



Електричне и магнетне појаве

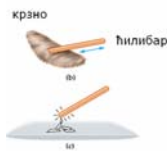
Понедељак, 24. децембар, 2012



1

Електростатика

- античка грчка, 500 п.н.е. – филибар привлачи комаде сламе када се протрља
- трење ђонова обуће о вунени тепих
- сушење веша у машинама
- кесе у продавници
- балони када се протрљају лепе се за зид
- у свим појавама имамо посла са *статичким електрицитетом* – наелектрисањима
 - објашњење: у супстанци постоје наелектрисања
 - постоје два типа – позитивно (стакло када се протрља свиленом тканином) и негативно (свилену тканину након трљања о стакло)
 - истоимена се одбијају а разноимена привлаче
 - сила између њих опада са растојањем



Наелектрисања, електрони, протони

Износи масе и наелектрисања електрона су били непознати све до краја 19 века.

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} kg$$

$$q_e = e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$|q_e| = |q_p|$$

$$m_p = 1836 m_e$$

$$m_p \approx m_n$$



1C (Coulomb=Кулон)= 6.25 x 10¹⁸ електрона!!!

Неутрони нису наелектрисани

3

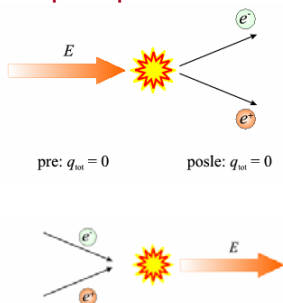
Раздвајање наелектрисања у атомима

- Атом је неутралан
- Раздвајање наелектрисања – трећем
- у батеријама услед хемијских процеса
- битно је да се не креирају ни уништавају већ само одвајају – **закон одржања: укупна количина наелектрисања је константна**
- да ли овај закон важи увек?

4

У акцелераторима

- креирање електронско-позитронског пара
- и обрнуто
- али и у тим процесима се одржава неелектрисање!



5

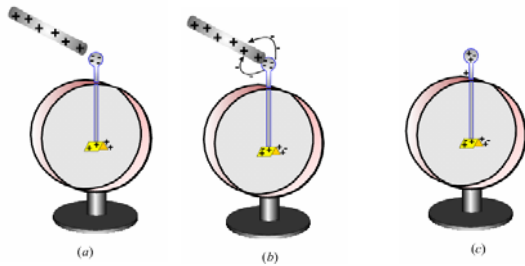
Проводници и изолатори

- проводник – има слободне носиоце електрицитета који могу да се крећу кроз њега
- изолатор – нема слободне носиоце
- полупроводник – има али не толико колико има проводник
- суперпроводник – проводи наелектрисања без губитака
- проводници – метали – проводници прве врсте
- проводници – електролити и гасови – проводници друге врсте

6

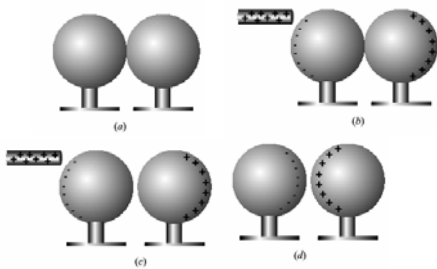
Наелектрисање контактом

- Електроскоп



Наелектрисање индукцијом. Поларизација

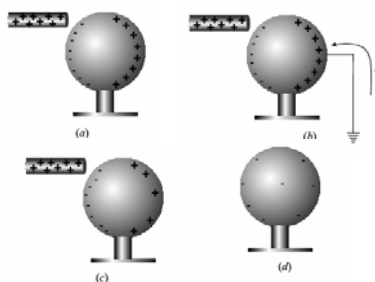
- наелектрисање без додира – први начин



8

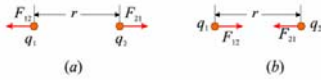
Наелектрисање индукцијом. Поларизација

- наелектрисање без додира – други начин



9

Кулонов закон



Slika 10.7: Kulonovo delovanje tačkastih naelektrisanja. (a) Istoimena naelektrisanja. (b) Raznoimena naelektrisanja.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k = 8,988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \approx 9,00 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

10

Електростатичка и гравитациона сила

Електростатичка (Кулонова) сила	Гравитациона сила
Два типа наелектрисања (q): позитивно и негативно	Један тип масе (m): позитивна маса!!!
Привлачна (код разноимених наелектрисања) или одбојна (истоимена наелектрисања)	Привлачна (за сва масивна тела у свемиру)
F: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ $k = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$	F: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

11

Кулонова сила и гравитација

- водоников атом – растојање честица
 $0,530 \times 10^{-10} \text{ m}$

$$\frac{F_C}{F_G} = 2,27 \times 10^{39}$$

- али Кулонова је и привлачна и одбојна а гравитација
само привлачна – на великој скали је доминантна
ипак гравитација

12

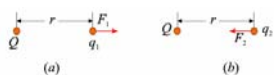
Електрично поље

- тела не морају да буду у контакту да би интерговала
- интерагују путем **поља**
- поље Кулонове силе?
- тело наелектрисања Q делује на друго тело наелектрисања q на растојању r од њега.

$$F = kQq/r^2$$

13

Електрично поље



Slika 10.8: Kulonova sila kreirana od strane pozitivnog naelektrisanja Q . Ukoliko je q_1 pozitivno, sila je odbojna (a), a ukoliko je negativno, ona je privlačna (b).

- Јачина електричног поља је дефинисана преко односа силе и позитивног пробног наелектрисања на које делује

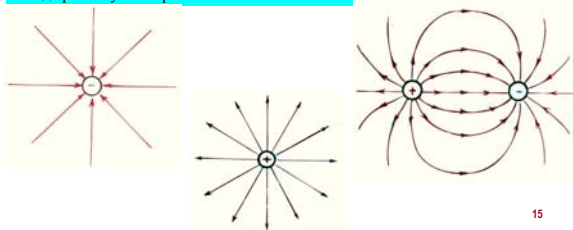
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad \vec{F} = q\vec{E}, \quad E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

14

Линије електричног поља

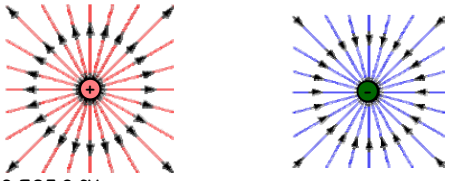
Линије електричног поља :

- Смер је у смеру E у свакој тачки. E је тангента на линију.
- Почињу од (+) или бесконачности и имају крај у (-) или бесконачности
- Број линија је пропорционалан јачини електричног поља
- За хомогено поље, линије су паралелне и на једнаким растојањима
- Линије електричног поља се не секу. то значи да једнозначно дефинишу електрично поље



15

"+" тачкасто наелектрисање "-" тачкасто наелектрисање



Линије поља су

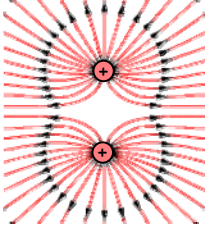
- Усмерене радијално од наелектрисање
- Централно симетричне у односу на наелектрисање
- Растојање суседних линија расте са повећањем растојања од наелектрисања (поље постаје слабије)

Линије поља су

-
-
-

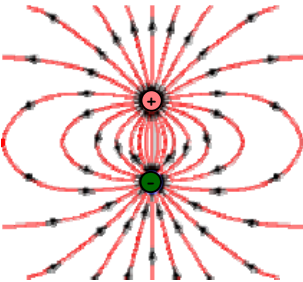
16

Електрично поље два позитивна тачкаста наелектрисања



17

Електрично поље једног позитивног и једног негативног тачкастог наелектрисања

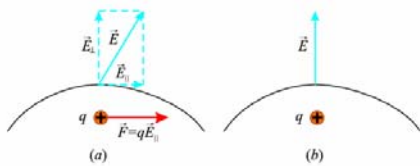


18

Проводници и електрично поље у стању статичке равнотеже

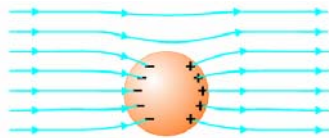
- проводници имају слободна наелектрисања
- ако се у неком делу појаве у вишку или се пак проводник нађе у спољашњем електричном пољу она се прерасподеле тако да то компензују – успоставља се **електростатичка равнотежа**.

19

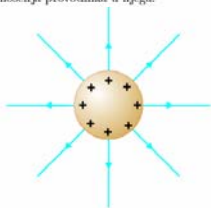


Slika 10.12: Delovanje električnog polja na provodnik. (a) Komponenta polja paralelna površini provodnika deluje silom na naelektrisanje i pomera ga sve dok je ta komponenta različita od nule. (b) U stanju elektrostatičke ravnoteže, polje je normalno na površinu provodnika. Slobodna naelektrisanja se u tom slučaju nalaze na njegovoj površini.

20



Slika 10.13: Polarizacija neutralnog sfernog provodnika u električnom polju koje je bilo uniformno pre unošenja provodnika u njega.



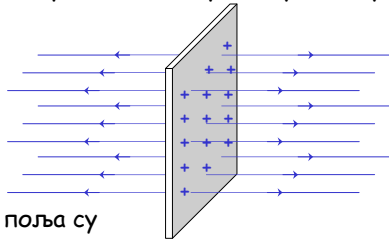
Slika 10.14: Višak slobodnih naelektrisanja se, usled međusobnog odbijanja, raspoređuje ravnomerno po površini provodnika.

21

- Проводник у електростатичкој равнотежи има следеће особине
 - Електрично поље је једнако нули унутар њега
 - Линеје електричног поља ван проводника су нормалне у односу на његову површину, почињу и завршавају се на наелектрисањима на површини проводника
 - наелектрисања било које врсте, ако су у вишку у проводнику, распоређују се равномерно по његовој површини.

22

Електрично поље за велику "+" равномерно наелектрисану плочу

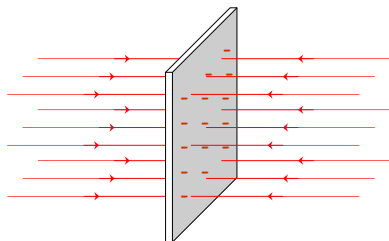


Линеје поља су

- праве
- Под правим углом усмерене према споља
- Простор између суседних је константан (поље је константно тј. униформно)

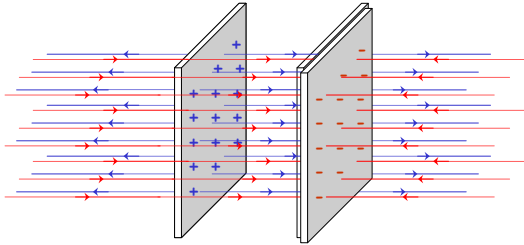
23

Електрично поље велике "-" равномерно наелектрисане плоче

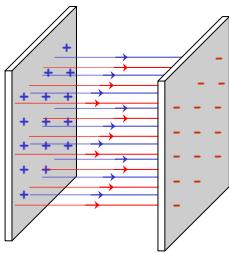


24

Електрично поље пара паралелних супротно наелектрисаних плоча

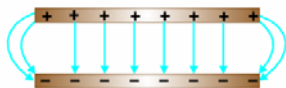


25



26

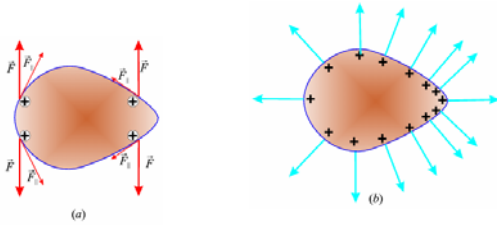
- да ли је поље између две наелектрисане плоче баш кроз хомогено?



Slika 10.15: Električno polje između dve paralelne, suprotno naelektrisanе плоче.

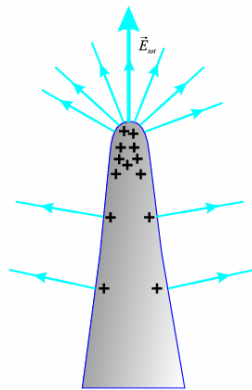
27

- Расподела наелектрисања на неуниформном проводнику



28

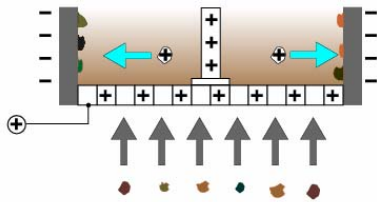
- што је шиљак већи јаче је и поље око тог дела проводника
- тела са шиљком – громобрани
- Електрично прањњење – појава варница око тела



Примене електростатике

- Ксерографија – машине за фотокопирање
- пречишћавање дима, електростатичко чишћење ваздуха

30

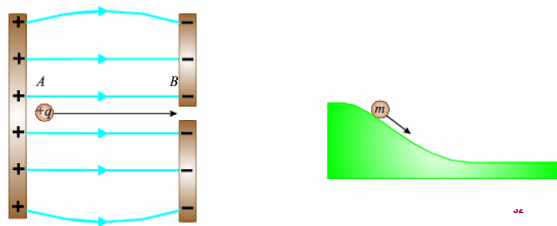


Slika 10.19: Prečišćavanje dima u dimnjacima toplana i fabrika.

31

Електрични потенцијал и напон

- електрично поље убрзава наелектрисање
- оно добија кинетичку енергију
- механичка аналогија



32

Електрични потенцијал и напон

- Кулонова сила је конзервативна – постоји потенцијална енергија
- рад је једнак њеној негативној промени

$$A = -\Delta E_p.$$

$$F = qE$$

- рад ће зависити од величине наелектрисања
- ако желимо величину која неће зависити од њега треба поделити потенцијалну енергију наелектрисањем

33

Електрични потенцијал и напон

- добија се електрични потенцијал

$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

- напон је једнак разлици потенцијала

$$U = \varphi_B - \varphi_A = \frac{\Delta E_p}{q} \quad 1 \text{ V} = 1 \text{ J/C.}$$

34

Електрон волт

- енергија за преношење једног електрона кроз проводник је мала у макроразмерама
- на микроскопској скали то је значајна вредност
- зато се уводи нова величина за енергију као енергија коју стекне електрон када га убрза потенцијална разлика од 1 волта

$$1 \text{ eV} = (1,60 \times 10^{-19} \text{ C})(1 \text{ V}) = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

35

Електрон волт

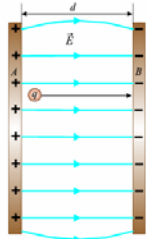
- Шта се изражава у електронволтима?
- енергија везе електрона у атомима
- енергије везе у молекулима
- енергија која је потребна да би се разорила веза у неким органским молекулима износи око 5 eV.
- 30 keV поседује протон убрзан напонам од 30 kV
- 500 MeV се ослобађа у нуклеарним распадима
- 7 TeV (10^{12}) у CERN-у има протонски снап

36

Електрични потенцијал у униформном електричном пољу

- постоји веза напона и енергије
- да ли постоји и веза напона и јачине електричног поља?

$$U = \varphi_B - \varphi_A = \frac{\Delta E_p}{q}$$



Slika 10.21: Електрично поље врши рад над наелектрисањем убрзavajuћи га од места вишег ка месту нижег потенцијала.

Електрични потенцијал у униформном електричном пољу

- рад који изврши електростатичка сила при померању наелектрисања из тачке А у тачку В униформног поља је

$$A = -\Delta E_p = -qU.$$

$$-U = -(\varphi_B - \varphi_A) = \varphi_A - \varphi_B = \varphi_{AB},$$

$$A = q\varphi_{AB}.$$

$$A = Fd.$$

$$F = qE$$

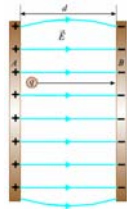
$$A = qEd$$

$$qEd = q\varphi_{AB}.$$

$$E = \frac{\varphi_{AB}}{d}.$$

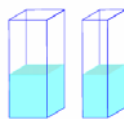
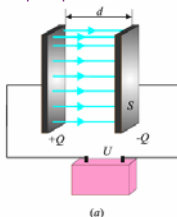
$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta r}$$

38



Кондензатори

- уређаји за складиштење наелектрисања (радио апарати, компјутери, блицери, за дефибрилацију у медицини, ...)
- електронеутрални су у целини
- од чега зависи количина електрицитета на плочама?
 - од напона
 - од физичких карактеристика самог кондензатора



(b)

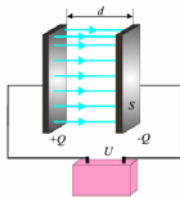
Кондензатори

- од чега зависи Q на облогама кондензатора?
- од јачине поља, јер свака линија полази са “+” наелектрисања а завршава се на “-” наелектрисању, $E \sim Q$
- како је $U=Ed$ следи да је $U \sim E$, односно **$Q \sim U$**
- за исти напон Q зависи и од физичких особина кондензатора што се описује његовом **капацитивношћу**

$Q = CU$. **капацитивност је количина наелектрисања која се ускладишти на облогама кондензатора при промени његовог напона за један волт.**

$C = \frac{Q}{U}$. **Јединица је Фарад** $1 \text{ F} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ V}}$.

Равни кондензатори



$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

Slika 10.23: Ravnii kondenzator površine ploča S čije je rastojanje d , prikačen na napon U .

- диелектрична пропустљивост (константа, пермеабилност) вакуума $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$.

41

Диелектрици

- На плоче кондензатора се може нагомилати лимитирана количина електрицитета
- при напону од $3 \times 10^3 \text{ V/mm}$ долази до пражњења у ваздуху па ће се кондензатор између чијих плоча је ваздух спонтано испразнити (пробијање)
- како да му повећамо капацитет?
- даље смањење растојања плоча доводи до лакшег пробијања
- решење – између плоча се убацује диелектрик па је капацитивност већа

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

Диелектрици

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

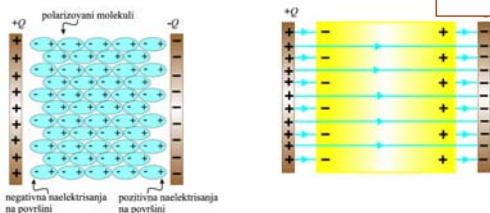
Materijal	Dielektриčna propustljivost ϵ_r	Dielektриčna otpornost (V/m)
Vakuum	1,00000	—
Vazduh	1,00059	3×10^6
Bakelit	4,9	24×10^6
Istopljeni kvarc	3,78	8×10^6
Naјlon	3,4	14×10^6
Papir	3,7	16×10^6
Polistiren	2,56	24×10^6
Silikonско ulje	2,5	15×10^6
Stroncijum titanat	233	8×10^6
Teflon	2,1	60×10^6
Voda	80	—

Tabela 10.1: Dielektриčna propustljivost i dielektриčna otpornost nekih materijala na 20 °C

43

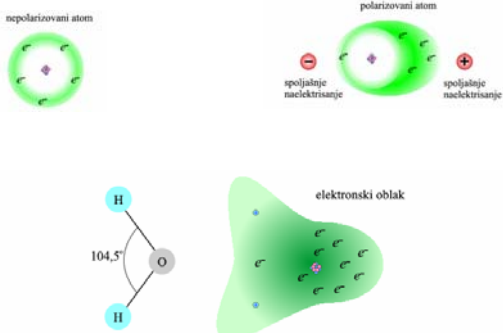
Диелектрици – повећање капацитивности кондензатора- поларизација

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$



- молекули диелектрика се поларизују. услед тога се на површини диелектрика ближо облогама кондензатора формира слој супротних наелектрисања услед чега на плоче долазе додатна наелектрисања – повећава јој се капацитивност
- диелектрик смањује услед поларизације јачину поља између плоча кондензатора – смањује се и напон између њих при истој количини наелектрисања на плочама. следи да има већу капацитивност

Објашњење поларизације



Slika 10.26: Polarizacija molekula vode. Elektrone više privlači jezgro kiseonika tako da na drugoj strani molekula, oko vodonikovih atoma, ostaje višak pozitivnog naelektrisanja.

Енергија ускладиштена у кондензатору

- Потенцијална енергија честице у електричном пољу је $E_p = qU$
- како напон расте од 0 до U не може да се примени ова формула одмах
- треба га усредњити $U_{sr} = (0+U)/2$
- енергија кондензатора је

$$E_C = Q \frac{U}{2} \qquad E_C = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

46

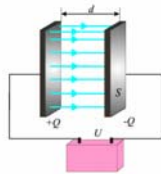
Енергија плочастог кондензатора

$$E_C = \frac{CU^2}{2} \qquad C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$U = Ed,$$

$$E_C = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2 S d.$$

$$E_C = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2 V.$$



- густина енергије електричног поља кондензатора

$$w_C = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2.$$

47

Електрична струја

- настаје услед кретања слободних носиоца електрицитета кроз проводну средину
- примери – акумулатор аутомобила, џепни калкулатор
- битна разлика?
- у броју наелектрисања која се у јединици времена пренесу
- стога се уводи величина под називом **јачина електричне струје** /

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t},$$

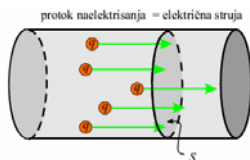
48

Јачина електричне струје

- јединица 1 A (Ампер)

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t},$$

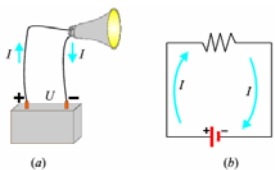
$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$



Slika 10.27: Protok naelektrisanja kroz provodnik.

49

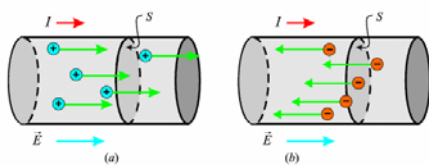
Просто струјно коло



Slika 10.28: (a) Prosto električno kola koje se sastoji od baterije, čiji su polovi provodnicima povezani sa potrošačem. (b) Sematski prikaz prostog strujnog kola gde su realni elementi zamenjeni odgovarajućim simbolima.

50

Физички и технички смер струје

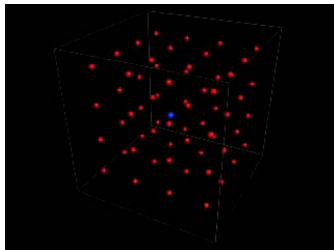


Slika 10.29: (a) Smer kretanja pozitivnih naelektrisanja (ona se kreću u pravcu polja) se poklapa sa tehničkim smerom struje. (b) Negativna naelektrisanja se kreću u smeru suprotnom od električnog polja, odnosno u smeru suprotnom od tehničkog smera struje.

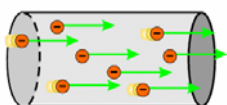
51

Брзина дрефта

- електрони у проводнику врше две врсте кретања
 - термално хаотично и
 - усмерено под дејством спољашњег поља – дрефт
- брзина преношења електричних сигнала је скоро па једнака брзини светлости 10^8 m/s
- а брзина дрефта износи свега 10^{-4} m/s
- како то?

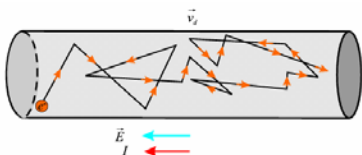


52



Slika 10.30: Kada naelektrisane čestice, pod uticajem polja, udje u neku zapreminu, jednak broj njih mora i da je napusti. Odbijanje istoimeno naelektrisanih čestica onemogućuje povećanje njihove koncentracije u datoj zapremini, pa se električni signal prenosi velikom brzinom kroz provodnik.

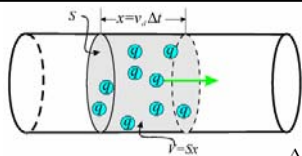
53



Slika 10.31: Slobodni elektroni u provodniku, pri kretanju doživljavaju veliki broj sudara sa atomima i drugim elektronima.

54

Брзина дрифта-наставак



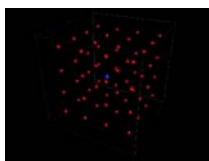
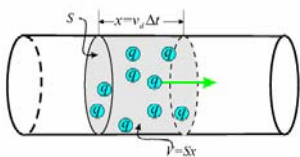
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

- ако је концентрација слободних наелектрисања у проводнику n , њихов број у осеченом делу проводника је $N=nSx$
- како сваки од њих носи наелектрисање q , у том делу проводника се налази $\Delta Q=qN=qnSx$
- јачина струје је

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{qnSx}{\Delta t} \quad I = nqSv_d$$

55

Брзина дрифта-наставак



- Брзина дрифта је у типичним проводницима реда 10^{-4} м/с!
- То је изузетно мала вредност
- Брзина хаотичног кретања је око 10^3 м/с

56

Омов закон

Каква је веза између електричног напона примењеног у колу (U), струје која протиче кроз њега (I) и отпорности (R)?

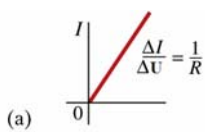


Georg Simon Ohm
(1789-1854)

$$I = \frac{U}{R}; \quad [I] = \frac{[U]}{[R]}; \quad A = \frac{V}{\Omega}$$

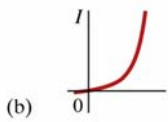
57

Смисао Омовог закона



(a)

$$I = \frac{U}{R}; [I] = \frac{[U]}{[R]}; A = \frac{V}{\Omega}$$



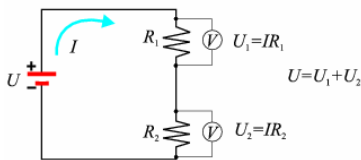
(b)

1. Електрична струја и напон су пропорционални једно другом.
2. Да ли Омов закон може да се примени на све отпорнике? НЕ. Нису сви отпорници “омски”!

58

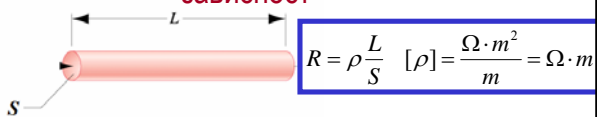
Коло са два отпорника

- збир пада напона на отпорницима је једнак напону извора – његовој електромоторној сили



59

Отпорност и њена температурна зависност



$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

$$R = \rho \frac{L}{S} = \frac{L}{\sigma S}$$

ρ - Специфична отпорност
 σ - Специфична проводност

Специфична отпорност (ρ) је карактеристика материјала.
 Специфична отпорност неког материјала (у СИ) је отпорност жице дужине 1 m попречног пресека 1 m² направљеној од тог материјала.

60

Materijal	Otpornost ρ ($\Omega \cdot m$)	Materijal	Otpornost ρ ($\Omega \cdot m$)
Provodnici		Poluprovodnici	
Srebro	$1,59 \times 10^{-8}$	Čisti ugljenik	$3,5 \times 10^{-5}$
Bakar	$1,72 \times 10^{-8}$	Ugljenik	$(3,5 - 60) \times 10^{-5}$
Zlato	$2,44 \times 10^{-8}$	Čisti germanijum	600×10^{-3}
Aluminijum	$2,65 \times 10^{-8}$	Germanijum	$(1 - 600) \times 10^{-3}$
Izolatori		Čisti silicijum	2300
Čilibar	5×10^{11}	Silicijum	0,1 - 2300
Staklo	$10^9 - 10^{14}$		
Teflon	$> 10^{14}$		

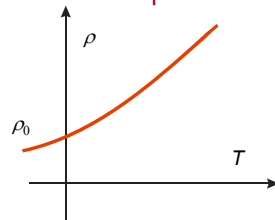
Tabela 10.2: Specifična otpornost raznih materijala na 20 °C

61

Температурна зависност отпорности

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

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



α – температурски koeficijent otpornosti.

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

62

Materijal	Temper. koeficijent otpornosti α ($1/^\circ C$)	Materijal	Temper. koeficijent otpornosti α ($1/^\circ C$)
Provodnici		Poluprovodnici	
Srebro	$3,8 \times 10^{-3}$	Čisti ugljenik	$-0,5 \times 10^{-3}$
Bakar	$3,9 \times 10^{-3}$	Čisti germanijum	-50×10^{-4}
Zlato	$3,4 \times 10^{-3}$	Čisti silicijum	-70×10^{-4}
Aluminijum	$3,9 \times 10^{-3}$		
Manganin (Cu, Mn, Ni)	$0,000 \times 10^{-3}$		

Tabela 10.3: Temperaturski koeficijent otpornosti α na 20 °C

63

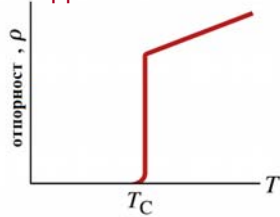
Суперпроводност

Испод критичне температуре T_C отпорност неких метала постаје нула. Тај феномен се зове

СУПЕРПРОВОДНОСТ

(откриће Хајке Камерлинг-Онеса, 1911. г., објашњено тек 1957. г.).

Нулта отпорност значи да бесконачно велика струја може да протиче кроз такав проводник чак иако је примењени напон релативно мали.



BSSCO – Бизмут – Стронцијум – Калцијум – Бакар – Оксид

Температура кључања/кондензовања T_C течног азота је 77 К, неки суперпроводници имају T_C изнад 90 К!

Електрична снага и енергија

- све сијалице у кући раде на напону од 220 Волти али немају исту снагу
- енергија коју наелектрисања стекну у електричном пољу зависи и од величине наелектрисања и од напона

$$E_p = qU.$$

- а снага је однос енергије и времена – брзина преношења енергије

$$P = \frac{E_p}{\Delta t} = \frac{qU}{\Delta t}$$

$$P = UI.$$

$$P = \frac{U^2}{R},$$

- јединица – Ват= 1 Волт x 1 Ампер

$$P = I^2 R.$$

- потрошња и цена електричне енергије?

$$E = Pt \quad 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

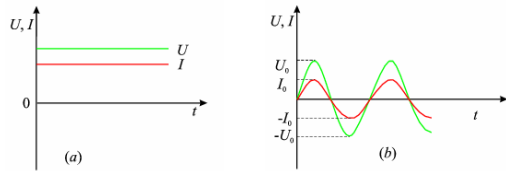
65

Наизменична струја

- батерије - извор **једносмерне** струје
 - константан напон и струја све док се батерија не испразни
- у кућној мрежи имамо **наизменичну**
 - напон варира са временом – нпр. као синусна функција

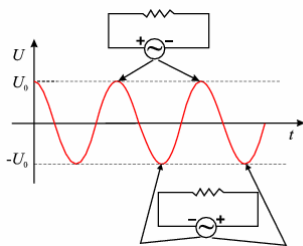
66

Наизменична струја



$$U = U_0 \sin(2\pi\nu t),$$
$$I = I_0 \sin(2\pi\nu t),$$

67



- Потенцијална разлика између полова извора наизменичног напона флукутира као на слици

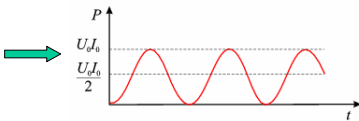
68

Снага и ефективне вредности струје и напона

- ако флукутира напон, флукутира и светлост сијалица.
- како да то не видимо?
- па превише је често да би наше око то регистровало (100x у секунди, $\nu=50 \text{ Hz}$)
- али то значи да и снага флукутира

69

Снага и ефективне вредности струје и напона

$$P = U_0 I_0 \sin^2(2\pi\nu t),$$


$$P_{sr} = \frac{1}{2} U_0 I_0.$$

$$I_{eff} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, \quad U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}.$$

70

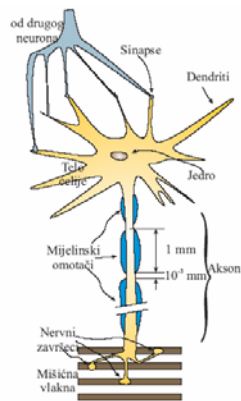
Нервни импулси

- Струје у нервима нам омогућују перцепцију света, контролу делова тела, размишљање, ...
- ЦНС – мозак и кичмена мождина
- Биоелектрицитет – електрични ефекти у биолошким системима
- Основни елемент нервног система је нервна ћелија - неурон

71

Изглед неурона

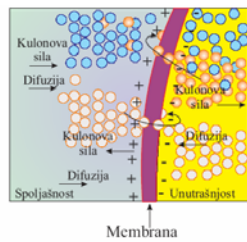
- Тело (сома) – прима електричне сигнале од других неурона преко синапси лоцираних на њему или његовим дендритима
- Аксон – нервно влакно које преноси електричне сигнале другим неуронима, ...



Slika 10.34: Izgledi neurona.

- Зид ћелије је окружен флуидима различитих концентрација јона и он је "полупропустљив" за њих
- Када је непобуђен пропушта јоне калијума и хлора који дифундују а не пропушта натријумове јоне
- Дифузијом настаје слој "+" и "-" наелектрисања на зиду. Кулонова сила спречава даљу дифузију
- Настаје напон од 70-90 mV ("-" јер је ван пот. Нула)
- $d=8 \text{ nm}$
- $E=U/d = 11 \text{ MV/m}$

$\bullet = \text{Na}^+$
 $\circ = \text{Cl}^-$
 $\circ = \text{K}^+$

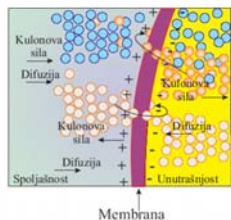


Slika 10.35: Stvaranje naelektrisanih slojeva na ćelijskoj membrani.

73

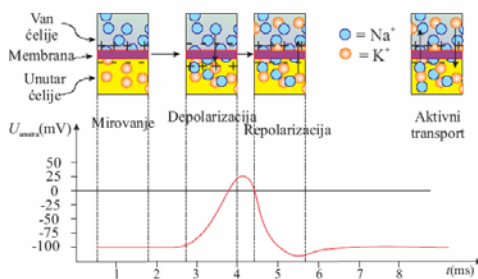
- Услед деловања неке побуде зид ћелије може да промени пермеабилност
- Јони натријума тада пролазе кроз њега и изазивају **неутрализацију - деополаризацију** зида а затим га учине позитивним
- Услед тога он постаје непропустан поново за натријум а кретање јона калијума га враћа у претходно стање тј. **Реполаризује**
- Овај низ догађаја се зове **акциони потенцијал**

$\bullet = \text{Na}^+$
 $\circ = \text{Cl}^-$
 $\circ = \text{K}^+$



Slika 10.35: Stvaranje naelektrisanih slojeva na ćelijskoj membrani.

74



Slika 10.36: Akcioni potencijal.

75
