

Prijenos topline

Jerković, Matea

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:694088>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



zir.nsk.hr



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

MATEA JERKOVIĆ

PRIJENOS TOPLINE

Završni rad

Rijeka, 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Fizika**

**Matea Jerković
JMBAG:
0114028037**

Prijenos topline

Završni rad

Rijeka, rujan 2020.

IZJAVA

Završni rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Matea Jerković

U Rijeci, rujan 2020.

Zahvala

Zahvaljujem mentoru Borisu Podobniku na ukazanoj pomoći prilikom izrade ovog završnog rada. Također veliko hvala mojoj obitelji, dečku i prijateljima na ogromnoj podršci i motivaciji tijekom studiranja.

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je prijenos topline. U uvodu ću se osvrnuti na povijesni prikaz proučavanja topline i na začetnike ove grane fizike. Nadalje, biti će rečeno nešto više o samoj toplini kako bi se bolje razumjelo ono što će biti detaljnije opisano u nastavku a to su načini prenošenja topline: vođenje, konvekcija i zračenje. Također dotaknut ću se specifičnog toplinskog koeficijenta o kojem ovisi brzina zagrijavanja nekog tijela.

KLJUČNE RIJEČI: fizika, toplina, prijenos topline, vođenje, konvekcija, zračenje, specifični toplinski kapacitet.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	5
2. OPĆENITO O TOPLINI	6
2.1. Povijest	7
2.2. Mjerne jedinice	9
3. PRIJENOS TOPLINE	10
3.1. Vođenje	12
3.2. Konvekcija.....	15
3.2.1. Prirodna konvekcija	15
3.2.2. Prisilna konvekcija	16
3.3. Zračenje	18
4. SPECIFIČNI TOPLINSKI KAPACITET.....	21
5. ZAKLJUČAK.....	22
6. LITERATURA	23

Popis slika

Slika 1: Nicolas Léonard Sadi Carnot [20]

Slika 2: Benjamin Thompson [23]

Slika 3: James Prescott Joule [4]

Slika 4: Jouleov uređaj [25]

Slika 5: Jouleov uređaj [25]

Slika 6: Načini prijenosa topline [24]

Slika 7: Širenje topline kondukcijom

Slika 8: Prijenos topline vođenjem kroz šipku [1]

Slika 9: Vođenje topline u čvrstim tijelima koja nisu električno vodljiva [18]

Slika 10: Vođenje topline u fluidima [18]

Slika 11: Materijali i njihova svojstva toplinske vodljivosti [24]

Slika 12: Strujanje prilikom zagrijavanja vode [1]

Slika 13: Prirodna konvekcija na primjeru radijatora [11]

Slika 14: Prisilna konvekcija na primjeru hladnjaka automobila [1]

Slika 15: Refleksija, apsorpcija, prolaz kroz tijelo [22]

Slika 16: Apsorbiranje i emitiranje energije u ovisnosti o boji tijela [22]

Slika 17: Dijagram odnosa intenziteta zračenja i valne duljine u ovisnosti o temperaturi [19]

Slika 18: Imitacija crnog tijela [22]

Popis tablica

Tablica 1: Boje zračenja u ovisnosti o temperaturi [17]

Tablica 2: Specifični toplinski kapacitet pri 25°C [8]

1. UVOD

Toplina, odnosno količina topline, fizikalna je veličina kojom se opisuje energija koja prelazi s toplijega tijela na hladnije a prenosi se vođenjem, strujanjem i zračenjem.

Prve ideje o toplini temeljile su se na mišljenju da je toplina prisutna u svakom tijelu kao i da je dodiranjem prenosiva na hladnije tijelo s toplijeg. Krajem osamnaestog stoljeća, Rumfordovim uočavanjem razvijanja topline proporcionalno utrošenom radu, takvo shvaćanje počinje se mijenjati. U idućem stoljeću James Prescott Joule pokazao je da rad može prelaziti u toplinu. Također razvijena je kinetička teorija plinova od strane Rudolfa Juliusa Emanuela Clausiusa, Daniela Bernoullija, Ludwiga Boltzmana, Alberta Einsteina i drugih, koja govori da toplina nastaje kao produkt mehaničkog kretanja molekula što dovodi do zaključka da povećanje kinetičke energije molekula znači zagrijavanje tijela. [10]

Proučavanjem veze između topline i drugih oblika energije kao što je mehanički rad bavi se grana fizike koja se naziva termodinamika. Njenim osnivačem smatra se Nicolas Léonard Sadi Carnot kojeg možemo vidjeti na slici 1, koji je dao načela rada idealnog toplinskog stroja dok je već spomenuti Rudolf Julius Emanuel Clausius značajno pridonio razvoju termodinamike sa matematičke strane. [21]



Slika 1: Nicolas Léonard Sadi Carnot [20]

2. OPĆENITO O TOPLINI

Stavimo li u posudu s hladnom vodom zagrijano tijelo, ona će se nakon nekog vremena zagrijati. Reći ćemo da je energija s tijela prešla na vodu.

Kao što smo ranije u uvodu pročitali, toplina je energija koja prelazi na tijelo koje ima nižu temperaturu s tijela više temperature, dok se njihove unutarnje energije ne izjednače. Taj proces odvija se između tijela u termičkom kontaktu.

Važno je napomenuti da temperatura i toplina nemaju isto značenje. Naime, temperatura je mjera za zagrijanost tijela, odnosno za srednju brzinu toplinskog gibanja molekula. Iz toga slijedi da što je manja brzina gibanja molekula, manja je temperatura te ista jednakost vrijedi i obrnuto.

Za količinu topline koristimo simbol Q . Količina topline Q koja je potrebna za porast temperature mase m određenog materijala proporcionalna je promjeni temperature ($T_2 - T_1$). Također je proporcionalna masi m materijala te ovisi o vrsti tvari od koje je tijelo građeno. [6]

Količina topline definira se formulom :

$$Q = mc \Delta T = mc (T_2 - T_1)$$

Pri čemu su :

$Q \Rightarrow$ količina topline koju je tijelo primilo [J]

$m \Rightarrow$ masa tijela [kg]

$c \Rightarrow$ specifični toplinski kapacitet [J/Kkg]

$\Delta T \Rightarrow$ prirast temperature [K]

$T_1 \Rightarrow$ temperatura tijela prije zagrijavanja [K]

$T_2 \Rightarrow$ temperatura tijela nakon zagrijavanja [K]

2.1. Povijest

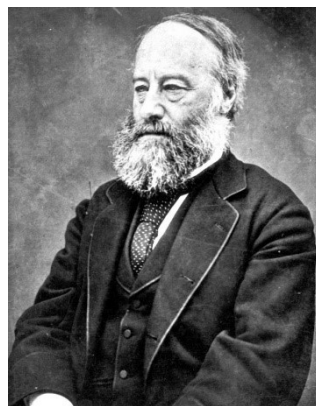
U prošlosti je bilo uvaženo mišljenje da toplina nema težinu te da tijekom hlađenja izlazi iz tijela, a tijekom zagrijavanja ulazi u njega.

Prilikom obrade metala engleski je fizičar, Benjamin Thompson sa slike 2, zamijetio oslobađanje velike količine topline. Time je dokazao pojavu topline bez usitnjavanja materijala te opovrgnuo tvrdnju da u svakom materijalu postoji ograničena količina termalne stvari kako se do tada smatralo. [5]



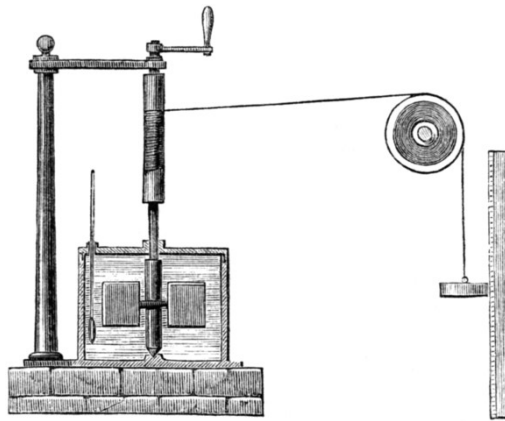
Slika 2: Benjamin Thompson [23]

Drugi engleski fizičar sa slike 3, James Prescott Joule bavio se proučavanjem odnosa između različitih vrsta energije. Utvrdio je da se energije međusobno mogu izmjenjivati odnosno da se električna, toplinska i mehanička energija mogu pretvarati jedna u drugu. [9]



Slika 3: James Prescott Joule [4]

Pokusom kojeg je izveo na uređaju sa slike 4 i slike 5, odredio je vezu između topline i mehaničkog rada odnosno mehanički ekvivalent topline. Odredio je to proučavanjem vode koja se zagrije snažnim miješanjem lopatica u posudi. Na taj se način rotiranjem lopatica dodaje energija vodi a porast temperature proporcionalan je količini obavljenog posla. [9]



Slika 4: Jouleov uređaj [25]



Slika 5: Jouleov uređaj [25]

2.2. Mjerne jedinice

Mjerna jedinica za toplinu kao i za sve druge oblike energije je džul (J). Međutim postoji još nekoliko jedinica kojima se može izraziti toplina te postoji definiran odnos između njih. Jedna od njih je Britanska termalna jedinica ili Btu. Jedan Btu je količina toplinske energije potrebna za podizanje temperature od 1lbs za 1°F. Na ovaj se način određuje energija koju posjeduje neko gorivo te količina energije koju može stvoriti neki uređaj za stvaranje topline. [12]

Korelacija sa džulima:

$$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J}$$

Kalorija ili skraćeno cal je količina topline potrebna za povećanje temperature od 1 stupnja u jednom gramu vode u uvjetima normalnog tlaka. Također nerijetko se koristi i kilokalorija ili skraćeno kcal što je jednako 1000 cal. [13]

Korelacija sa džulima:

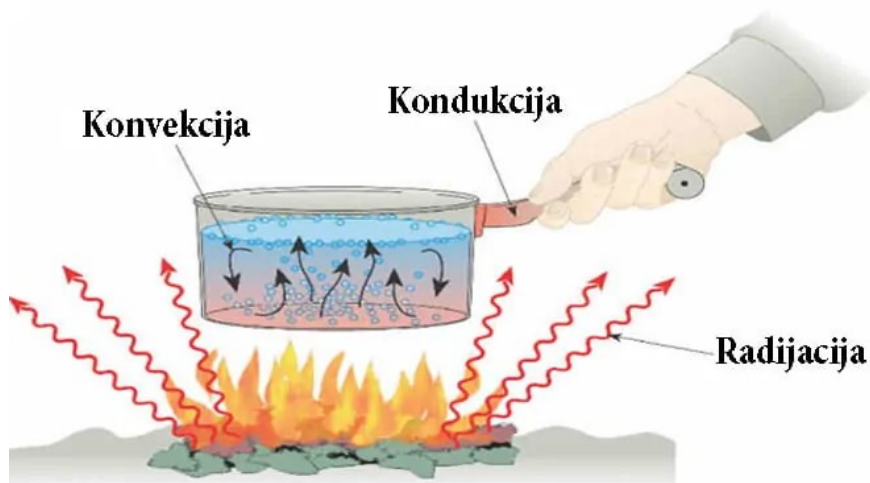
$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

3. PRIJENOS TOPLINE

Pod pojmom prijenosa topline smatramo proces prelaska topline s jednog tijela na drugo, i to s toplijeg na hladnije. Brzina prijenosa ovisi o razlici temperatura između dva tijela, na način da što je veća razlika temperature time je i prelazak topline brži.

Tri su načina prijelaza topline kao što je i prikazano na slici 6:

1. Kondukcija odnosno vođenje topline je prijenos topline između dva tijela koja su u dodiru
2. Konvekcija ili strujanje topline je strujanje fluida odnosno njihovo usmjereno gibanje
3. Radijacija ili toplinsko zračenje podrazumijeva prijenos topline putem elektromagnetskog zračenja [16]



Slika 6: Načini prijenosa topline [24]

Kako bi u nastavku rada bolje razumjeli uvjete održavanja svakih od ova tri načina potrebno je istaknuti fizičke veličine koje su potrebne za opis prelaska topline.

Toplinski tok

-energija koja prođe kroz materijalu po jediničnom vremenu

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad [\Phi] = \frac{[Q]}{[t]} = \frac{J}{s} = W$$

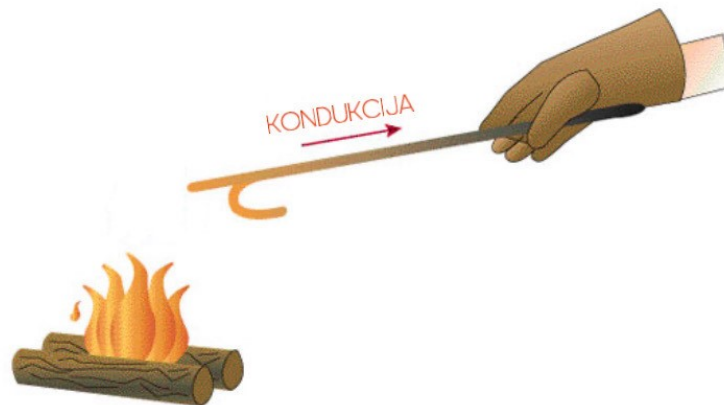
Gustoća toplinskog toka

-energija po jedinici vremena kroz jediničnu površinu okomitu na smjer toka

$$q = \frac{\phi}{S} \quad [q] = \frac{[\phi]}{[S]} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad [3]$$

3.1. Vođenje

Vođenje ili drugim nazivom kondukcija je prijenos topline na način da se dio tijela zagrijava izravnim dodirnom sa izvorom topline te se toplina prenosi s jednog mjesta na drugo kroz materijal. Primjer ovog načina prijenosa topline prikazan je na slici 7, na kojoj je jedan kraj metalnog štapa stavljen u vatru te se toplina vođenjem širi po ostatku štapa koji nije u izravnom doticaju s izvorom topline, u ovom slučaju vatrom. Brzina prijenosa topline veća je ukoliko je temperaturna razlika veća što ovisi i o samoj vatri. [10]



Slika 7: Širenje topline kondukcijom

Uzrok širenju topline unutar metala leži u slobodnim atomima koji napuštaju svoje matične atome i na taj način brzo prenose energiju iz toplijeg u hladnije područje.

Količina topline koja se prenese kroz šipku kondukcijom ovisi o nekoliko komponenti:

- Trajanju vođenja
- Duljini šipke
- Poprečnom presjeku šipke
- Razlici temperatura krajeva šipke

Iznos topline Q prenesene kroz šipku kao na slici 8, za određeno vrijeme t je:

$$Q = \frac{k A \Delta T t}{L}$$

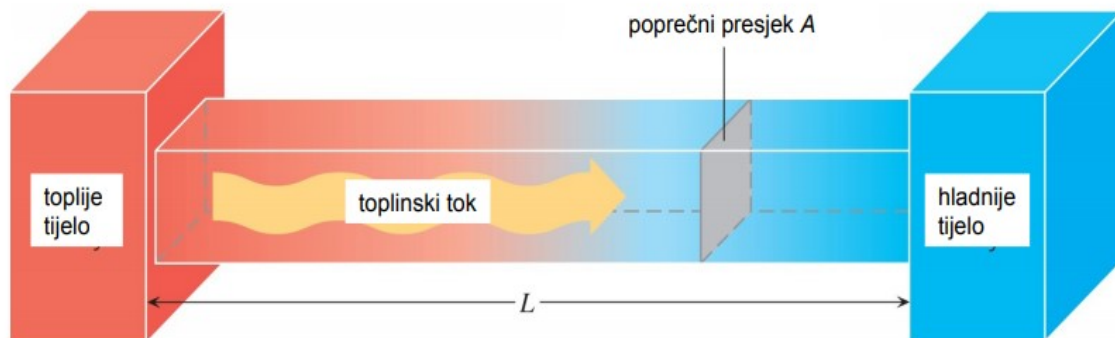
Gdje je:

$k \Rightarrow$ toplinska vodljivost

$A \Rightarrow$ površina poprečnog presjeka šipke

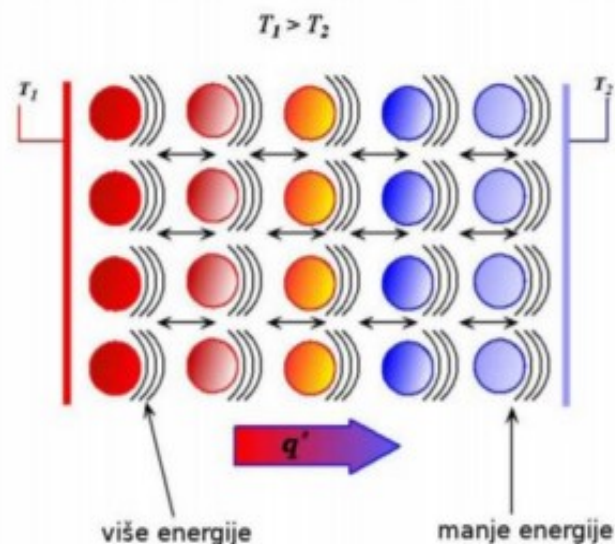
$\Delta T \Rightarrow$ razlika temperature

$L \Rightarrow$ duljina šipke [1]



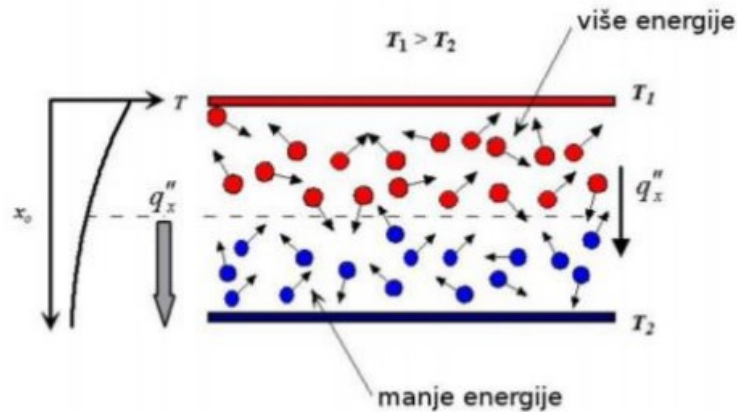
Slika 8: Prijenos topline vođenjem kroz šipku [1]

Prijenos topline u materijalima koji nisu električno vodljivi kao metali odvija se zbog različite energije koju posjeduju atomi u hladnijem i toplijem dijelu nekog tijela. U pravilu atomi u hladnijem dijelu imaju manju kinetičku energiju od onih u toplijem, koji ih onda guraju dajući im dio svoje energije kao što je prikazano na slici 9. Iz tog razloga je prijenos topline uvijek od područja više prema području niže temperature. [18]



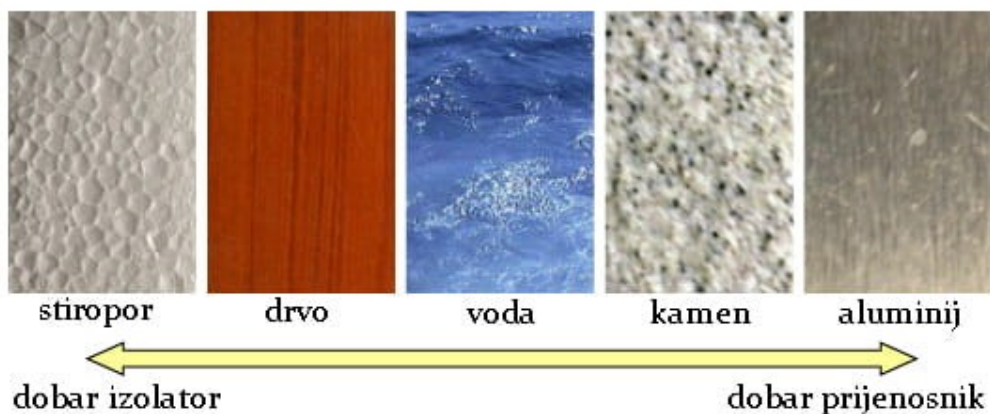
Slika 9: Vođenje topline u čvrstim tijelima koja nisu električno vodljiva [18]

Prijenos toplinske energije u fluidima uzrokovan je elastičnim titranjem molekula kao na slici 10. Karakterističan je za fluide koji miruju kao npr. laminarni sloj kapljevine, uz samu stijenku. [2]



Slika 10: Vođenje topline u fluidima [18]

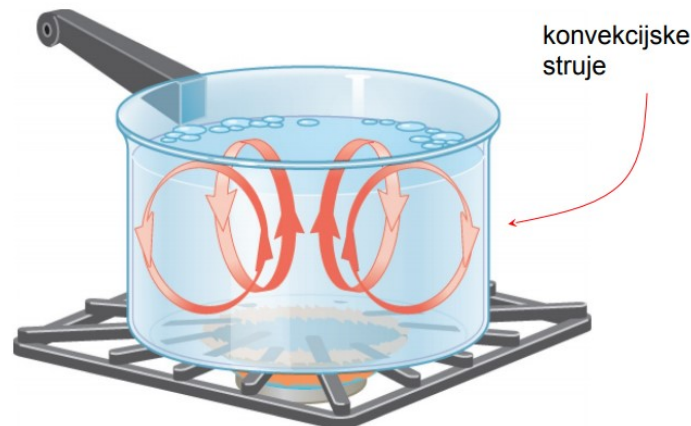
Kada govorimo o svakodnevnom životu i okruženju, osobito građevinarstvu bitno je razlikovati dobre i loše vodiče topline. Neki od materijala rangirani prema toplinskoj vodljivosti prikazani su na slici 11. Dobri vodiči se brzo zagriju ali i brzo ohlade dok je kod loših vodiča kao što je drvo ili cigla situacija obrnuta. Naime njima je potrebno više vremena da se zagriju kao i da se ohlade. Razlog tome je što se elektroni kod takvih materijala ne mogu lako kretati među atomima pa nisu u stanju brzo prenijeti toplinu susjednim atomima. Stoga se takvi materijali koriste u svrhu izolacije. Njihova je uloga sprječavanje izlaska toplog zraka iz kuće u hladniju okolinu u zimi, te prelazak topline iz okoline u kuću po ljeti.[7]



Slika 11: Materijali i njihova svojstva toplinske vodljivosti [24]

3.2. Konvekcija

Konvekcija ili strujanje proces je prijenosa topline kretanjem plinova i tekućina. Proces je to koji se odvija u tvarima koje se mogu kretati te nastaje radi razlike gustoće hladnijih i toplijih dijelova. Uslijed zagrijavanja čestice se počinju gibati te toplije čestice predaju svoju energiju hladnijim. Primjer strujanja je zagrijavanje vode odozdo kao na slici 12. Čestice koje su bliže izvoru topline zagrijavaju se, počinju se širiti i udaljavati jedna od druge te im se iz tog razloga smanjuje gustoća. Zbog opadanja gustoće postaju lakše i dižu se u gornje slojeve iznad hladnije vode koja dolazi na njihovo mjesto. [15]



Slika 12: Strujanje prilikom zagrijavanja vode [1]

3.2.1. Prirodna konvekcija

Prirodna konvekcija nastaje kao posljedica razlike u temperaturi na dva mjesta u fluidu. Zbog smanjenja gustoće toplijih čestica one se počinju kretati. Brzina ovakvog načina strujanja relativno je malena. Primjer prirodne konvekcije je prikazan na slici 13, a to je grijanje prostora radiatorima. Toplina se prenosi strujanjem na način da zagrijani zrak iznad radijatora postaje rjeđi te se počinje uzdizati dok hladni zrak pada. Time dolazi do vrtložnog miješanja čime se prenosi toplina. [15]



Slika 13: Prirodna konvekcija na primjeru radijatora [11]

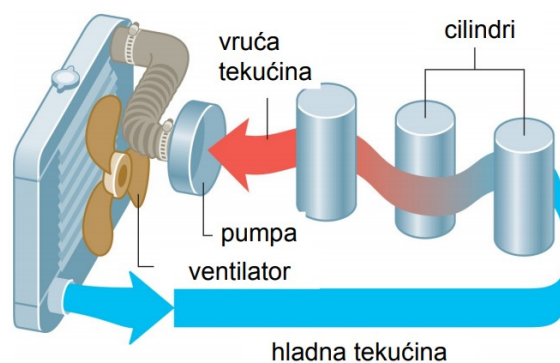
Tok topline kod prirodne konvekcije iznosi:

$$H_{\text{prirodno}} = hA\Delta T, \quad h = h(\Delta T, \varphi), \quad [h] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Pri čemu je h koeficijent prijenosa topline koji ovisi o nekoliko faktora među kojima su temperatura, brzina strujanja fluida, agregatno stanje, tlak itd. [15]

3.2.2. Prisilna konvekcija

Prisilna konvekcija podrazumijeva prijenos topline gibanjem medija koje je uzrokovano različitim vanjskim uređajima. To može biti turbina, kompresor, pumpa i ostalo. Kod ovakvog načina strujanja, za razliku od prirodne konvekcije, brzine su relativno velike. Na principu prisilnog strujanja ili konvekcije funkcioniraju sustavi za hlađenje, a jedan od njih prikazan je na slici 14. [15]



Slika 14: Prisilna konvekcija na primjeru hladnjaka automobila [1]

Tok topline kod prisilne konvekcije iznosi:

$$H_{prisilno} = h \cdot A \cdot \Delta T, \quad h \neq h(\Delta T)$$

U bilo kojem slučaju u kojem se pojavljuje prisilna konvekcija pojavljuje se i prirodna konvekcija. Ukoliko je to u maloj mjeri tada ju možemo zanemariti, no pojavljuje li se u većim mjerama tada takvu konvekciju nazivamo mješovitom.

Kod analize mješovite konvekcije pojavljuje se parameter koji se naziva Arhimedov broj. Parametar je to kojim je izražena relativna snaga prirodne i prisilne konvekcije, preciznije omjer uzgona sile i sile inercije. [15]

$$A_r = \frac{Gr}{Re^2}$$

Pri čemu je:

Gr \Rightarrow Grashofov broj

Re \Rightarrow Reynoldsov broj

3.3. Zračenje

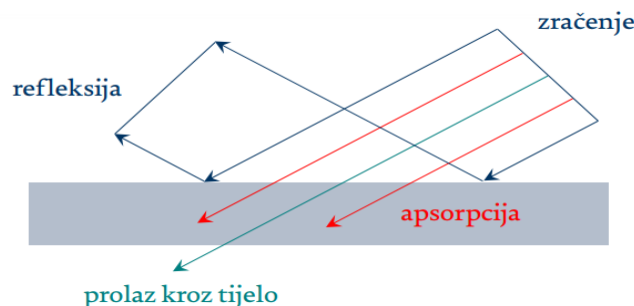
Zračenje odnosno radijacija proces je prijenosa energije putem elektromagnetskih valova. Ti su valovi posljedica gibanja atoma i molekula načinjenih od nabijenih čestica. Po svojoj prirodi ovakav se način prijenosa topline razlikuje od prethodno navedenih vođenja i konvekcije u nekoliko stvari. Naime, za ostvarivanje zračenja nije potreban medij, štoviše on usporava sam proces zračenja. Kvaliteta i količina prijenosa topline ovise o temperaturi kao i o razlici temperature. Što se tiče boje užarenih tijela ona se mijenja s promjenom temperature kako je prikazano tablicom 1. [22]

°C	Pripadajuća boja
480	zagasiti crveni sjaj
580	tamno crvena
730	izrazito crvena, skoro narančasta
930	tamno narančasta
1100	blijedo žuto narančasta
1300	žuto bijela
> 1400	bijela (iz daljine žućkasta)

Tablica 1: Boje zračenja u ovisnosti o temperaturi [17]

Uzrok promjeni boja leži u promjeni valnih duljina. S porastom temperature, vrijednosti valnih duljina postaju sve manje sve dok objekt ne postane bijele boje. Suprotno tome, objekt koji izgleda crveno zrači na dugim valnim duljinama koje su vidljivog spektra. [22]

Općenito tijelo može toplinsko zračenje reflektirati, propustiti ili apsorbirati kao na slici 15.



Slika 15: Refleksija, apsorpcija, prolaz kroz tijelo [22]

Prema tome, količinu zračenja koja dolazi do nekog tijela možemo izraziti kao:

$$Q = Q_A + Q_R + Q_P$$

Gdje je:

$Q_A \Rightarrow$ apsorbirani dio energije $\Rightarrow a \cdot Q$

$Q_R \Rightarrow$ reflektirani dio energije $\Rightarrow r \cdot Q$

$Q_P \Rightarrow$ propušteni dio energije $\Rightarrow d \cdot Q$

$$a + r + d = 1$$

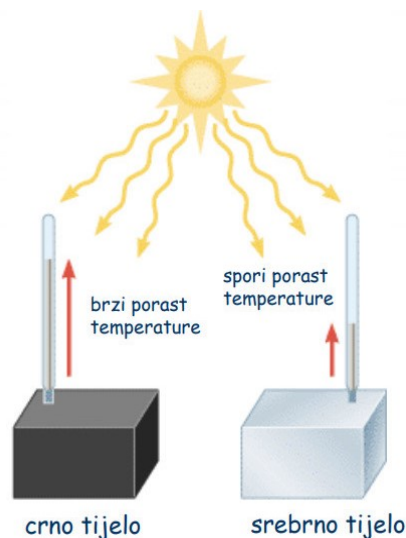
$a \Rightarrow$ apsorpcijski faktor

$r \Rightarrow$ refleksijski faktor

$d \Rightarrow$ faktor propusnosti ili dijametrije

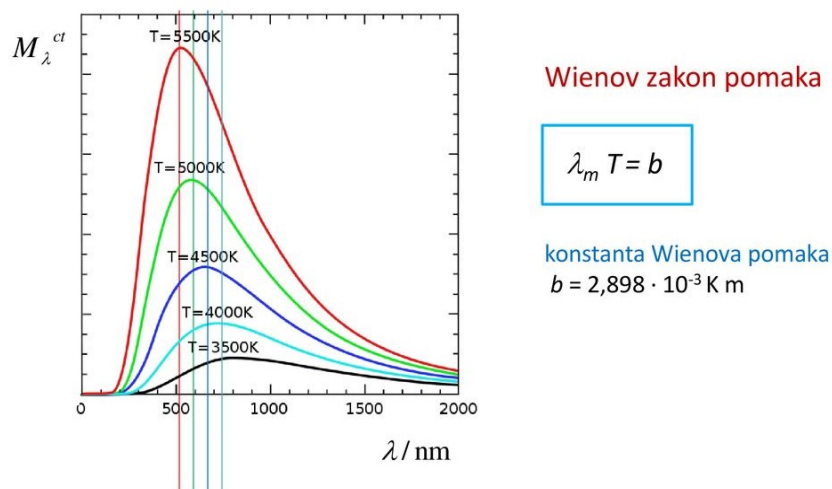
Ukoliko je faktor a jednak jedan ($a = 1$) u tom slučaju radi se o crnom tijelu koje apsorbira zračenje. Kada je refleksijski faktor izjednačen s jedinicom ($r = 1$) to znači da je riječ o refleksiji zračenja koja se pojavljuje kod zrcalnog i/ili bijelog tijela. Zračenje propušta prozirno tijelo te je tada faktor propusnosti jednak jedan ($d = 1$). U slučaju u kojem je zbroj apsorpcijskog i refleksijskog faktora jednak jedan ($a + r = 1$), radi se o kapljevine i čvrstom tijelu koji su nepropusni.

Za promjenu temperature odgovoran je dio koji je apsorbiran. Tijela koja su sive boje apsorbiraju jednak udio zračenja na svim valnim duljinama. S druge strane obojena tijela apsorbiraju nejednako na valnim duljinama. Materijal koji dobro apsorbira energiju isto tako ju dobro i emitira što je vidljivo na slici 16. [22]



Slika 16: Apsorbiranje i emitiranje energije u ovisnosti o boji tijela [22]

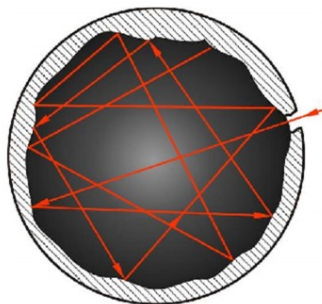
Tijelo koje ima sposobnost potpune apsorpcije zračenja naziva se savršenim crnim tijelom koje ujedno i najbolje odašilje zračenje. Ono je u stanju upiti sve valne duljine bez gubitaka kao i emitirati ih. Zbog ovih karakteristika pogodno je za istraživanje zakona zračenja među kojima su Kirchoffov, Wienov, Planckov i Stefan-Boltzmannov zakon. Kirchoffovim zakonom definiran je odnos apsorbirane i emitirane energije za koji se smatra da je konstantan i jednak emitiranoj energiji savršeno crnog tijela. Wienovim zakonom pomaka dana je jednadžba po kojoj je valna duljina proporcionalna temperaturi kao na dijagramu sa slike 17. [14]



Slika 17: Dijagram odnosa intenziteta zračenja i valne duljine u ovisnosti o temperaturi [19]

Planckov zakon pruža raspodjelu intenziteta zračenja crnog tijela koji ovisi o valnoj duljini i temperaturi dok Stefan-Boltzmannov zakon kaže kako energija koju crno tijelo emitira raste skupa s njegovom termodinamičkom temperaturom. [22]

U stvarnosti crno tijelo ne postoji. U laboratoriju se može imitirati malim otvorom u izotermnom tijelu kao na slici 18, dok mu je u prirodi po svojim svojstvima najbližiji grafit. Stvarno tijelo imat će samo dio tog zračenja koje se označava stupnjem emisije, a koji je ovisan o valnoj duljini, kutu emisije te temperaturi. [14]



Slika 18: Imitacija crnog tijela [22]

4. SPECIFIČNI TOPLINSKI KAPACITET

Ne zagrijevaju se sve tvari jednako. Zagrijavanje nekih tvari odvija se brže dok drugih sporije. Preciznije rečeno, različita je količina topline koju je potrebno dovesti nekom tijelu da bi se ono zagrijalo. To svojstvo opisano je specifičnim toplinskim kapacitetom. On nam govori o količini topline koju je potrebno dovesti tijelu mase jednog kilograma kako bi se temperatura povisila za jedan kelvin. Označava se malim slovom c , a mjerna jedinica mu je džul po kilogram kelvinu.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Gdje je:

$Q \Rightarrow$ toplina

$m \Rightarrow$ masa

$\Delta T \Rightarrow$ promjena temperature

Upravo je specifični toplinski kapacitet razlog različite brzine zagrijavanja tvari. Tijela većeg specifičnog toplinskog kapaciteta zagrijevaju se sporije od tijela koja imaju manji kapacitet a također se sporije i hlade. U tablici 2 dane su veličine specifičnih toplinskih kapaciteta za različite materijale.

tvar	$c/(\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1})$
živa	140
željezo	450
bakar	385
cink	390
staklo	800
aluminij	900
vodena para	2030
led	2050
etanol	2440
voda	4200

Tablica 2: Specifični toplinski kapacitet pri 25°C [8]

5. ZAKLJUČAK

Još u osamnaestom i devetnaestom stoljeću, znanstvenici među kojima su Rumford, James Prescott Joule, Rudolf Julius Emanuel Clausius, Daniel Bernoulli i drugi, počeli su iznositi shvaćanja načina prijenosa topline koja su temelj onoga što danas poznajemo. Pojam prijenosa topline podrazumijeva proces prijelaza topline s jednog tijela na drugo. Taj prijenos uvijek se odvija s toplijeg na hladnije tijelo. Kroz rad su opisani načini prijenosa a to su kondukcija odnosno vođenje, konvekcija ili strujanje te radijacija odnosno toplinsko zračenje. Vođenje podrazumijeva izravan dodir tijela sa izvorom topline. Konvekcija je proces u kojem se prijenos topline odvija kretanjem plinova i tekućina a može biti prirodna ili prisilna. Te na kraju, zračenje je prijenos topline putem elektromagnetskih valova. Svaki od ovih načina prijenosa topline susrećemo u svakodnevnom životu te su kroz rad navedeni samo neki od primjera na kojima je pojašnjen princip svakoga procesa pojedinačno. Također na kraju rada je pojašnjen pojam specifičnog toplinskog kapaciteta o kojem ovisi brzina zagrijavanja nekog tijela te su dane vrijednosti za različite vrste materijala. No, matematički izrazi ili vrijednosti za općeniti pojam prijenosa topline još uvijek nisu u potpunosti poznati te se iz toga da zaključiti kako budućnost donosi još mnogo istraživanja i novih zaključaka o ovoj temi.

6. LITERATURA

- <file:///C:/Users/Owner/Downloads/p13-prijenos-topline-2017-2018.pdf> [1]
- file:///C:/Users/Owner/Downloads/Predavanj_5_novo.pdf [2]
- http://www.phy.uniri.hr/~vlabinac/files/index/skripte/top_pregled.pdf [3]
- <https://alchetron.com/James-Prescott-Joule> [4]
- https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7cc8c4f6-c4e2-4532-8928-afc1ba71beee/html/995_Unutarnja_energija_i_toplina.html [5]
- https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/592185da-b4f4-4348-b0a2-7ee4d26a743f/html/7170_Mjerenje_topline.html [6]
- https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/592185da-b4f4-4348-b0a2-7ee4d26a743f/html/7169_Prijelaz_topline.html [7]
- <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/15cf791a-4c97-4f29-84d9-17c1b47ceccc/kemija-2/m01/j02/index.html> [8]
- <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=29371> [9]
- <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=61787> [10]
- <https://exterim.hr/blog/kako-ocistiti-radijator-51/> [11]
- <https://hr.hiloved.com/kako-funkcionira-britanska-termalna-jedinica-btu/> [12]
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Kalorija> [13]
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Kirchhoffov_zakon_toplinskog_zra%C4%8Denja [14]
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Konvekcija> [15]
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Prijenos_topline [16]
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinsko_zra%C4%8Denje [17]
- <https://repository.gradri.uniri.hr/islandora/object/gradri%3A925/datastream/PDF/view> [18]
- <https://slideplayer.gr/slide/14847298/> [19]
- <https://www.corrosion-doctors.org/Biographies/CarnotBio.htm> [20]
- <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60967> [21]
- <https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/prijenosTopline.pdf> [22]
- <https://www.sciencephoto.com/media/227986/view/portrait-of-benjamin-thompson-count-rumford-> [23]

<https://www.stemlittleexplorers.com/hr/pokus-toplinske-kondukcije/> [24]

[https://www.wikiwand.com/hr/James Prescott Joule](https://www.wikiwand.com/hr/James_Prescott_Joule) [25]