

Наставна средства физике



Класификација 3 – прилагођена обradi у оквиру предмета



- основна наставна средства
- очигледна дводимензионална и тродимензионална наставна средства
- помоћна лабораторијска опрема
- наставна средства из механике чврстих тела
- наставна средства из механике течних и гасовитих тела
- наставна средства из молекуларне физике и топлоте
- наставна средства из електростатике и електродинимике
- наставна средства из акустике
- наставна средства из оптике
- наставна средства из атомске и нуклеарне физике
- посебни уређаји и збирке

Наставна средства из молекуларне физике и топлоте



Молекуларна физика и термодинамика



- Молекуларна физика
 - Зависност грађе и физичких особина тела од карактера кретања и узајамног деловања честица од којих су начињена
 - Основе
 - Молекуларна кинетика
 - Статистичка физика
 - Средње вредности брзина
 - Средња вредност енергије по степену слободe – температура

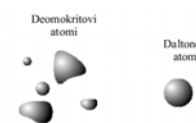
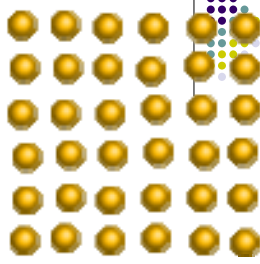
Молекуларна физика и термодинамика



- Топлота – термодинамика
 - Изучава прелазак енергије у систему
 - Успоставља се веза између разних форми енергије (топлота, рад, унутрашња енергија)
 - Основе
 - Два закона термодинамике + Нернстова теорема + "0" закон термодинамике

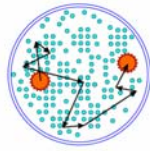
Модели атома

- Леукип и Демокрит (5. век пре нове ере)
- Након 2000. година Далтон
 - Елементи се састоје од атома
 - Чврсте лопте
 - Разликују се од елемента до елемента
 - Једињења настају спајањем два атома
- Средина 19. века Менделејејев
- 19. век кинетичка теорија – претпоставка да се супстанца састоји од атома у непрекидном, хаотичном кретању



Slika 13.5: Grčki i Daltonov model atoma.

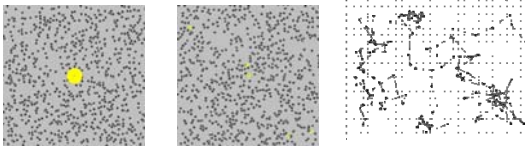
- Први директан доказ постојања атома – шкотски ботаничар Браун, 1827. година.
- Брауново кретање – последица кретања молекула и њихових хаотичних удара у зрнца полена
- Ајнштајн указао да се на основу Брауновог кретања могу одредити величине атома и молекула.
- Жан Бапитист-Перен је 1926. године добио Нобелову награду за експериментално одређивање величине атома и молекула и прецизно одређивање Авогадровог броја.



Slika 13.6: Cik-cak putanja zrnca polena u vodi.



Брауновско кретање



- Полупречник честице 0.53 μm ,
- Интервал времена 30 s,
- Корак мреже 3.2 μm



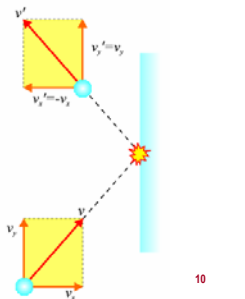
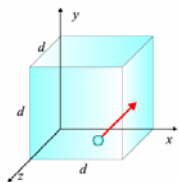
Фрактална природа брауновског кретања

- Три резолуције посматрања
- 32 корака
- 256 корака и
- 2048 корака



Кинетичка теорија – молекуларно објашњење притиска и температуре

- N молекула гаса унутар коцке запремине $V=d^3$.
- ударају еластично у зидове



10

Кинетичка теорија – молекуларно објашњење притиска и температуре

- Промена једне компоненте импулса молекула

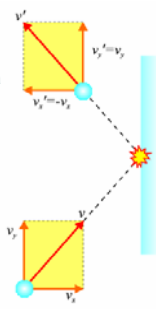
$$\Delta p_x = -mv_x - (mv_x) = -2mv_x.$$

- Промена импулса настаје због деловања силе од стране зида на молекул. На (један) молекул делује просечна сила F_{1x}
- Та сила је изазвала промену импулса.

$$F_{1x} \Delta t = \Delta p_{1x} = -2mv_{1x},$$

- Интервал времена је интервал између два удара истог молекула у исти зид суда. Да би поново дошао до зида он треба да прође растојање у x-правцу које износи $2d$ брзином v_x . $\Delta t = 2d/v_{1x}$.

$$F_{1x} = \frac{-2mv_{1x}}{\Delta t} = \frac{-2mv_{1x}}{2d/v_{1x}} = -\frac{mv_{1x}^2}{d}.$$



Кинетичка теорија – молекуларно објашњење притиска и температуре

- Према 3. Њутновом закону истом силом али супротног смера делује молекул на зид

$$F_{1x, \text{на зид}} = -F_{1x} = \frac{mv_{1x}^2}{d}.$$

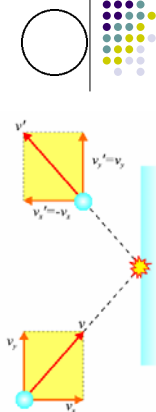
- То је средња сила којом један молекул делује на зид. Укупна која делује на зид се добија сумирањем по свих N молекула

$$F_x = \frac{m}{d}(v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + \dots).$$

- Средња вредност квадрата брзине

$$\overline{v_x^2} = \frac{v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + \dots + v_{Nx}^2}{N}.$$

$$F_x = \frac{Nm}{d} \overline{v_x^2}.$$



Кинетичка теорија – молекуларно објашњење притиска и температуре

$$F_x = \frac{Nm}{d} \overline{v_x^2}$$

- Средња вредност брзине због равноправности кретања по свим правцима је

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}, \quad \overline{v^2} = 3\overline{v_x^2} \Rightarrow \overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$$

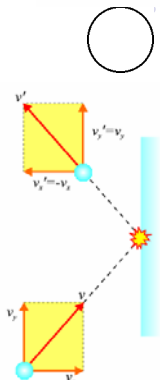
- Сила и притисак су

$$F_x = \frac{N}{3} \left(\frac{m\overline{v^2}}{d} \right)$$

$$P = \frac{F_x}{S} = \frac{N}{3} \frac{m\overline{v^2}}{Sd} = \frac{1}{3} \frac{Nm\overline{v^2}}{V}$$

- Одатле је

$$PV = \frac{1}{3} Nm\overline{v^2}$$



Кинетичка теорија – молекуларно објашњење притиска и температуре

- Упоредивање теоријске једначине и емпиријске

$$PV = \frac{1}{3} Nm\overline{v^2}$$

$$PV = NkT$$

$$\frac{1}{3} Nm\overline{v^2} = NkT$$

- Средња кинетичка енергија једног молекула – термална енергија

$$\frac{1}{2} m\overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

$$\overline{E_k} = \frac{1}{2} m\overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

- Закључак – температура гасног система је величина која је пропорционална његовој средњој кинетичкој енергији**

14

Кинетичка теорија – молекуларно објашњење притиска и температуре

- Из средње термалне енергије се може добити корен средње квадратне брзине

$$\overline{E_k} = \frac{1}{2} m\overline{v^2} = \frac{3}{2} kT \quad \longrightarrow \quad v_{k.sk} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

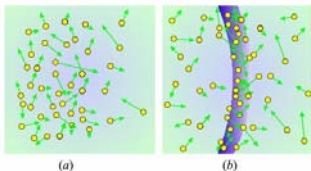
- За молекуларни азот, на 20°C, ова брзина износи 511 м/с**
- енергија пак овог гаса зависи само од температуре и износи**

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} (1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(293 \text{ K}) = 6,07 \times 10^{-21} \text{ J}$$

- Енергија има малу вредност и није опсервабилна нашим чулима.
- Молекули се брзо крећу али и сударају често тако да не прелазе велика растојања
- међутим последица велике вредности средње квадратне брзине је велика брзина простирања звука кроз гасове (око 340 м/с на собној температури)

15

Кинетичка теорија – молекуларно објашњење притиска и температуре



Slika 7.7: (a) U tipičnom gasu ima jako puno molekula koji se kreću raznim brzinama, i po intenzitetu i po orijentaciji u prostoru. Broj međusobnih sudara može da bude jako velik (milijarde u sekundi)(b) Posmatrani molekul se, usled stalnih sudara, neće daleko pomeriti za kratak interval vremena, ali poremećaj u gasnom sistemu, kao što je to na primer zvučni talas, se prenosi brzinom koja zavisi od srednje molekularne brzine.

16

НС из области молекуларне физике



- Модели
- Апарати и апаратуре
- Посебна учила и комплети
 - Површински напон
 - Рејлијев оглед

НС из области молекуларне физике - модели



- Мехнички модел брауновског кретања
- Модели кристалних решетки
- Модели за демонстрирање еластичних деформација

НС из области молекуларне физике – апарати и апаратуре

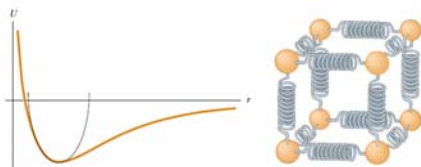


- Мехнички модел брауновског кретања?!
 - Да ли је уопште потребан?

- Модели кристалних решетки - тродимензионални
- Модели са куглицама и шипкама за формирање датог типа кристалне решетке



- Модели за демонстрирање еластичних деформација
 - Истежање, сабијање и увртање
- Извиру о представи о везама честица у чврстом телу



Апаратуре и апарати



- Апарат – у наставној технологији објекат помоћу кога се у настави (само са њим и без додатака) лако демонстрира нека физичка појава и законитост.
 - Апаратура за демонстрацију карактера статистичких законитости (Галтонова даска)
 - Случајни процеси
 - Расподела
 - Апаратура за изучавање еластичне деформације и Хуковог закона

Посебна учила и комплети



- Посебна учила и комплети
 - Учило – објекат који се користи искључиво у настави за демонстрирање једне (једне) појаве
 - Комплет – за низ огледа из једне области
- Комплет жичаних рамова (различитих геометрија) за демонстрацију сила површинског напона
- Комплет за извођење Рејлијевог огледа

Рејлијев оглед



- Молекул – најмања честица која има својства супстанције чији је део
- Џон Рејли (1892-1919), одређивање величине молекула формирањем мономолекулског слоја неке масне киселине (олеинска нпр. $C_{18}H_{34}O_2$)
 - Разлива се по слоју воде у што је могуће тањи слој – дебљине d која одговара пречнику једног молекула – претпоставка да је молекул сферног или кубичног облика

Рејлијев оглед



- Слој молекула чини “ваљак” запремине $V=Sh$,
 $h=d=V/S$
- Пречник је мали па се једна кап разлива преко велике површине величине базена!
- Рејли је решио проблем растварањем олеинске киселине у алкохолу
- Алкохол се брзо раствара у води и не ствара свој мономолекулски слој
- У капи раствора ће бити мање молекула киселине и разлиће се по мањој површини која може да се измери у лабораторији

Рејлијев оглед



- Комплет
 - Квадратична посуда са стакленим дном (25x25 цм)
 - Фолија са милиметарском мрежом (мерна “скала”)
 - Бочица са раствором олеинске киселине у алкохолу (0,0064%)
 - Мензура (5-10 цм³)
 - Пластична посуда од 100 цм³
 - Две посуднице од по 1 цм³
 - Калибрисана чаша (100 цм³)
 - Распршивач са индикаторским прахом (плута) и пипета

Рејлијев оглед



- Демонстрација – уз помоћ графоскопа
 - Посуда се налази на графоскопу и посматра се пројекција огледа
 - Милиметарски папир (фолија) је испод посуде
 - За ову намену минимална концентрација је 0,16%
 - “Видљивост” слоја преко индикаторског праха – слој киселине потискује честице праха (плуте)
 - У овом огледу могу да се одреде
 - величина молекула
 - Маса молекула
 - Авогадров број

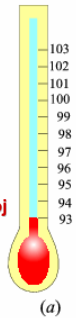
Топлотне појаве



Топлотна равнотежа и нулти закон термодинамике

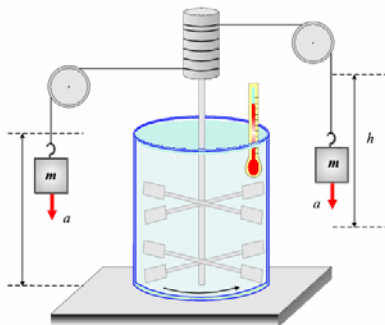


- Како термометри мере температуру?
- Они показују заправо **своју** температуру
- А да би показали температуру неког другог тела **морају да буду у контакту са њим!**
- При томе се топлота преноси са тела на тело и долази до **топлотне (термичке) равнотеже**.
- **Уколико су два система А и Б у термалној равнотежи и ако је осим тога систем Б у термалној равнотежи са системом Ц тада су и системи А и Ц у термалној равнотежи** – нулти закон термодинамике



29

Топлота и њен механички еквивалент



Slika 7.15: Skica jednog od Džulovih eksperimenata.

30

НС из области топлоте



- Извори топлоте
 - Шпиритусна лампа
 - Гасни пламеник (боце са гасом за домаћинство)
 - Електрични решо
 - Електрични грејачи
- Термометри и калориметри
- Модели, апарати и учила

НС из области топлоте

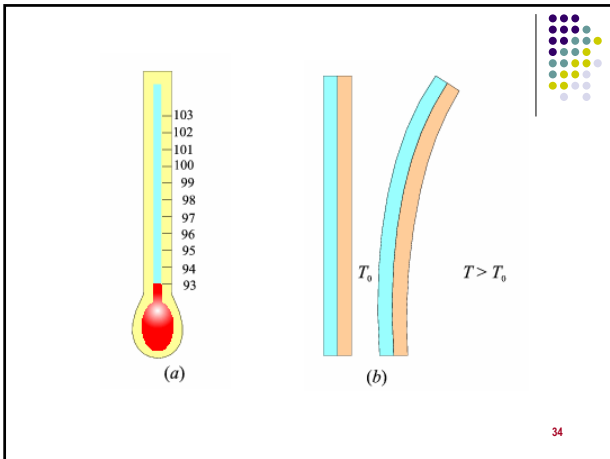


- Извори топлоте
 - Шпиритусна лампа (800-1000°C)
 - Гасни пламеник (боце са гасом за домаћинство) – знатно више температуре
 - Теклијев и Бунзенов
 - Електрични решо
 - Електрични грејачи

НС из области топлоте



- Термометри
 - Живини– радно тело је течност
 - распон (-38,87°C до 356,58°C)
 - Алкохолни – обично се боји у црвену боју да би се лакше уочила промена
 - распон (-30°C до 30°C)
 - Имају велики топлотну капацитивност – инертност – треба одређено време да покажу температуру



НС из области топлоте

- Термометри
 - Живини и алкохолни – радно тело је течност
 - Отпорни
 - Термоелектрични
 - Биметални
 - За све су битни принципи функционисања, температурски интервал и тачност

НС из области топлоте

- Термометри
 - Живини и алкохолни – радно тело је течност
 - Отпорни
 - Зависност електричне оторности од температуре
 - Опсег (0-120°C)

Температурна зависност отпорности

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$[\alpha] = \frac{1}{C^\circ} \equiv \frac{1}{K}$$



α – температурски коефицијент отпорности.

Температурна зависност отпорности се користи у отпорним термометрима, у термисторима и у другим уређајима где је потребно да се измери мала промена температуре.

Отпорност може и да опада са порастом температуре!

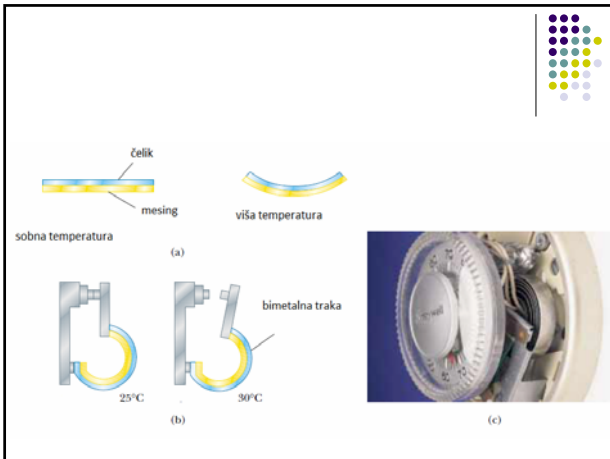
Материјал	Темпер. коефицијент отпорности α ($1/^\circ\text{C}$)	Материјал	Темпер. коефицијент отпорности α ($1/^\circ\text{C}$)
Проводници		Полупроводници	
Сребро	$3,8 \times 10^{-3}$	Чисти угљеник	$-0,5 \times 10^{-3}$
Бакар	$3,9 \times 10^{-3}$	Чисти германијум	-50×10^{-3}
Злато	$3,4 \times 10^{-3}$	Чисти силицијум	-70×10^{-3}
Алуминијум	$3,9 \times 10^{-3}$		
Манганин (Cu, Mn, Ni)	$0,000 \times 10^{-3}$		

Табела 10.3: Температурски коефицијент отпорности α на 20°C

- Полупроводнички термометри - термистори

НС из области топлоте

- Термометри
 - Живини и алкохолни
 - радно тело је течност
 - Отпорни
 - Зависност електричне отпорности од температуре
 - Биметални термометри



Калориметри

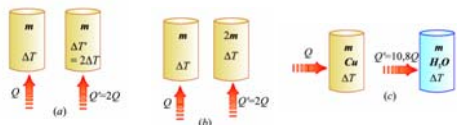
- Служе за одређивање
 - Латентне топлоте испаравања
 - Топлотне капацитивности тела
 - Специфичне топлотне капацитивности
- Делови:
 - Калориметарско тело (вода или уље)
 - Термометар
 - Мешалица
 - Грејач
- Принцип рада
 - Размена топлоте између калориметарског тела и тела које се убацује у њега и успостављање топлотног баланса
 - Закон одржања енергије

Топлота и њен механички еквивалент

Slika 7.15: Skica jednog od Džulovih eksperimenata.

Промена температуре и специфична топлота

- веза промене температуре тела и размењене количине топлоте
- три фактора



$$Q = mc\Delta T.$$

43

Специфична топлота = специфична топлотна капацитивност

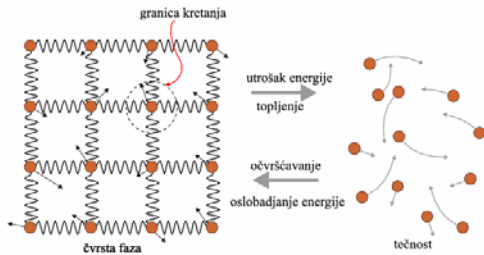
supstanca	c (J/(kgK))	supstanca	c (J/(kgK))
aluminijum	900	benzen	1740
bakar	387	etanol	2450
staklo	840	glicerin	2410
zlato	129	živa	139
ljudsko telo (na 37 °C)	3500	voda (na 15,0 °C)	4186
<u>led (od -50 do 0 °C)</u>	<u>2090</u>	<u>suvi vazduh</u>	<u>721</u>
čelik	452	ugljen dioksid	638
olovo	128	azot	739
srebro	235	kiseonik	651
drvo	1700	<u>para (na 100 °C)</u>	<u>1520</u>

Tabela 7.4: Specifična toplota za neke supstance

Фазне трансформације и латентна топлота

топљења/очвршћавања

- за промену фазе је неопходан трансфер



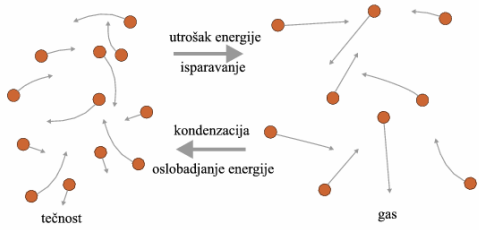
Slika 7.17: Topljenje i očvršćavanje.

$$Q = mL_t, \quad (\text{topljenje-očvršćavanje})$$

44

Фазне трансформације и латентна топлота испаравања/кондензације

- за промену фазе је неопходан трансфер

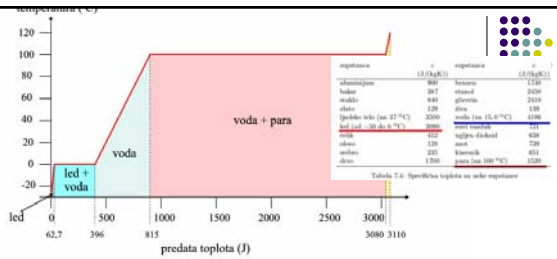


Slika 7.18: Isparavanje i kondenzacija.

$$Q = mL_i, \quad (\text{isparavanje-kondenzacija}), \quad 46$$

supstanca	tačka topljenja (°C)	L_t (kJ/kg)	tačka ključanja (°C)	L_i (kJ/kg)
helijum	-296,7	5,23	-268,9	20,9
vodonik	-259,3	58,6	-252,9	452
azot	-210,0	25,5	-195,8	201
kiseonik	-218,8	13,8	-183,0	213
živa	-38,9	11,8	357	272
voda	0,00	334	100,0	2256
olovo	327	24,5	1750	871
aluminijum	660	380	2450	11400
srebro	961	88,3	2193	2336
zlato	1063	64,5	2660	1578
bakar	1083	134	2595	5069

Tabela 7.5: Latentne toplote i tačke ključanja za razne supstance.



Slika 7.19: Grafik promene temperature 1 g leda u zavisnosti od energije koja mu je predana. Led je bio u početku na $-30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ a na kraju je prešao u paru na $120 \text{ }^\circ\text{C}$.

- temperatura leda raste linearno do 0°C
- temperatura vode raste ali sporije nego leda jer je s za vodu veće nego za led
- na 100°C почиње клjučање и траје дуже јер је латентна топлота испаравања већа од латентне топлоте топљења
- температура водене паре расте брже од температуре воде јер пара има мању специфичну топлоту

supstanca	tačka topljenja (°C)	L_t (kJ/kg)	tačka ključanja (°C)	L_i (kJ/kg)
helijum	-296,7	5,23	-268,9	20,9
vodonik	-259,3	58,6	-252,9	452
azot	-210,0	25,5	-195,8	201
kiseonik	-218,8	13,8	-183,0	213
živa	-38,9	11,8	357	272
voda	0,00	334	100,0	2256
olovo	327	24,5	1750	871
aluminijum	660	380	2450	11400
srebro	961	88,3	2193	2336
zlato	1063	64,5	2660	1578
bakar	1083	134	2595	5069

Топотно ширење чврстих тела и течности

- Примери:
 - ширење живе у термометру
 - врућ ваздух је мање густине од хладног па се подиже увис
 - издуживање пруга и мостова – морају да имају места да се шире да се не би деформисали – дилатационе спојнице код мостова – између шина се оставља празан простор за издуживање
 - жице далековода су опуштеније лети него зими...
- ширење живе у термометру? А да ли се шири и стаклени суд у коме се она налази?
- Треба мало подробније проучити овај феномен
- Механизам топлотног ширења?



Топотно ширење чврстих тела и течности

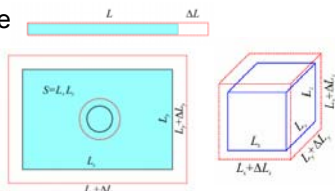
- Атомско – молекулска структура материје
- поседују кинетичку енергију
- када се загреју она се повећа – кретање је интензивније
- особине
 - већа тела се више прошире – више атома има а сваки од њих се креће интензивније
 - зависи и од пораста температуре – што је више порасла већи су и ефекти
 - зависи и од супстанце –није исто за живу и за стакло



50

Топльно ширење чврстих тела и течности

- линијско ширење
- површинско
- запреминско



$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

$$\Delta S = 2\alpha S \Delta T = \beta S \Delta T$$

$$\Delta V = 3\alpha V \Delta T = \gamma V \Delta T$$

51

Топлотно ширење чврстих тела и течности



- Топлотни притисак – пуњење резервоара са бензином никада није до врха
- мрвљење ораница зими – тела се понекад шире и при хлађењу!

Supstance	Koef. lin. šir. $\alpha(1/^\circ\text{C})$	koef. zapr. šir. $\gamma(1/^\circ\text{C})$
aluminijum	25×10^{-6}	75×10^{-6}
bakar	17×10^{-6}	51×10^{-6}
zlato	14×10^{-6}	42×10^{-6}
čelik	12×10^{-6}	35×10^{-6}
srebro	18×10^{-6}	54×10^{-6}
staklo	9×10^{-6}	27×10^{-6}
benzin		950×10^{-6}
ziva		180×10^{-6}
voda		210×10^{-6}
vazduh		3400×10^{-6}

Tabela 7.1: Koeficijenti linearnog i zapreminskog širenja (na 20°C)

52

Топлотно ширење чврстих тела и течности

- Примери:
 - ширење живе у термометру
 - врућ ваздух је мање густине од хладног па се подиже увис
 - издуживање пруга и мостова – морају да имају места да се шире да се не би деформисали – дилатационе спојнице код мостова – између шина се оставља празан простор за издуживање
 - жице далековода су опуштеније лети него зими...
- ширење живе у термометру? А да ли се шири и стаклени суд у коме се она налази?
- Треба мало подробније проучити овај феномен
- Механизам топлотног ширења?



Топлотно ширење чврстих тела и течности



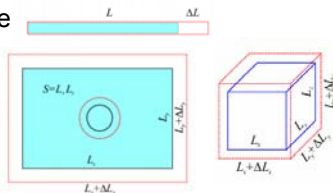
- Атомско – молекулска структура материје
- поседују кинетичку енергију
- када се загреју она се повећа – кретање је интензивније
- особине
 - већа тела се више прошире – више атома има а сваки од њих се креће интензивније
 - зависи и од пораста температуре – што је више порасла већи су и ефекти
 - зависи и од супстанце –није исто за живу и за стакло

54

Топотно ширење чврстих тела и течности



- линијско ширење
- површинско
- запреминско



$$\Delta L = \alpha L \Delta T,$$

$$\Delta S = 2\alpha S \Delta T = \beta S \Delta T,$$

$$\Delta V = 3\alpha V \Delta T = \gamma V \Delta T,$$

55

Топотно ширење чврстих тела и течности



- Топлотни притисак – пуњење резервоара са бензином никада није до врха
- мрвљење ораница зими – тела се понекад шире и при хлађењу!

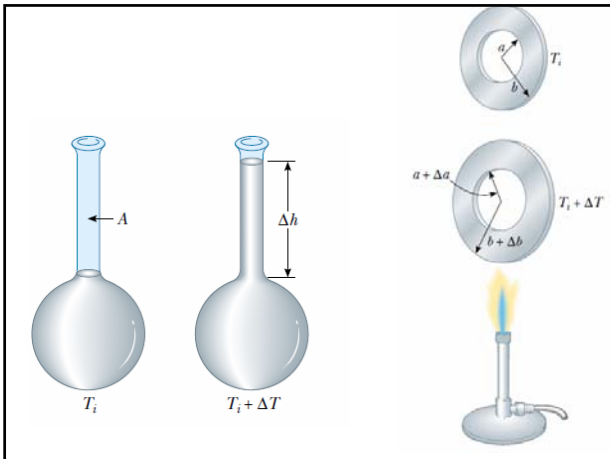
Supstance	Koef. lin. šir. α ($1/^\circ\text{C}$)	koef. zapr. šir. γ ($1/^\circ\text{C}$)
aluminijum	25×10^{-6}	75×10^{-6}
bakar	17×10^{-6}	51×10^{-6}
zlato	14×10^{-6}	42×10^{-6}
čelik	12×10^{-6}	35×10^{-6}
srebro	18×10^{-6}	54×10^{-6}
staklo	9×10^{-6}	27×10^{-6}
benzin		950×10^{-6}
živa		180×10^{-6}
voda		210×10^{-6}
vazduh		3400×10^{-6}

Tabela 7.1: Koeficijenti linearnog i zapreminskog širenja (na 20°C)


56

- Демонстрација ширења
 - Апарат за демонстрацију линеарног ширења
 - Апарат за демонстрацију запреминског ширења – Гравесандов прстен
 - Апарат за демонстрацију преношења топлоте конвекцијом – цев са водом која се локално загрева шпиритусном лампом






Пренос топлоте



Преношење топлоте

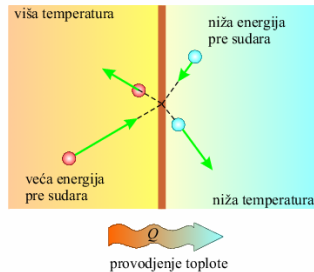


- пренос енергије са тела на тело услед разлике у температурама
- три начина
 - кондукција – провођење –
 - пренос физичким контактом између супстанци које су у стању мировања
 - конвекција – струјање –
 - преношење топлоте макроскопским померањем маса (флуида)
 - радијација – зрачење –
 - микроталаси, инфрацрвено зрачење, видљива светлост се апсорбује и емитује

60

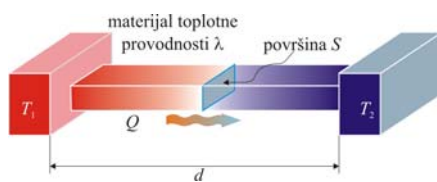
Провођење

- ходамо боси по тепиху па по плочицама у истој соби – осећај се разликује - зашто?!
- механизам провођења – судар молекула тела различитих температура



61

Провођење – брзина преношења топлоте



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

62

Провођење

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
gvozdje	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: Koefficienti toplotne provodnosti (na temperaturama bliskim 0 °C)

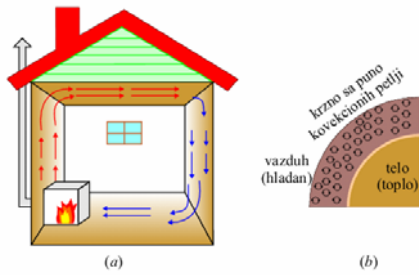
- добри проводници струје су и добри проводници топлоте
- закључак – слободни електрони учествују у оба процеса

63

• Дјуаров суд - термос

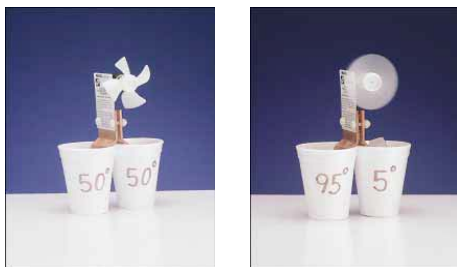


Конвекција



Slika 7.22: (a) Zagrejan vazduh se širi i podiže. Tavanica i zidovi hlade vazduh koji je u dodiru sa njima, on postaje gušći od vazduha u sobi i pada na dole. Ovi procesi formiraju konvekcione petlje koja prenosi toplotu kroz prostoriju. (b) Krzno je ispunjeno vazduhom izdvojenim u male džepove. Konvekcija je stoga veoma slaba.

65



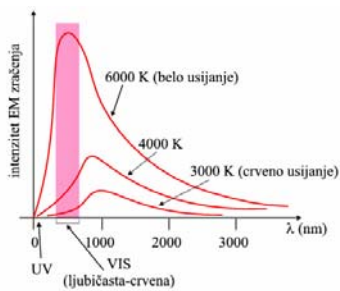
Зрачење



- три фазе –
 - претварање дела унутрашње енергије тела у зрачење
 - простирање EM таласа
 - апсорпција од стране другог тела
- свако тело изнад 0 K зрачи – услед термалног кретања
- што је температура тела већа оно интензивније зрачи
- промена температуре изазива и промену карактера зрачења – Планков закон зрачења

67

Зрачење



Slika 7.23: Spektar elektromagnetnih talasa za razne temperature. VIS-vidljivi deo spektra (od ljubičaste do crvene), UV-ultraljubičasti (ultravioletni).

Зрачење



- боја тела има везе са способношћу да се апсорбује и емитије зрачење
- црна тела најбоље и емитију и апсорбују зрачење – **апсолутно црно тело (нпр. асфалт)**
- **апсолутно бело тело** – у потпуности рефлектује све

69

Зрачење



- Штефан-Болцманов закон

$$\frac{Q}{t} = \sigma e S T^4.$$

- ϵ -емисивност. За апсолутно црно тело је 1 а за бело 0. За нашу кожу је (у ИЦ области) 0,97

- Баланс зрачења

$$\frac{Q}{t} = \sigma e S (T_s^4 - T_t^4),$$

70

