

**Семинар "Савремене методе наставе
физике", Ниш, 26-27.09.2009.**

Демонстрациони огледи и теме за додатну наставу

проф. др Љубиша Нешић

Одсек за физику, ПМФ у Нишу

и

Одељење за ученике са посебним способностима за
физику

<http://www.pmf.ni.ac.yu/people/nesiclj>



Теме

1. Трење
 2. механизми преношења топлоте
-

1. Трење

■ Основна школа

- **7. разред:** Силе трења и силе отпора средине (трење мировања, клизања и котрљања). Утицај ових сила на кретање тела. (2+2)
- **Демонстрациони огледи:** Трење на столу, косој подлози и сл. Мерење силе трења помоћу динамометра.
- **Лабораторијске вежбе:** Одређивање коефицијента трења клизања. (1)
- **Додатни рад:** Сила трења и коефицијент трења.

■ Гимназија

- **1. разред:** Трење. Сила трења (П)
 - **Лабораторијске вежбе:** Одређивање коефицијента статичког трења помоћу стрме равни.
-

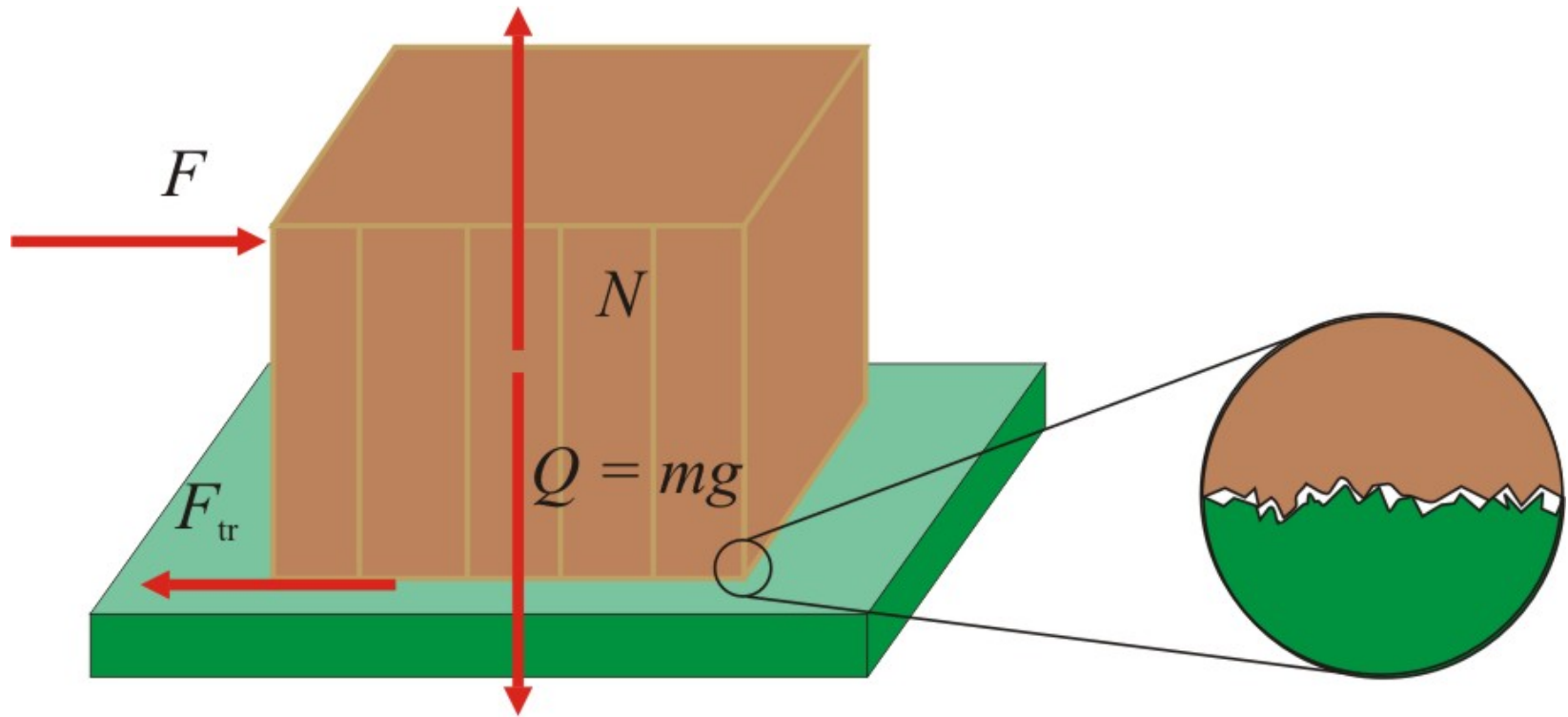
Суво трење - питања

- шта је узрок силе трења?
 - како она зависи од храпавости додирних површина?
 - разлика статичког и динамичког трења
 - распон вредности коефицијента статичког трења. да ли има ограничења?
 - добре и лоше стране трења.
 - трење котрљања?
 - да ли је исти ефекат када под тело које треба да померимо подметнемо ваљке и када му наместимо осовину и точкове? да ли је иста физичка суштина?
 - како функционише ABS?
-

(Суво) Трење. Одговори

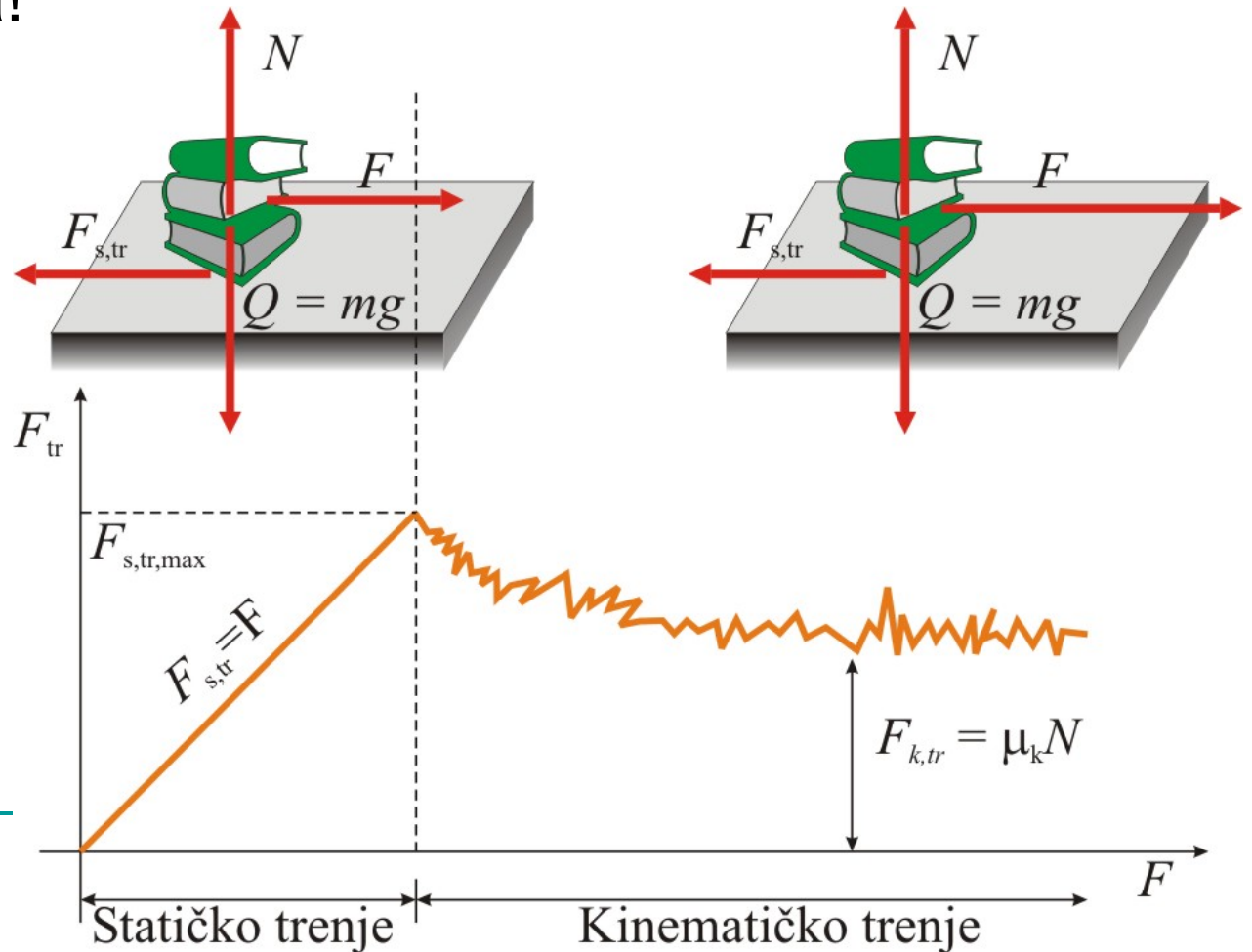
- Узрок трења је храпавост површина?
 - тачно или нетачно?
 - наизглед очигледна тврдња: што је додирна површина храпавија веће је трење. Глачањем се смањује. Да ли је то баш увек тачно?
(размотрити трење између веома храпавих и веома глатких површина)
-

(Суво) Трење



Врсте трења

- Статичко трење
- динамичко (кинематичко) – када дође до проклизавања!



Трење

- коефицијент статичког трења мора да буде мањи од јединице?

Sistem	μ_s	μ_k
Čelik i suvi čelik	0,6	0,3
Čelik i nauljeni čelik	0,05	0,03
Drvo i drvo	0,25-0,5	0,2-0,3
Teflon i čelik	0,04	0,04
Staklo i staklo	0,94	0,4
Guma i asfalt	1,0	0,8
Voskareno drvo i vlažan sneg	0,14	0,1
Voskareno drvo i suv sneg	-	0,04
Led i led	0,1	0,03
Čelik i led	0,4	0,02

Tabela 3.1: Koeficijenti statičkog i kinematičkog trenja

Последице трења

- корисне последице:
 - сила трења мировања омогућује кретање
- добре последице силе трења мировања
 - хабање одела, загревање додирних површина



Врсте трења

- Статичко трење
 - динамичко (кинематичко) – када дође до проклизавања!
 - трење котрљања
-

Трење котрљања

- како га разумети?
 - и да ли је веће или мање од трења клизања?
 - оглед
 - Распоповић: Интензитет силе трења котрљања је много мањи од интензитета силе трења клизања. Опрез. Ваљда јесте ипак. Међутим:
 - Како ради Antilock Braking System (ABS)?
 - Кола са ABS-ом пређу краћи пут до заустављања.
 - проблем....
 - трење котрљања јесте мање од трења клизања
 - код заустављања кола имамо посла са статичким трењем
 - међутим није свеједно да ли под предмет подмећемо ваљке или монтирамо точкове!!!
 - Разлика наизглед не постоји али је у ствари суштинска.
-

Трење котрљања

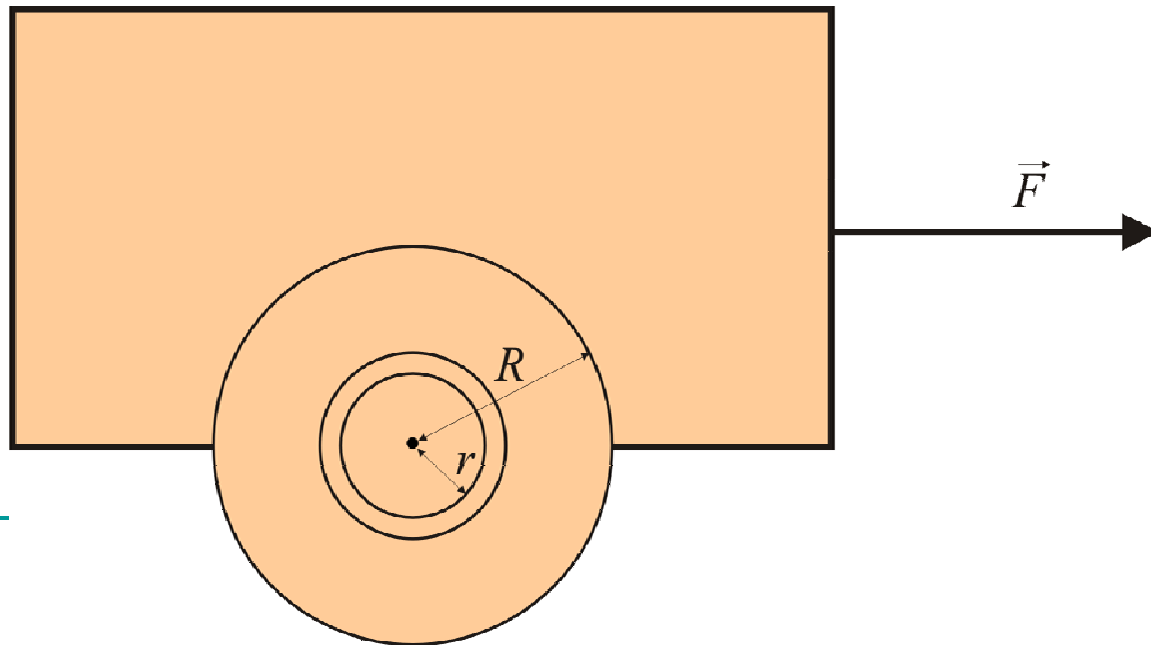
- када подмећемо ваљке показује се да је за покретање терета на њима довољна сасвим мала сила.
 - При проклизавању је међутим потребна сила $F = \mu_s Mg$.
 - Са ваљцима свака, ма како мала сила изазива кретање јер НЕМА ПРОКЛИЗАВАЊА, нити релативног кретања (померања) једне површине преко друге.
 - Сила трења према томе не врши рад.
 - У суштини ваљак замењује трење клизања трењем котрљања које је много мање од трења клизања.
 - Реализација у кугличним лежајевима.
-

Точак и трење

- дрвени диск “натакнут” на осу – око 4. века пре нове ере на Истоку.
 - У 2. веку је унапређен додавањем паока, главчине и заобљених ивица
 - најважније је уочити да се при премештању предмета који има тачкове **не замењује сила трења клизања силом трења котрљања** (то се дешавало при подметању ваљака под предмет)
 - трење остаје, али је пренето у осу тачка, односно одговарајућа лежишта
 - разлог: у 2. веку пре нове ере нису били познате ни средства за подмазивање лагера а ни сами лагери
 -
-

Принцип функционисања точка

- најједноставније разумети на основу енергијских разматрања
- дрвени квадар масе M са осом полупречника r . На оси се налазе дрвени точкови масе m , полупречника R . Квадар вучемо по дрвеној подлози тако да је коефицијент трења један те исти на свим местима где се додирују површине.



Принцип функционисања точка

- Закочимо точкове и делујући силом F их померимо на растојање s .
 - Због клизања сила трења има максималну вредност $F_{max} = \mu(M+m)g$
 - Рад против те силе је $A = F_{max}s = \mu(M+m)gs$
 - Пошто је маса точкова обично много мања од масе тела, добија се $A = \mu Mgs$
-

Принцип функционисања точка

- Откочимо точкове и превезимо тело на исто растојање s .
- уколико точкови не клизе по подлози у њиховој најнижој тачки (додир са подлогом) се не врши рад.
- трење клизања међутим постоји између осе точка и точка у нижем делу осе полупречника r .
- На том месту делује нормална сила приближно једнака Mg
- На основу тога следи да између осе и точка делује мање-више иста сила трења $F_{max} = \mu Mg$
- **Дакле точак не умањује силу трења!!!**
- **Међутим - ...**
- **рад против те силе је много мањи** него у случају померања тела са фиксираним точковима.
- Када се тело помери на исто растојање као и приликом клизања, точак је извршио $N = s / (2\pi R)$ обртаја.
- Обим осовине је $2\pi r$ тако да су се површи осе и точка померила на растојање $s' = 2\pi r N = Sr/R$
- Рад силе трења је према томе $A' = F_{max} s' = \mu Mgsr/R = A r/R$

Принцип функционисања точка

- Рад силе трења

$$A' = F_{max} s' \mu M g s r / R = A r / R$$

- Точкови значи не смањују силу трења већ пут на коме она делује.
 - Нпр. точак полупречника $R=0,5$ m чија оса има полупречник $r=2$ cm смањује рад за 96%!!!
 - (Остала 4 % се успешно савладава подмазивањем и лагерима.)
 - из ових разматрања се види зашто су точкови старих кочија били огромни.
-

2. Механизми преношења топлоте

- 7. разред
 - Топлота
 - Демонстрациони огледи: Гравесандов прстен, издужење жица
 - Додатна настава: Механизми преношења топлоте с једног тела на друго (примери).
 - 2. разред
 - Топлотно ширење (дилатометар)
 - 4. разред
 - Топлотно зрачење и закони зрачења апсолутно црног тела
-

supstanca	$\lambda(\text{J}/(\text{smK}))$	supstanca	$\lambda(\text{J}/(\text{smK}))$
srebro	420	voda	0,6
bakar	390	masno tkivo, bez krvi	0,2
zlato	318	azbest	0,16
aluminijum	220	malter	0,16
gvoždje	80	drvo	0,08-0,16
čelik	14	sneg (suv)	0,10
led	2,2	pluta	0,042
staklo	0,84	staklena vuna	0,042
beton	0,84	vuna	0,04
cigla	0,84	paperje	0,025
		vazduh	0,023
		stiropor	0,010

Tabela 7.6: Koeficijenti toplotne provodnosti (na temperaturama bliskim $0\text{ }^{\circ}\text{C}$)

2. Механизми преношења топлоте

- Поброј механизме преношења топлоте и њихове главне карактеристике.
 - на какву интеракцију се, на нивоу атома и молекула, може свести преношење топлоте провођењем кроз додирну површину два тела различитих температура?
 - Ако боси ходамо прво по паркету па по плочицама, осетићемо хладноћу на стопалима? Да ли то значи да се плочице и паркет не налазе на истој температури или је разлог у нечему другом?
 - зашто се стиропор, “стаклена вуна”, гушчје паперје, и слични материјали сматрају добрим топлотним изолаторима?
-

-
- Да ли је ефикасније преношење топлоте провођењем или струјањем?
 - Ваздух је лош проводник топлоте али је неопходан код преношења топлоте струјањем. Да ли је то контрадикција? Или то можда значи да се он некада понаша као изолатор а некада као медијум за преношење топлоте струјањем? Пробај да смислиш примере из свакодневног живота.
 - Који механизам преношења топлоте је заступљен ако за загревања собе користимо радијатор?
-

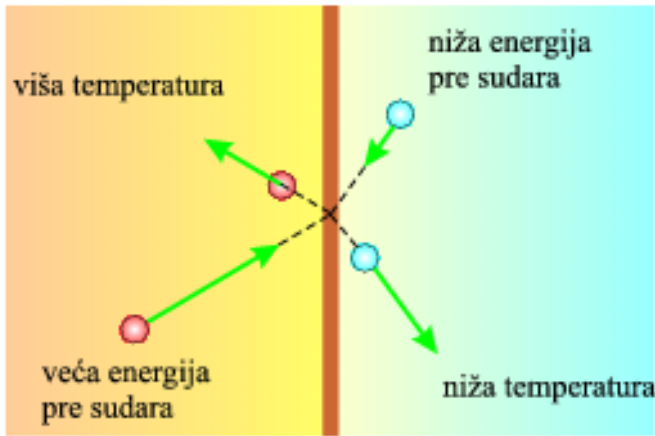
2. Механизми преношења топлоте

- Поброј механизме преношења топлоте и напиши њихове главне карактеристике
 - провођење (нема макроскопског померања)
 - струјање (основа је макроскопско померање)
 - зрачење – пренос енергије ЕМ таласима

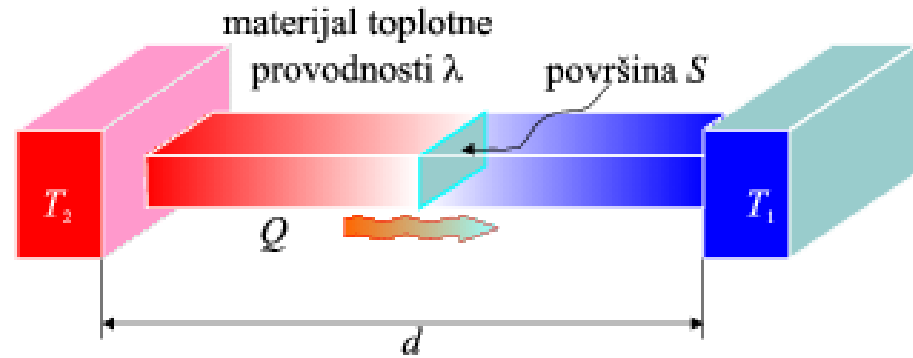
} потребан медијум

није потребан медијум

провођење – преношење топлоте у чврстим телима и флуидима у стању мировања



- механизам?
- пошто су добри проводници струје истовремено и добри проводници топлоте изгледа да у њему учествују и слободни електрони којих има у металима.



$$\frac{Q}{t} = -\lambda S \frac{T_2 - T_1}{d}$$

supstanca	λ (J/(smK))	supstanca	λ (J/(smK))
srebro	420	voda	0,6
bakar	390	masno tkivo, bez krvi	0,2
zlato	318	azbest	0,16
aluminijum	220	malter	0,16
gvoždje	80	drvo	0,08-0,16
čelik	14	sneg (suv)	0,10
led	2,2	pluta	0,042
staklo	0,84	staklena vuna	0,042
beton	0,84	vuna	0,04
cigla	0,84	paperje	0,025
		vazduh	0,023
		stiropor	0,010

Tabela 7.6: Koeficijenti toplotne provodnosti (na 0 °C)

Провођење

- Ако боси ходамо прво по паркету па по плочицама кујне, осетићемо хладноћу на стопалима? Зашто ако су и паркет и плочице на истој температури? – **Плочице су бољи проводник топлоте од паркета па се услед тога она губи у много већем износу за исти временски интервал.**
 - зашто је стиропор, “стаклена вуна”, гушчје паперје, и слични материјали добри топлотни изолатори (односно лоши проводници топлоте)?- **ваздух је лош проводник топлоте а ови материјали су пуни шупљина у којима се он налази**
-

Струјање- преношење топлоте између чврстих тела и флуида у кретању

- Количина топлоте која се у јединици времена пренесе са површине тела температуре T_2 у флуид температуре T_1 , конвекцијом је дато законом који је сличан једначини провођења.
- Коефицијент конвекције зависи од
 - природе кретања флуида,
 - његове брзине
 - разлике у температурама

$$\left| \frac{Q_{cond}}{t} \right| = \lambda S \frac{T_2 - T_1}{d} = \alpha_{cond} S (T_2 - T_1)$$

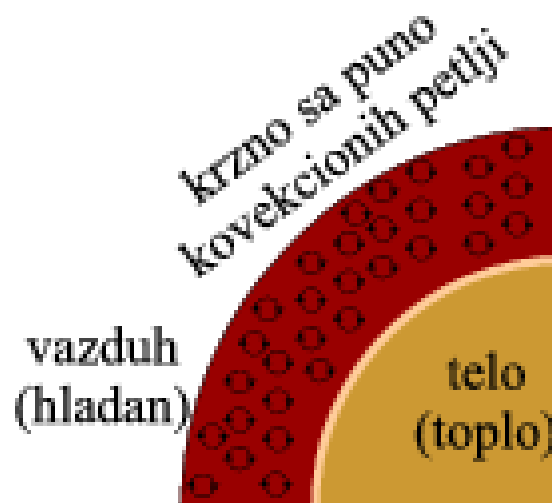
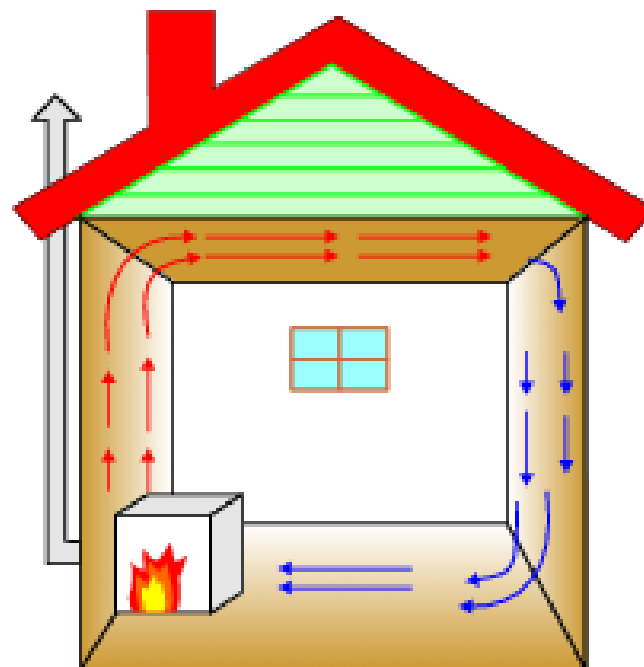
$$\alpha_{cond} = \frac{\lambda}{d}$$

$$\frac{Q_{conv}}{t} = \alpha_{conv} S (T_2 - T_1)$$

Струјање

- природно
 - морске струје нпр.
- вештачко
 - еркондишни

- КОНВЕКЦИОНЕ “петље”
 - у соби су велике
 - у крзну малене
 - у океанима огромне

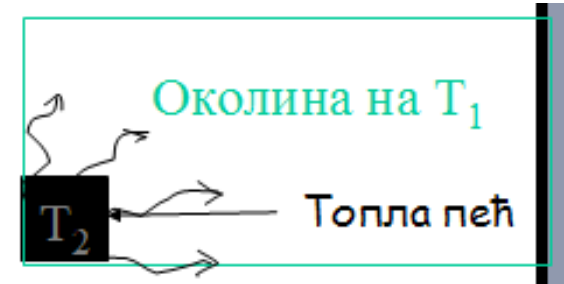


Поређење

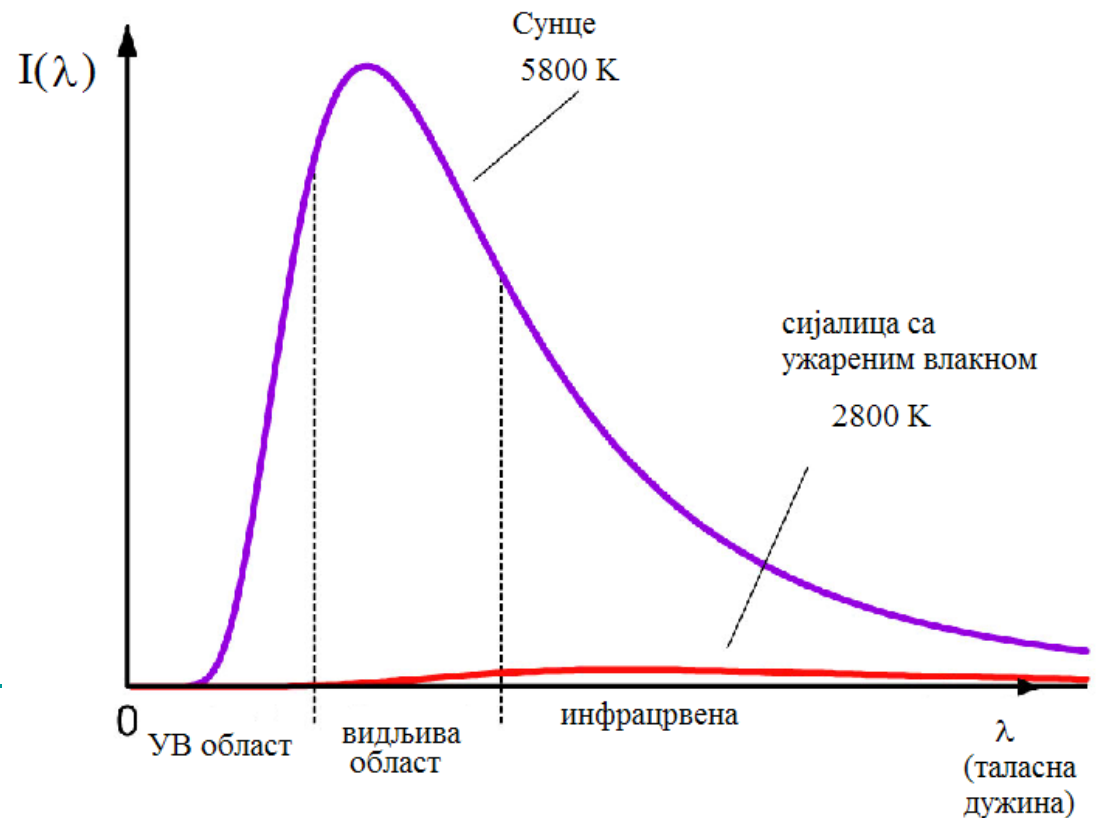
- Да ли је ефикасније преношење кондукцијом или конвекцијом?
 - Ваздух је лош проводник (кондуктор) топлоте али је неопходан код преношења топлоте конвекцијом. Да ли је то контрадикција? Другим речима када се он понаша као изолатор а када као медијум за преношење топлоте струјањем? Навести примере.
 - Улога ваздуха зависи од тога колики простор има на располагању.
 - Пример: шупљине у циглама у зидовима кућа су реда величине 10-ак цм. При томе механизам конвекције функционише веома добро па их је потребно изоловати.
 - Простор између два слоја вакуумираних стакала је око 1 цм. Тада се ваздух понаша као топлотни изолатор јер нема простора да се формирају конвекционе петље. дебљина слоја ваздуха је ипак довољна да до изражаја дође његова слаба топлотна проводност.
-

Зрачење

- није потребан медијум да пренесе топлоту јер је реч о електромагнетном зрачењу
- нема директног додира тела или тела и околине



$$\frac{Q_{zrac}}{t} = e \sigma S (T_2^4 - T_1^4)$$



Важно питање

- Који механизам преношења топлоте је заступљен приликом загревања собе радијатором?
-

Када су температуре блиске:

$$\left| \frac{Q_{cond}}{t} \right| = \lambda S \frac{T_2 - T_1}{d} = \alpha_{cond} S (T_2 - T_1)$$

$$\frac{Q_{conv}}{t} = \alpha_{conv} S (T_2 - T_1)$$

$$\frac{Q_{zrac}}{t} \approx e \sigma S (T_2 - T_1) 4T_1^3 = \alpha_{zrac} S (T_2 - T_1)$$
