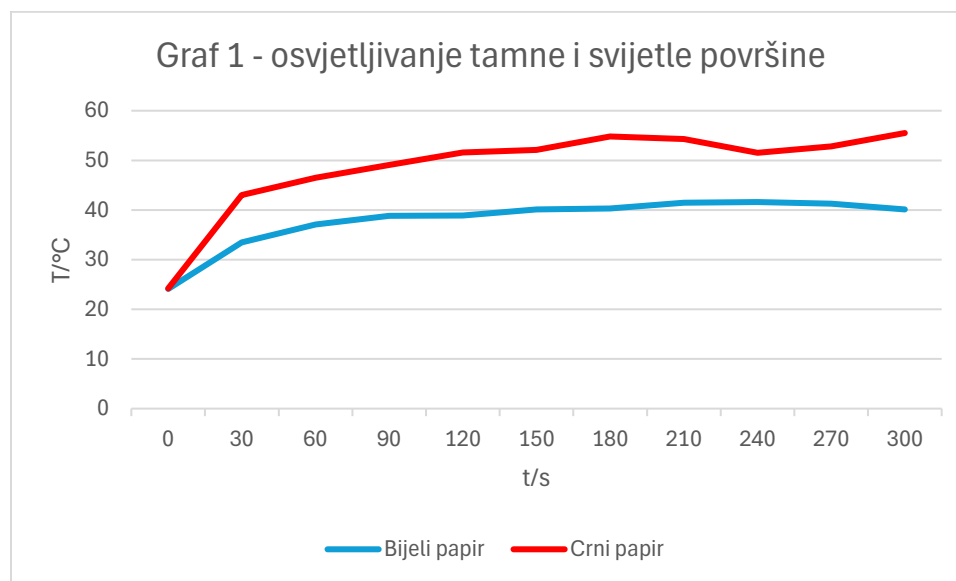
Slika 2. Postav za osvjetljivanje bijelog papira.



Slika 3. Postav za osvjetljivanje crnog papira.

t/s	$T/^{\circ}\text{C}$ – bijeli papir	$T/^{\circ}\text{C}$ – crni papir
0	24.1	24.2
30	33.5	43.0
60	37.1	46.5
90	38.8	49.1
120	38.9	51.6
150	40.1	52.1
180	40.3	54.8
210	41.5	54.3
240	41.6	51.5
270	41.3	52.8
300	40.1	55.5

Tablica 1. temperature papira



Jasno su vidljive razlike u zagrijavanju bijele i crne površine. Pokus je moguće izvesti u 4. razredu srednje škole u sklopu dodatne nastave s ciljem upoznavanja s klimatskim promjenama. Graf je jednostavan te se od učenika očekuje da iz njega iščitaju razliku u krivuljama te nagib i brzinu rasta krivulje u pojedinim intervalima.

3.2 „Efekt staklenika“ – analogija zagrijavanja

Uloga pokusa

Pokus služi kao analogija za „efekt staklenika“. Njime se proučava kako se zagrijava voda pomoću svjetlosti u dva različita uvjeta: bez pokrova (analogija uvjeta na planetu bez atmosfere) i s pokrovom (analogija uvjeta na planetu s atmosferom). Cilj je vidjeti kako atmosfera utječe na temperaturu Zemlje.

Prikazuje se analogijom koja prikazuje što zapravo znači „efekt staklenika“. Ovdje se zapravo ne radi o mehanizmu zadržavanja topline kao što je u atmosferi, već o mehanizmu u staklenicima u kojima se uzgajaju biljke. Prekrivanjem čašice folijom smanjuje se prijenos topline konvekcijom. Folija konceptualno predstavlja atmosferu Zemlje koja „zadržava“ toplinu. Treba imati na umu da su fizikalni procesi u tom slučaju drugačiji. Ono što se naziva „efektom staklenika“ jest zagrijavanje Zemlje zbog prisutnosti stakleničkih plinova u atmosferi (vodena para, ugljikov dioksid, metan, fluorirani plinovi, dušični oksid i ozon). Do zagrijavanja dolazi zbog toga što molekule stakleničkih plinova imaju mogućnost apsorpcije infracrvenog zračenja koje dolazi s površine Zemlje. One dio tog zračenja ponovo emitiraju nazad na Zemlju, ne propuštajući ga u svemir. Učenici mogu uočiti da molekule stakleničkih plinova imaju tri ili više atoma što im daje mogućnost vibracija kojima mogu upijati infracrveno zračenje. Za razliku od njih, molekule s dva atoma poput dušika i kisika kojih je najviše u atmosferi, nemaju tu mogućnost.

Oprema

Za pokus je potrebna žarulja s volframovom niti, dvije male čašice, voda, prozirna folija, infracrveni termometar te neka tamna podloga (za brže zagrijavanje). Pokus je moguće izvesti i pomoću Sunčeve svjetlosti.

Postav

Voda jednake početne temperature se ulije u čašice. Jedna čašica se zatvori prozirnom folijom s otvorene strane. Čašice se stave na crnu podlogu na jednaku udaljenost od izvora svjetlosti. Postav je složen kao na Slici 4.

Istraživačko pitanje

Kako atmosfera utječe na zagrijavanje planeta?

Izvedba i tijek sata

Učenici izvađaju samostalno pokus. Prije same izvedbe pokusa učenici zapisuju moguće odgovore na istraživačko pitanje.

Nakon što se voda ulije u čašice, jedna čašica prekrije prozirnom folijom te ih se stavi na jednaku udaljenost od izvora svjetlosti upali se svjetiljka na 10 minuta. Učenici sada zapisuju pretpostavke kakva će biti temperatura u pojedinim čašicama. Nakon toga skida se prozirna folija s čašice na kojoj se nalazila te se infracrvenim termometrom mjeri temperatura vode u svakoj čašici zasebno. Rezultati se zapišu. Nakon toga se ulije nova voda na sobnoj temperaturi te se pokus ponovi. Pokus se obavlja minimalno tri puta. Dobiveni podaci se urede te se mjerenje prikaže grafički (Graf 2). Tijekom čekanja, učenici odgovaraju na sljedeća pitanja.

Kako se odnose temperature vode u prekrivenoj čašici i neprekrivenoj čašici?

- U prekrivenoj čašici je viša temperatura vode.

Što je uzrok razlike u temperaturi vode u čašicama?

- Uzrok razlike u temperaturi je što je jedna čašica prekrivena folijom koja sprječava konvekciju, odnosno voda manje gubi toplinu jer ona ne može izlaziti iz čašice.

Koja je analogija između folije i atmosfere?

- Folija poput Zemljine atmosfere „ne dopušta“ toplini da izađe iz sustava. Zapravo je to mehanizam na kojem funkcioniraju staklenici u kojima se uzgajaju biljke.

Na posljednje pitanje učenici mogu odgovoriti pomoću neke od dostupnih literatura (primjerice udžbenik).

Što je stvarni uzrok bržeg zagrijavanja vode u čašici, a što vode na Zemlji?

- U čašici dolazi do bržeg zagrijavanja vode zbog toga što spriječimo izlazak topline iz čašice konvekcijom.

- Na Zemlji je razlog bržeg zagrijavanja atmosfere i površine taj što Zemlja apsorbira elektromagnetsko zračenje sa Sunca te ga emitira s površine u infracrvenom spektru. To zračenje apsorbiraju staklenički plinovi te dio tog zračenja vraćaju na površinu Zemlje umjesto u svemir.

Dodatno istraživačko pitanje:

- Što ako se umjesto prozirne stavi neprozirna, primjerice aluminijska folija? Koja je razlika ako se čaše obasjavaju odozgo ili bočno?



Slika 4. Postav za pokus "Efekt staklenika".

Pokus napravljen prvi puta. Izmjerena temperatura nakon 10 minuta osvjetljavanja (početna temperatura vode je 21.3 °C):

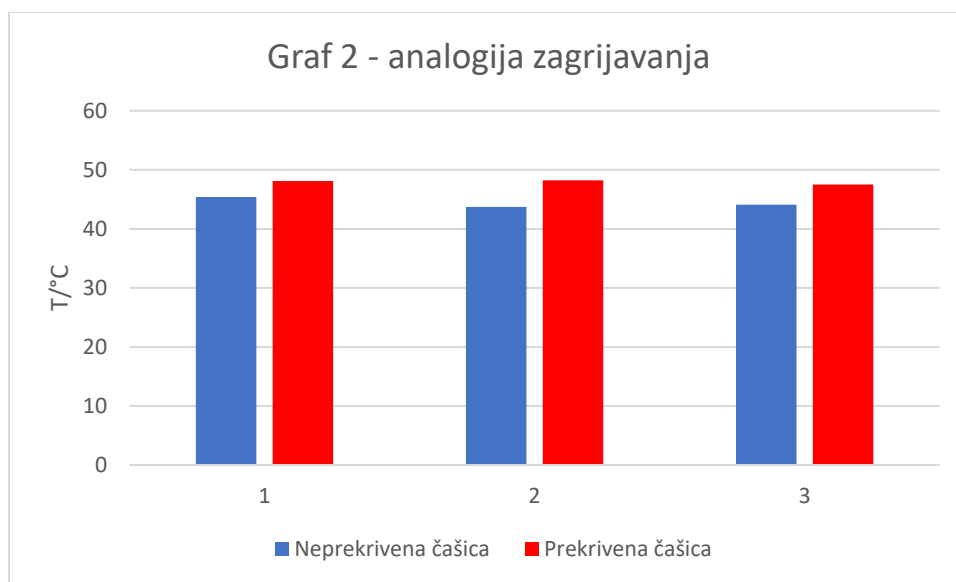
- temperatura vode u čašici koja nije bila prekrivena folijom iznosila je 45.4 °C,
- temperatura vode u čašici koja je bila prekrivena folijom iznosila je 48.1 °C.

Pokus napravljen drugi puta. Izmjerena temperatura nakon 10 minuta osvjetljavanja (početna temperatura vode je 21.3 °C):

- temperatura vode u čašici koja nije bila prekrivena folijom iznosila je 43.7 °C,
- temperatura vode u čašici koja je bila prekrivena folijom iznosila je 48.2 °C.

Pokus napravljen treći puta. Izmjerena temperatura nakon 10 minuta osvjetljavanja (početna temperatura vode je 21.8 °C):

- temperatura vode u čašici koja nije bila prekrivena folijom iznosila je 44.1 °C,
- temperatura vode u čašici koja je bila prekrivena folijom iznosila je 47.5 °C.



Pokus je moguće izvesti u 4. razredu srednje škole u sklopu dodatne nastave s ciljem upoznavanja s klimatskim promjenama. Od učenika se očekuje da očitaju vrijednosti s grafa te usporede dobivene temperature. Očekuje se da kroz međusobnu diskusiju dođu do zaključaka vezanih uz zagrijavanje Zemlje zbog elektromagnetskog zračenja koje dolazi sa Sunca te ga usporede s onim na Mjesecu.

3.3 „Efekt staklenika“ – analogija hlađenja

Uloga pokusa

Ovim pokusom se istražuje analogija kako funkcionira hlađenje uz prisutnost „efekta staklenika“. Njime se proučava kako se voda hladi kada nestane izvor topline (primjerice Sunce) uz dva uvjeta: kada postoji atmosfera (u pokusu prozirna folija) i kada ne postoji atmosfera (u pokusu bez prozirne folije). Cilj je vidjeti kako atmosfera Zemlje utječe na očuvanje temperature Zemlje.

Svrha ovog pokusa je isticanje pozitivne strane „efekta staklenika“ (bez kojeg bi na Zemlji vladalo ledeno doba). Kao i u prethodnom pokusu, folija u stvarnosti smanjuje gubitak topline konvekcijom iz čašice. Folija je analogija atmosferi, iako preciznije ona predstavlja staklo u klasičnom stakleniku u kojem se uzgajaju biljke.

Ovim pokusom se dokazuje puno brže hlađenje Zemlje u odsutnosti atmosfere, a na dulje staze prosječna temperatura na Zemlji bi bila niža za više od 30 °C. Zbog toga su na Mjesecu i Marsu veće temperaturne oscilacije unutar jednog dana. Na Mjesecu dnevne oscilacije su u rasponu temperatura oko 250 °C, a na Marsu oko 150 °C.

Oprema

Za pokus je potrebno: dvije čašice, šprica, prozirna folija, zagrijana voda te infracrveni termometar.

Postav

U dvije čašice se špricom ulije zagrijana voda iste početne temperature. Jedna čašica se prekrije prozirnom folijom dok se druga ostavi bez folije. Nakon toga se prati promjena temperature vode koja se mjeri infracrvenim termometrom svakih 10 minuta. Postav je složen kao na Slici 5.



Slika 5. Postav pokusa "efekt staklenika" – hlađenje.

Istraživačko pitanje

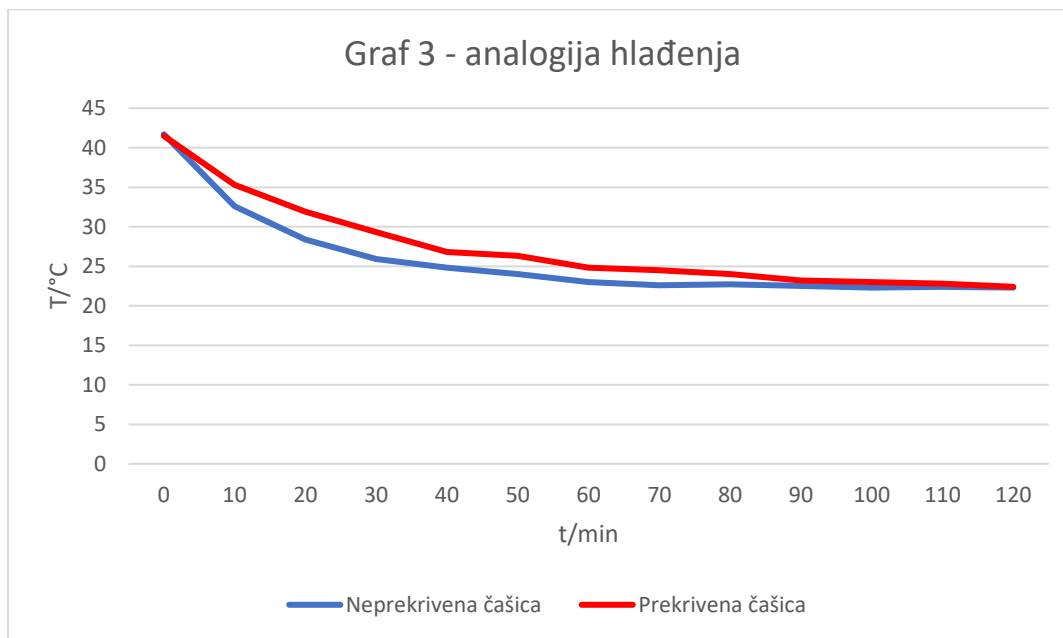
Kako atmosfera utječe na hlađenje planeta?

Izvedba i tijek sata

Učenici izvađaju samostalno pokus. Prije same izvedbe pokusa učenici zapisuju moguće odgovore na istraživačko pitanje.

Nakon što se zagrije voda, izmjeri joj se temperatura te se u dvije čašice ulije jednaka količina vode pomoću šprice prekrije se jednu čašicu prozirnom folijom. Štopericom se mjeri vrijeme te se svakih 10 minuta skine folija te izmjeri temperatura. Podaci se zapisuju u Tablicu 2 i prikazu grafički (Graf 3).

Vrijeme/minute	T/°C (neprekrivena čašica)	T/°C (prekrivena čašica)
0	41.7	41.5
10	32.6	35.3
20	28.4	31.9
30	25.9	29.3
40	24.8	26.8
50	24.0	26.3
60	23.0	24.8
70	22.6	24.5
80	22.7	24.0
90	22.5	23.2
100	22.3	23.0
110	22.4	22.8
120	22.3	22.4



Kako se kreće temperatura vode u prekrivenoj u odnosu na neprekrivenu čašicu?

- U prekrivenoj čašici voda se sporije hladi.

Što uzrokuje razliku u temperaturama?

- Razliku u temperaturama uzrokuje to što je jedna čašica prekrivena folijom i nije moguć odlazak topline iz čašice toplim zrakom (konvekcija).

Koja je analogija između folije i atmosfere Zemlje?

- Folija u analogiji s atmosferom na Zemlji zadržava dio topline da ne ode u svemir.

Što je stvarni uzrok bržeg hlađenja vode u čašici bez folije s obzirom na onu s folijom? Što je uzrok bržeg hlađenja na planetu bez atmosfere u odnosu na onaj koji ima atmosferu?

- Stvarni uzrok bržeg hlađenja u čašici s folijom je to što folija sprječava prijenos topline konvekcijom.
- Stvarni uzrok hlađenja na planetu bez atmosfere je taj što planet apsorbira elektromagnetsko zračenje koje se pretvori u toplinu. Tu toplinu emitira površina planeta. Kako nema atmosfere, odnosno stakleničkih plinova, toplina se infracrvenim zračenjem emitira u svemir.
- Ako planet ima atmosferu, staklenički plinovi apsorbiraju infracrveno zračenje na putu s površine planeta prema svemiru te dio tog zračenja emitiraju nazad na površinu planeta zadržavajući na taj način dio topline.

Pokus je moguće izvesti u 4. razredu srednje škole u sklopu dodatne nastave s ciljem upoznavanja s klimatskim promjenama. Od učenika se očekuje da očitaju vrijednosti s grafa te razliku u nagibima grafova. Očekuje se da kroz međusobnu diskusiju dođu do zaključka zašto je „efekt staklenika“ koristan i zašto je on jedan od faktora zbog kojih na Zemlji postoji život u obliku kojeg mi poznajemo, a na svemirskim tijelima bez atmosfere (primjerice Mjesecu) život ne postoji, odnosno puno su manje mogućnosti za razvijanje istog.

3.4 Refleksija i refrakcija

Uloga pokusa

Ovaj pokus prikazuje refleksiju i refrakciju svjetlosti. Može se vidjeti i totalna refleksija koja nastaje kada svjetlost upada pod određenim kutom iz gušćeg medija (staklo) u rjeđi (zrak). Nakon toga kuta, svi veći kutovi također izazivaju pojavu totalne refleksije.

Svrha pokusa je naučiti da se dio elektromagnetskog zračenja koje dolazi sa Sunca ne apsorbira i pretvori u toplinu, već reflektira. Kada Sunčevo zračenje dolazi do Zemljine atmosfere, dio svjetlosti dopire do površine Zemlje prolazeći kroz atmosferu dok se dio reflektira. U prošlosti Zemlje bilo je velikih erupcija vulkana koji su atmosferu ispunili česticama (vulkanski aerosoli – sumporne čestice) koje su još više reflektirale Sunčevo zračenje, pri tome smanjujući toplinu koja se predaje površini Zemlje. Tada je došlo do malog ledenog doba u kojem se prosječna temperatura spustila nekoliko Celzijevih stupnjeva.

Oprema

Za pokus je potreban laser, neki gušći medij (staklo, voda, prozirna plastika, ...) te bijela podloga koja omogućuje praćenje traga lasera.

Postav

Laser se uperi pod nekim kutom u medij. Potom se mijenja kut upada zraka na granici staklo - zrak. Postav je složen kao na slikama 6-9.

Istraživačko pitanje

Što se događa sa Sunčevim zračenjem u doticaju s atmosferom?

Izvedba i tijek sata

Učenici izvedu pokus samostalno. Prije same izvedbe pokusa učenici zapisuju moguće odgovore na istraživačko pitanje.

Kada je postav složen kao na slici promjenom kuta upada vidi se promjena kuta refleksije mijenja. Učenici zapisuju opažanja. Moguće je i mjeriti kutove upada i refleksije s kutomjerom. Nakon izvedenog pokusa i upisanih opažanja, učenici odgovaraju na sljedeća pitanja.

Kako se mijenja kut refleksije s povećanjem kuta upada?

- Povećanjem kuta upada, povećava se i kut refleksije.

Dolazi li uvijek do refrakcije svjetlosti na granici staklo - zrak?

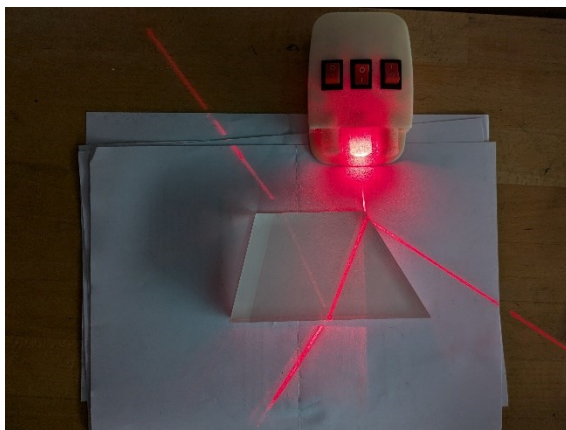
- Ne dolazi. Čitava se svjetlost u jednom trenutku reflektira.

Kako se Sunčevo zračenje reflektira od Zemlje?

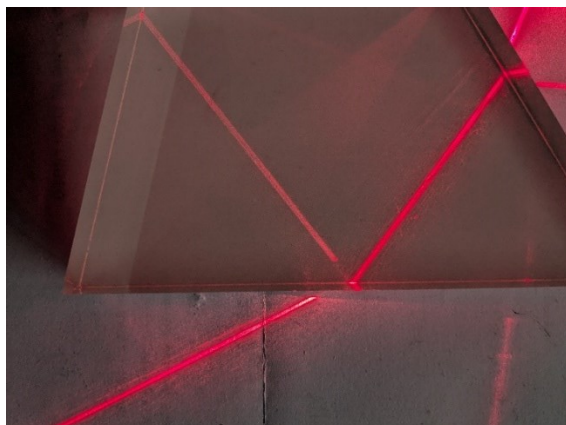
- Sunčevo zračenje se reflektira od atmosfere - oblaka ili aerosola u atmosferi (prirodni aerosoli su vulkanski, morska sol, dim i čađa od požara, prašina i pijesak te biološke čestice). Jedan dio zračenja koji prođe do površine Zemlje se također reflektira, a dio apsorbira.

Kako se lome zrake Sunčeve svjetlosti pri prelasku iz zraka u vodu, a kako pri izlasku iz vode u zrak?

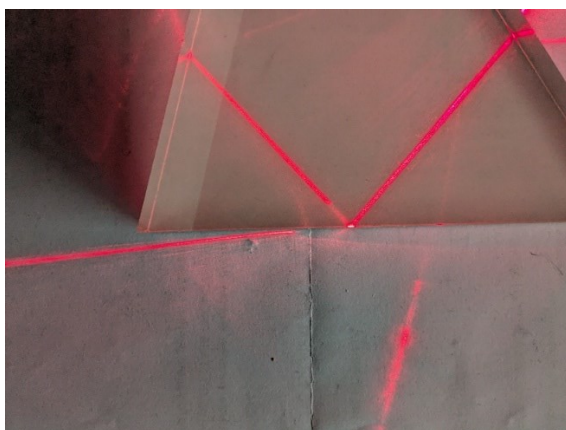
- Pri prelasku iz zraka u vodu kut refrakcije se mijenja (manji je od kuta upada).
- Pri izlasku iz vode, kut se mijenja (veći je od kuta upada) pa čak može i ne doći do izlaska iz vode, odnosno do totalne refleksije.



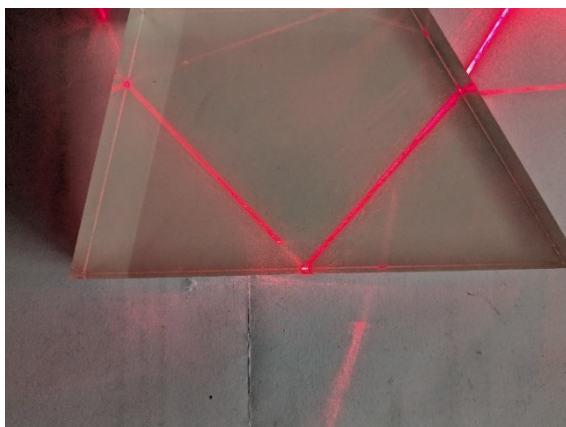
Slika 6. Postav za pokus refleksije i refrakcije.



Slika 7. Dio zrake prolazi kroz staklo (refraktira se), a dio se odbija od stakla (reflektira).



Slika 8. Povećanjem kuta i dalje se dio zrake refraktira, a dio reflektira.



Slika 9. Kada se dosegne određeni kut, dolazi do totalne refleksije, odnosno niti jedan dio zrake se ne refraktira.

Pokus učenici izvode samostalno. Pokus je moguće izvesti u 4. razredu srednje škole s ciljem upoznavanja s klimatskim promjenama. Cilj je naučiti da se dio Sunčevog zračenja reflektira od atmosfere odnosno od aerosola i oblaka i same površine. U slučaju značajnih promjena koncentracije aerosola, do kojih dolazi uslijed vulkanskih erupcija, može doći do promjena temperature na Zemlji i malih ledenih doba.

4. Nastavna priprema iz fizike

Nastavna jedinica: Klimatske promjene – valovi (dodatna nastava)

Predviđen broj sati: 2 (blok sat)

Odgojno obrazovni ishodi

FIZ SŠ C.4.1 FIZ SŠ D.4.1. Analizira valnu prirodu svjetlosti.

- opisuje svjetlost kao val

FIZ SŠ C.4.2.; FIZ SŠ D.4.2. Objašnjava nastanak, svojstva i primjene elektromagnetskih valova.

- analizira elektromagnetske valove
- opisuje izvore elektromagnetskog zračenja
- opisuje energijski spektar elektromagnetskog zračenja
- objašnjava vrste elektromagnetskog zračenja i primjene

FIZ SŠ A.4.9.; FIZ SŠ B.4.9.; FIZ SŠ C.4.9.; FIZ SŠ D.4.9. Rješava fizičke probleme.

- kvalitativno zaključuje primjenjujući fizičke koncepte i zakone
- matematički modelira situacije i računa potrebne fizičke veličine
- primjenjuje i interpretira različite reprezentacije fizičkih veličina
- primjenjuje i pretvara mjerne jedinice, vrednuje postupak i rezultat

Medupredmetne teme

pod A.5.1. Primjenjuje inovativna i kreativna rješenja.

pod B.5.2. Planira i upravlja aktivnostima.

osr A.5.3. Razvija svoje potencijale.

pod B.5.2. Planira i upravlja aktivnostima.

osr B.5.3. Preuzima odgovornost za svoje ponašanje.

uku A.4/5.4. Učenik samostalno kritički promišlja i vrednuje ideje.

Nastavne metode

1. Metoda razgovora – razgovorna rasprava
2. Učeničko izvođenje pokusa/mjerenja u skupinama
3. Metoda pisanja/crtanja

Oblici rada

1. Frontalni
2. Rad u skupinama

Korelacija s drugim predmetima

- učenik koristi matematičke metode u rješavanju zadataka
- učenik se služi znanjem geografije pri komentiranju klimatoloških pojmova i procesa
- učenik se služi znanjem informatike u izradi grafova i njihovoj analizi

Nastavna pomagala i sredstva

- Volframova žarulja, čašice, prozirna folija, crni i bijeli papir, voda, šprica, infracrveni termometar, gumice, čačkalice, laser, staklo

Tijek nastavnog sata

1. Uvodni dio (10 min)

Uvodni problem: Kako Sunce zagrijava planete?

Što se nalazi između Sunca i Zemlje?

- vakuum

Kako je onda moguće da Sunce zagrijava Zemlju?

- energija se sa Sunca na Zemlju prenosi elektromagnetskim zračenjem – prijenosom energije uz pomoć elektromagnetskih valova koji se mogu širiti kroz vakuum

Koji dio zračenja Sunca vidimo i koje valne duljine taj spektar obuhvaća?

- vidimo onaj koji vidimo očima, a to je vidljiva svjetlost

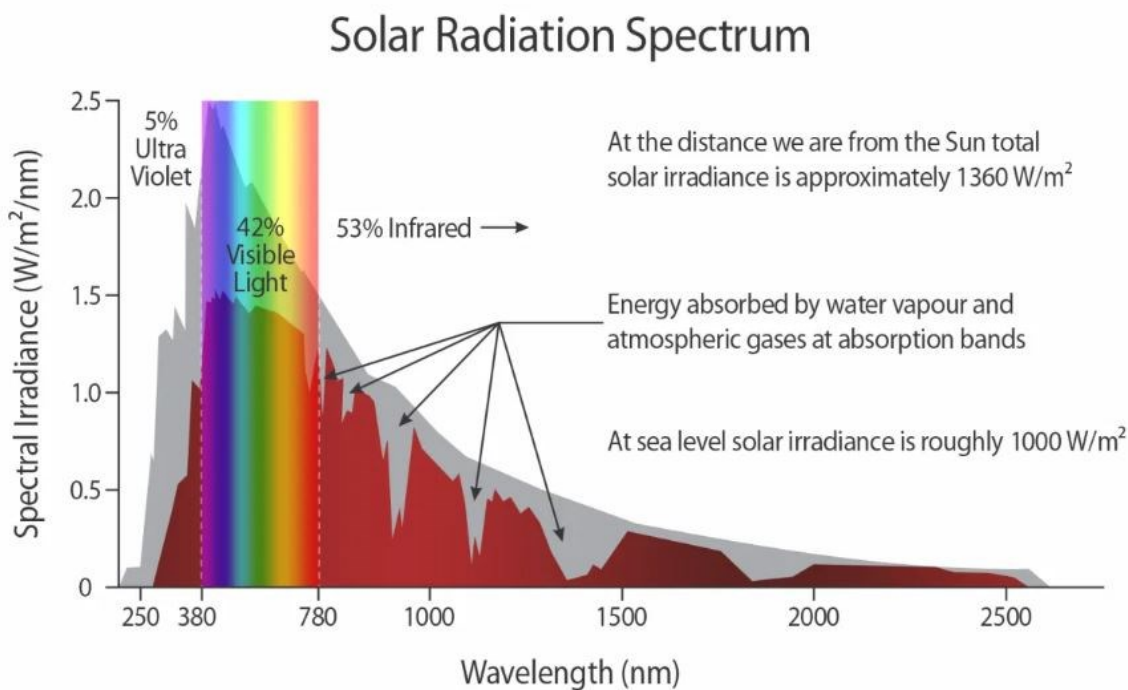
- vidljiva svjetlost obuhvaća valne duljine od 380 do 750 nm

Za koji dio zračenja sa Sunca znate da utječe na uvjete na Zemlji no mi ga ne vidimo očima?

- infracrveno zračenje i ultraljubičasto zračenje

Koliki dio zračenja sa Sunca nije vidljiv našim očima? Profesor prikazuje sliku na *PowerPoint* prezentaciji te zajedno s učenicima komentira spektar Sunčevog zračenja. Uči se da veliki dio energije sa Sunca dolazi u obliku vidljive svjetlosti. Apsorpcijom na površini Zemlje ta energija pretvara se u toplinu (Slika 10).

Za širu sliku se s učenicima može diskutirati zašto je Sunce važno za život na Zemlji. Osim što je izvor energije koja se pretvara u toplinu, za život je ključan proces fotosinteze.



Slika 10 spektar Sunčevog zračenja [8].

2. Središnji dio (75 min)

Učenici su podijeljeni u četiri grupe te izvode istraživačke pokuse. Pokusi su navedeni u diplomskom radu.

1. Osvjetljivanje tamne i svijetle površine („Zemlja tamni“)
2. „Efekt staklenika“ – analogija zagrijavanja
3. „Efekt staklenika“ – analogija hlađenja
4. Refleksija i refrakcija svjetlosti

Svaka grupa radi jedan pokus te njoj pripada određeno istraživačko pitanje.

1. Kako boja površine planeta utječe na njeno zagrijavanje apsorpcijom zračenja?
2. Kako atmosfera utječe na zagrijavanje planeta?
3. Kako atmosfera utječe na hlađenje planeta?
4. Što se događa sa Sunčevim zračenjem u doticaju s atmosferom?

Pokusi i tijek aktivnosti opisani su u prethodnom poglavlju.

Nakon što su učenici gotovi s istraživačkim pokusima, odgovaraju na istraživačko pitanje te izlažu svoja zapažanja.

1. Kako planet tamni, sve se više zagrijava. Do toga dolazi zato što tamna podloga više apsorbira, a manje reflektira zračenje zbog čega se više zagrijava.
2. Atmosfera sadrži stakleničke plinove koji zadržavaju dio topline koja se prenosi s površine Zemlje u svemir i vraća ju nazad na Zemlju.
3. U slučaju da nema atmosfere ili je vrlo rijetka, ima malo stakleničkih plinova te gotovo sva toplina koja se emitira s površine planeta odlazi u svemir. Time se površina planeta brže hladi.
4. Sunčevo zračenje se u doticaju s atmosferom dijelom reflektira od aerosola i oblaka. Refraktirano zračenje dijelom se reflektira, a dijelom apsorbira na površini Zemlje.

3. Završni dio (5 min)

Nakon što su učenici odgovorili na istraživačka pitanja i donijeli svoje zaključke, profesor ukratko sve rezimira i ukaže na problematiku klimatskih promjena.

Uočava se na koji način potamnjenje Zemlje doprinosi globalnom zagrijavanju. Do tamnjenja Zemlje dolazi ponajviše zbog siječe šuma i taljenja ledenjaka. Posljedica globalnog zatopljenja jest taljenje ledenjaka za koje je zaslužan pojačan „efekt staklenika“. Njegovo pojačavanje

prouzrokuje koncentracija stakleničkih plinova izazvanih prirodnim procesima i utjecajem čovjeka (primjerice izgaranjem fosilnih goriva, upotrebom umjetnih gnojiva i slično). Staklenički plinovi apsorbiraju toplinsko zračenje koje emitira površina Zemlje prema svemiru te dio topline vraćaju na Zemlju. Oblaci i aerosoli u atmosferi reflektiraju dolazno Sunčevo zračenje čime smanjuju efekt staklenika.

5. Zaključak

Pokusi u nastavi fizike predstavljaju neizostavan alat u obrazovnom procesu, osobito kada se radi o temama poput klimatskih promjena. Izvodeći pokuse učenici se mogu iz prve ruke upoznati s osnovnim fizikalnim konceptima – poput apsorpcije i emisije elektromagnetskih valova, refleksije, refrakcije i efektom staklenika – koji su temelj za razumijevanje načina na koji Sunčeva energija utječe na zagrijavanje Zemljine površine i atmosfere.

Praktični rad, kroz izvedbu jednostavnih, ali efektnih pokusa, omogućava most između fizikalnih, teorijskih pojmova i konkretnih, svakodnevnih pojava. Na taj način, učenici ne samo da stječu dublje razumijevanje fizikalnih principa, nego se potiču i na razvijanje kritičkog mišljenja, kreativnosti i samostalnosti u istraživanju. Pokusi, koji ilustriraju kako tamne površine brže apsorbiraju toplinu ili kako prekrivena posuda usporava hlađenje – analogno atmosferi Zemlje – pokazuju neposrednu primjenu fizikalnih zakona na globalne procese poput klimatskih promjena.

Ovakav pristup nastavi fizike doprinosi interdisciplinarnom učenju gdje se fizikalni koncepti povezuju s klimatskim i ekološkim pitanjima. Na taj način se učenicima pruža detaljniji uvid u složenost prirodnih sustava. Pomoću pokusa, nastavnici mogu motivirati učenike, potaknuti ih na aktivno sudjelovanje te ih osposobiti za donošenje utemeljenih zaključaka o posljedicama ljudskih aktivnosti na klimu.

Uvođenje pokusa u nastavu fizike ne samo da olakšava razumijevanje apstraktnih teorijskih sadržaja, već je ključno za razvijanje praktičnih vještina i znanja potrebnih za suvremeno suočavanje s izazovima klimatskih promjena. Na taj način obrazovni sustavi mogu značajno doprinijeti povećanju klimatske pismenosti i osnažiti buduće generacije u aktivnom rješavanju globalnih klimatskih problema.

6. Literatura

- [1] Bybee, R. W., The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. NSTA Press, (2013).
- [2] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Science education for responsible citizenship – Report to the European Commission of the expert group on science education, Publications Office, URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/12626> (2015).
- [3] N. Gibb, Getting Climate Ready: a guide for schools on climate action, UNESCO, URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246740> (2016).
- [4] 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.
- [5] Climate Science Investigations (CSI) - NASA,« CES/FAU, 2023.. [Mrežno]. URL: <https://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/how-greenhouse-effect-works.php> [9. 2. 2025.].
- [6] NASA Global climate change – What is climate change? URL: <https://climate.nasa.gov/what-is-climate-change/> [9. 2. 2025.]
- [7] The Nobel Prize in Physics 2021, URL: <https://mpimet.mpg.de/en/institute/the-nobel-prize-in-physics-2021> [9. 2. 2025.]
- [8] Solar Radiation Spectrum URL: <https://sunwindsolar.com/blog/solar-radiation-spectrum/> [9. 2. 2025.]

Sažetak

Rad se bavi integracijom teme klimatskih promjena u nastavu fizike, s posebnim naglaskom na koncept valova kao ključan alat za razumijevanje prijenosa energije sa Sunca na Zemlju i njenih učinaka na klimu. Klimatske promjene, kao jedan od najvećih izazova 21. stoljeća, zahtijevaju interdisciplinarni pristup u obrazovanju, pri čemu fizika igra centralnu ulogu zahvaljujući svojoj sposobnosti da objasni procese apsorpcije, emisije, refleksije i refrakcije elektromagnetskih valova. U radu su opisani pokusi koji demonstriraju kako različiti faktori, poput boje površine i prisutnosti “atmosferskog” pokrova, utječu na brzinu zagrijavanja i hlađenja, čime se na jednostavan i praktičan način ilustrira „efekt staklenika“. Izvođenjem ovih pokusa, učenici imaju priliku aktivno sudjelovati u istraživanju prirodnih pojava, razvijajući pritom kritičko razmišljanje i sposobnost samostalnog donošenja zaključaka. Takav pristup potiče učenike na povezivanje apstraktnih teorijskih koncepta s konkretnim primjerima iz svakodnevnog života. Na taj se način povećava njihova motivacija za učenje i sudjelovanje u rješavanju globalnih izazova.

Summary

CLIMATE CHANGES AS A TOPIC IN PHYSICS LESSONS: WAVES

The diploma thesis deals with the integration of the topic of climate change into physics teaching, with special emphasis on the concept of waves as a key tool for understanding the transfer of energy from the Sun to the Earth and its effects on the climate. Climate change, as one of the biggest challenges of the 21st century, requires an interdisciplinary approach in education, where physics plays a central role thanks to its ability to explain the processes of absorption, emission, reflection and refraction of electromagnetic waves. The thesis describes experiments that demonstrate how various factors, such as the color of the surface and the presence of an "atmospheric" cover, affect the speed of heating and cooling, thus illustrating the greenhouse effect in a simple and practical way. Through the performance of these experiments, students can actively participate in the research of natural phenomena, while developing critical thinking and the ability to draw conclusions independently. Such an approach encourages students to connect abstract theoretical concepts with concrete examples from everyday life, thus increasing their motivation to learn and participate in solving global challenges.

Životopis

Rođen sam 1997.godine u Zagrebu. Osnovnoškolsko obrazovanje završio sam u Prvoj osnovnoj školi Varaždin nakon koje upisujem prirodoslovno-matematički smjer na Prvoj gimnaziji Varaždin te ga završavam 2016. godine. Integrirani prijediplomski i diplomski sveučilišni studij Matematika i fizika; smjer nastavnički na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu upisujem 2018. godine.