

ФИЗИКА

Час број 12

Петак, 28. децембар 2012.

- Магнетне појаве

1

План рада до краја семестра

- Још један термин за наставу
 - 28. 12. 2012.
 - Треба нам још један: предлог 16.1. 2013.
- Треба да се организују
 - Термин за колоквијум из задатака 21.1.2013.
 - Други колоквијум из градива, 18. 1.2013.
 - Поправни колоквијум, 25.1.2013.
- ???.0?.2013. у 08.00, испит

2

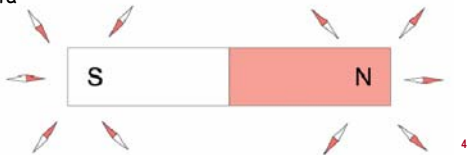
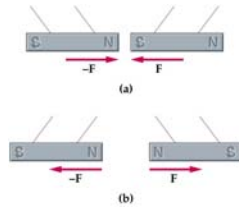
Магнети

- Откриће магнета-Магнезија (Мала Азија)
- прва употреба за навигацију – компаси
- због оријентације у правцу Земљиних полова и полови магнета су добили име – северни и јужни
- данас – примена – за добијање струје, медицинску дијагностику, снимање, брзи возови, ...

3

Магнети

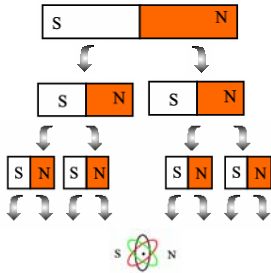
- Имају два пола (северни и јужни - North & South)
- Полови не могу да се одвоје
- Исти се одбијају, различити привлаче
- Џилбертов модел магнета



4

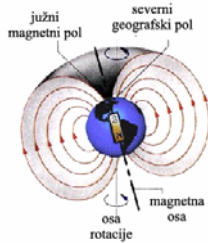
Дељење магнета – шта се добија?

- Ако наставимо да делимо магнете шта добијамо?
- Одвајање половина магнета је немогуће
- Докле уопште има смисла да делимо и шта се добија "на крају"?



5

Магнети



Slika 11.1: Zemljino magnetno polje.

6

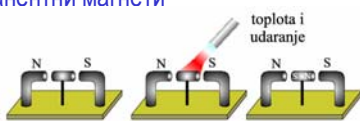
Феромагнети

- гвожђе, кобалт, гадолинијум, никал, - феромагнетици – јаке магнетне особине и способност да се намагнетишу

7

Феромагнети

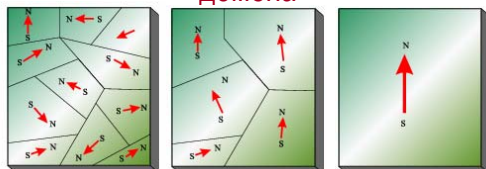
- перманентни магнети



Slika 11.3: Nenamagnetisani komad gvozdja se postavlja izmedju polova magneta, zagreva se i zatim hladi. Druga mogućnost je da se umesto zagrevanja lagano udara dok je u magnetnom polju. Gvozdje postaje permanentan magnet sa polovima kao na slici.

8

Феромагнети – процес обједињавања домена



- Киријева температура – изнад ње магнетик не може да се намагнетише (за гвожђе је 1043 K)

9

Електромагнети

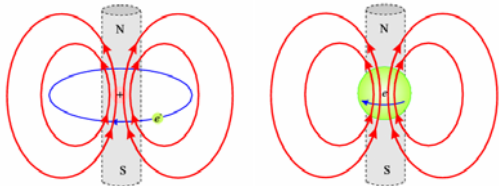
- Ерстед – почетак 19. века – показао да струја ствара око себе магнетно поље – проводник је електромагнет



10

“Елементарни” магнети

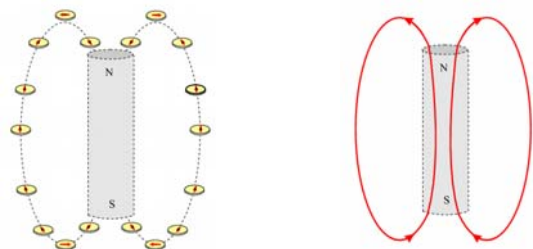
- закључак – магнетизам је последица струја – елементарни магнети припадају атомима и електронима



11

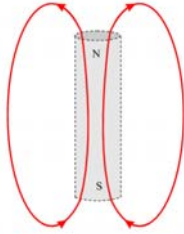
Линије магнетног поља

- графички представљају магнетно поље
- особине поља се испитују “пробним” магнетићима - компасима



Линије магнетног поља

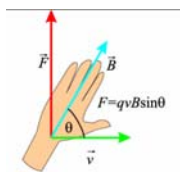
- правац магнетног поља у било којој тачки простора се поклапа са правцем тангенте на линију поља
- јачина поља је пропорционална густини линија поља.
- линије поља се никад не секу – следи да је поље у свакој тачки једнозначно одређено
- линије поља су непрекидне, формирају затворене петље – без почетка и без краја



13

Сила којом магнетно поље делује на наелектрисање у кретању

- Лоренцова сила



$$F = qvB \sin \theta$$

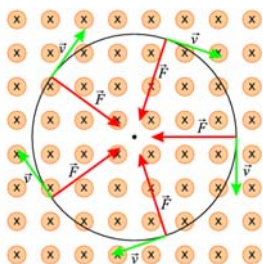
$$B = \frac{F}{qv \sin \theta}$$

$$1 \text{ T} = \frac{1 \text{ N}}{\text{C m/s}} = \frac{1 \text{ N}}{\text{Am}}$$

- стара јединица - гаус-G.
- 1 G=0,0001 T
- Земљино поље – 5×10^{-5} T
- најјачи перманентни магнети 2 T
- електромагнети, више од 10 T

14

Лоренцова сила – полупречник кружне путање



- Лоренцова сила се испољава као центрипетална

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

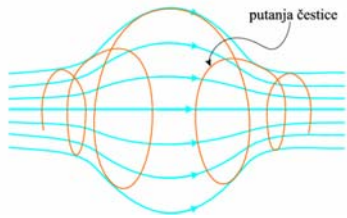
$$r = \frac{mv}{qB}$$

- Сила је под правим углом у односу на брзину – следи да не врши рад
- не мења се брзина по интензитету

- x ka papira
- o od papira

15

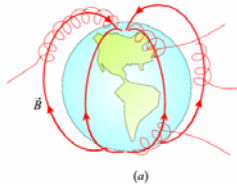
Магнетна боца. Деловање неуниформног поља



16

Аурора Бореалис

- ако брзина није под правим углом у односу на поље разлаже се на 2 компоненте: паралелну и нормалну.
- Паралелна се не мења



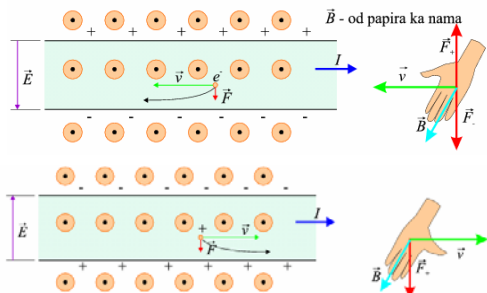
(a)



(b)

17

Холоф ефекат – стварање електромоторне силе



18

Холоф ефекат – електромоторна сила

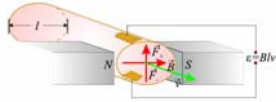
- процес раздвајања наелектрисања има границу – а то је када електрична и магнетна сила постану једнаке

$$qE = qvB,$$

$$E = vB.$$

$$E = \varepsilon/l,$$

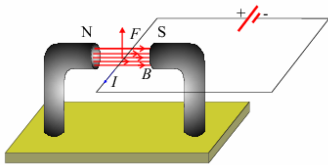
$$\varepsilon = Blv$$



19

Деловање магнетног поља на проводник са струјом

- у проводнику са струјом имамо наелектрисања која се крећу – магнетно поље делује на њих



20

Деловање магнетног поља на проводник са струјом

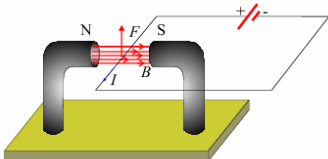
- брзина дрифта v_d
- сила је

$$F = qv_d B \sin \theta.$$

$$N = nV \quad V = lS$$

$$F = (nqSv_d)lB \sin \theta.$$

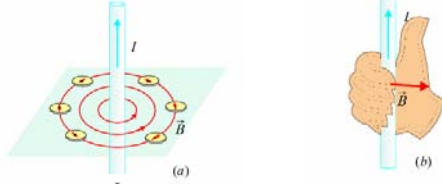
$$F = IlB \sin \theta,$$



21

Магнетно поље проводника са струјом. Амперов закон

- откриће Ерстеда из 1820.

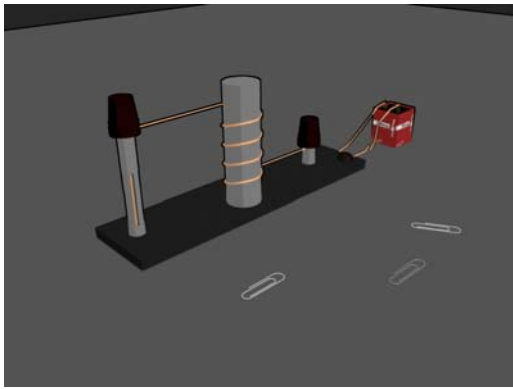


$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r},$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

- магнетна пропустљивост вакуума μ_0

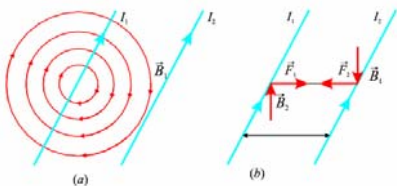
22



23

Магнетна сила између два проводника са струјом

- проводник ствара магнетно поље које делује на други проводник
- и обрнуто



$$F = I_2 l B_1 \sin \theta,$$

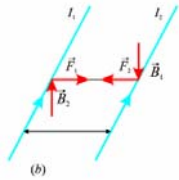
$$\downarrow$$

$$F_2 = I_2 l B_1.$$

24

Магнетна сила између два проводника са струјом

- проводник ствара магнетно поље које делује на други проводник



$$F = IlB \sin \theta,$$

$$\downarrow$$

$$F_2 = I_2 l B_1,$$

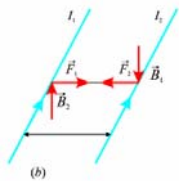
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r},$$

$$\rightarrow \frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}.$$

25

Магнетна сила између два проводника са струјом. Дефиниција ампера

- један ампер је струја која када протиче кроз два паралелна проводника бесконачне дужине, која су на растојању од 1 метра у вакууму и ван других магнетних поља, између њих изазива силу по јединици дужине од $2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$, сваког проводника



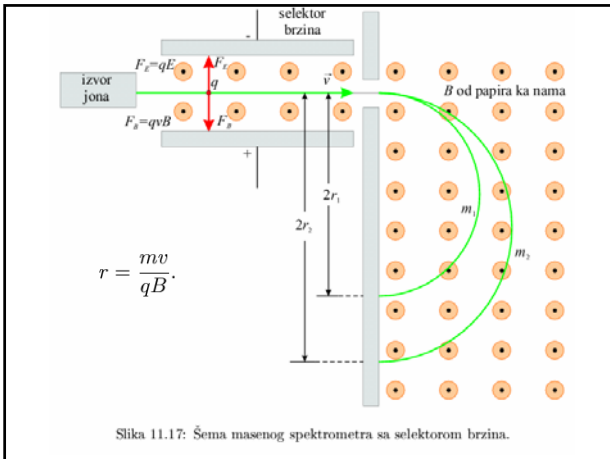
$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}.$$

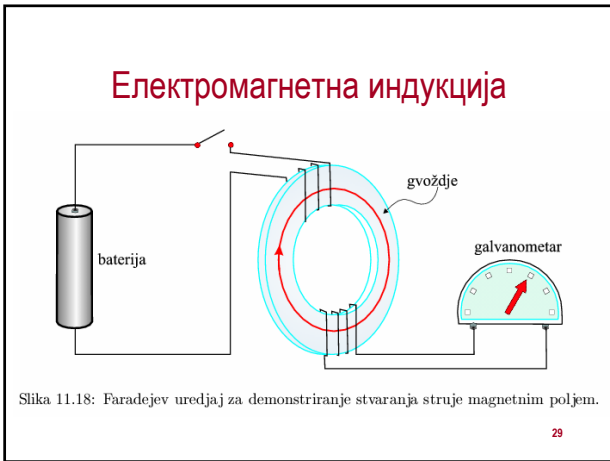
26

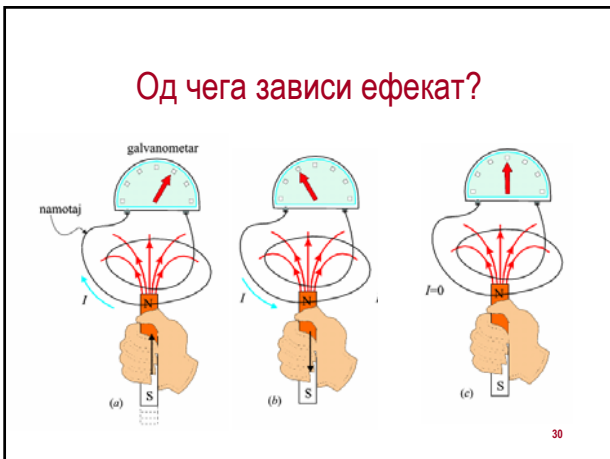
Примене магнетизма,

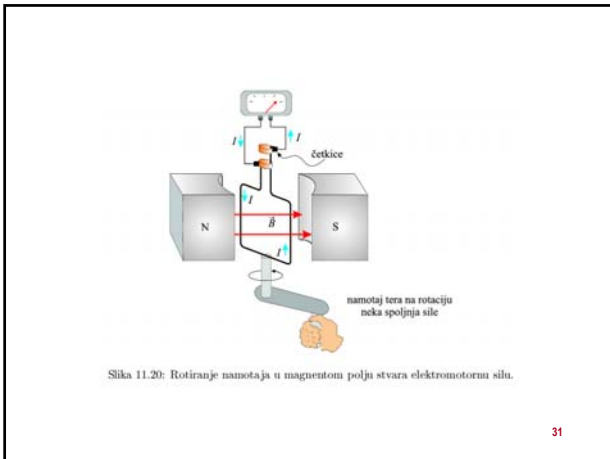
- магнетна спектрометрија
- катодне цеви
- возови који користе магнетну левитацију

27









Флукс магнетног поља

$\Phi = B S \cos \theta,$

- свака промена флукса изазива електромоторну силу

32

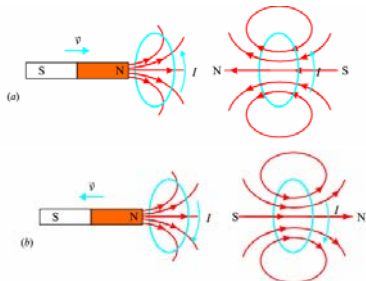
Фарадејев закон индукције и Ленцово правило

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

- индукована електромоторна сила (ЕМС) у свакој проводној контури има такво магнетно поље да оно компензује промену флукса која је изазвала његово стварање.
- (Јасно) објашњење знака “-” се назива Ленцовим правилом

33

Илустрација Ленцовог правила



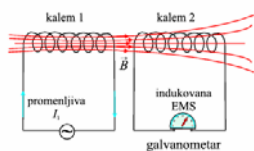
34

ИНДУКТИВНОСТ

- – Електромагнетна индукција – стварање ЕМС услед променљивог магнетног флукса
- Трансформатори – уређаји који се састоје од два кола. Промене у једном стварају могућност да се у другом индукује струја жељеног напона и јачине уз веома мале губитке у преносу.
- ефикасност оваквих уређаја се дефинише њиховом **индуктивношћу**

35

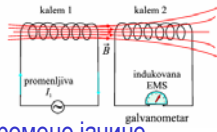
Међусобна индуктивност



Slika 11.24: Promene u prvom kalemu indukuju elektromotornu silu u drugom.

36

Међусобна индуктивност



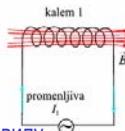
- флукс се мења само услед промене јачине струје у овом случају
- Промена струје у првом колу индукује ЕМС у другом
- М коефицијент међусобне индукције

$$\varepsilon_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}, \quad \varepsilon_1 = -M \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

јединица
коефицијента М је
Хенри, 1 H = 1 Vs/A

37

Самоиндукција



- према Фарадејевом закону и Ленцовом правилу **свака промена флукса** доводи до стварања ЕМС
- значи и у самом колу у коме се мења флукс се (само)индукује ЕМС по истим правилима као и у другом колу
- Самоиндукована ЕМС је, према томе

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

L – коефицијент самоиндукције
калема. Ако има N намотаја

$$\varepsilon = -N \Delta \Phi / \Delta t,$$

$$L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I}$$

38

Енергија магнетног поља

- Ленцово правило – индукција/индуктивност у колу се увек супротставља промени флукса-слично као што је маса тела мера супротстављања промени стања кретања.
- по аналогији постоји и одређена енергија (за масу и брзину се везује кинетичка механичка), која зависи од L и I

$$E_L = \frac{1}{2} L I^2$$

густина енергије
магнетног поља је

$$w_L = \frac{1}{2\mu_0\mu_r} B^2$$

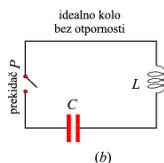
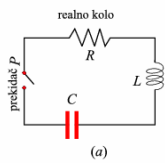
39

Осцилације у електричним колима

- Осцилације у механици – под деловањем хармонијске силе (Хуков закон) $F = -kx$
- мењала се елонгација, брзина, убрзање у зависности од времена
- У електричним колима такође постоје осцилације – мењају се нпр. струја и напон

40

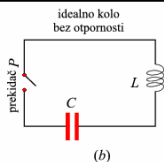
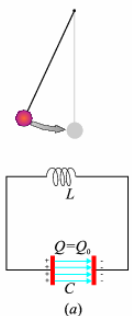
Осцилације у електричним колима



- Параметри реалног кола су отпорност R , индуктивност L и капацитивност C
- Отпорност је аналогна трењу код механичког осцилатора
- занемаримо је

41

Осцилације у електричним колима

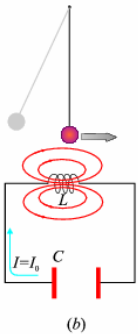


- Пуњење кондензатора (пре затварања прекидача P) наелектрисањем Q_0 је аналогно извођењу клатна из равнотежног положаја.
- Напон на кондензатору је

$$U = Q/C,$$

42

Осцилације у електричним колима

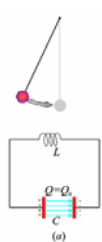


- Затворимо прекидач P. Кондензатор почиње да се празни и кроз коло тече струја (наелектрисања). На крају тог дела циклуса кондензатор је празан – напон на његовим плочама је нула (обе су на истом потенцијалу)
- Услед протока наелектрисања, мењало се са временом наелектрисање на облогама кондензатора $Q(t)$ и струја кроз коло и калем $I(t)$.
- Услед промене струје на калему се индукује напон (индукована ЕМС) такав да се супротставља промени која га је изазвала (Ленцово правило)

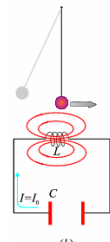
$$U = -L\Delta I/\Delta t.$$

43

Осцилације у електричним колима



$$U = Q/C,$$



$$U = -L\Delta I/\Delta t.$$

- ова два напона су једнака, па следи

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} + \frac{1}{LC}Q = 0.$$

- Једначина има исту форму са једначином која важи за механичке осцилације

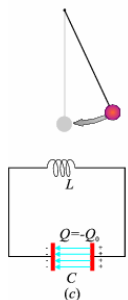
$$\frac{\Delta x}{\Delta t} + \frac{k}{m}x = 0,$$

- и решење јој је аналогно

$$Q = Q_0 \cos \omega t$$

44

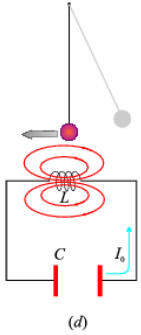
Осцилације у електричним колима



- наредна фаза – поновно пуњење кондензатора на рачун енергије магнетног поља калема
- а након тога његово пражњење

45

Осцилације у електричним колима



- пражњење кондензатора
- сада струја тече у супротном смеру

(d)

46

Осцилације у електричним колима



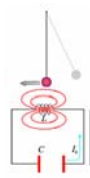
47

Осцилације у електричним колима



48

Осцилације у електричним колима



49

Фреквенција и период осцилација у електричним колима

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} + \frac{1}{LC}Q = 0.$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} + \frac{k}{m}x = 0,$$

$$Q = Q_0 \cos \omega t$$

- поређење даје да је угаона фреквенција ω

$$\omega = \sqrt{1/(LC)}.$$

- фреквенција и период сопствених осцилација ν су

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}},$$

$$T = 2\pi \sqrt{LC}.$$

50

Електромагнетни таласи

- Максвелове једначине (1831-1879) – сумирају сво тадашње знање о електромагнетизму
 1. Линије електричног поља имају свој почетак и крај. Оне почињу на позитивним а завршавају се на негативним наелектрисањима. Јачина електричног поља је дефинисана као сила по јединичном пробном наелектрисању, док је интензитет силе повезан са диелектричном пропустљивошћу вакуума ϵ_0
 2. Линије магнетног поља су затворене линије, немају ни почетак ни крај. Интензитет силе магнетног поља је повезан са магнетном пропустљивошћу вакуума μ_0
 3. Променљиво магнетно поље ствара (индукује) електромоторну силу, односно електрично поље. Смер индуковане електромоторне силе је такав да се супротставља промени у магнетном пољу која ју је изазвала.
 4. Магнетно поље стварају наелектрисања у кретању или променљиво електрично поље.

51

Максвелове једначине - последице

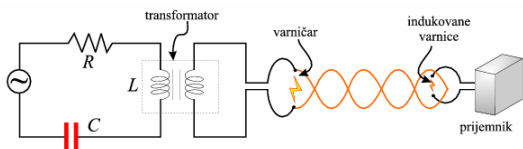
- оне нису само обједињени и другачији запис дотадашњег знања
- указују на симетрију између промене електричног поља и добијања магнетног на основу тога и обрнуто
- закључак, осциловање у колима са наизменичном струјом креирају променљива поља која се потом преносе кроз простор – формирају се **електромагнетни таласи**
- из Максвелових једначина је осим тога следило да је њихова брзина једнака брзини светлости у вакууму $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$.
- **закључак: светлост је електромагнетни талас**

52

Максвелове једначине - последице

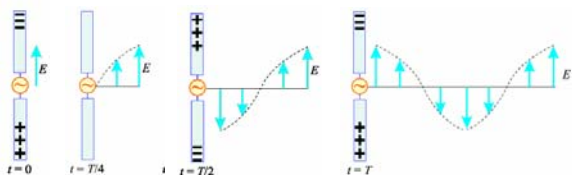
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

- то је била теорија – није било експерименталне потврде
- а онда је Хајнрих Херц, 1887. године почео да врши експерименте са RLC колима (кола са отпорницима, калемима и кондензаторима која су осциловала)
- **доказао егзистенцију EM таласа које је емитовало коло**



53

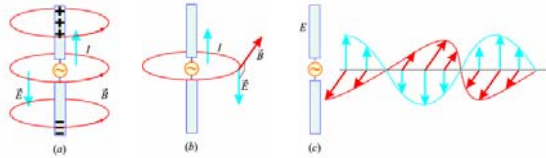
Генерисање електромагнетних таласа



- жица са извором наизменичне струје - **антена**
- шта је са магнетним пољем?
- да пробамо да га одредим правилном десне шаке?

54

Магнетно поље ЕМ таласа



- жица са извором наизменичне струје – антена
- правило десне шаке
- закључак – ЕМ талас је трансверзалан
- осим тога важи

$$\frac{E}{B} = c.$$

55

Спектар ЕМ таласа



упоређени са димензијама ...



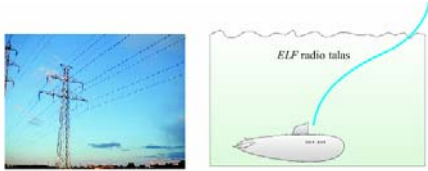
56

Радио таласи

- назив потиче од врсте таласа за преношење сигнала између радио апарата
- извор осцилаторна кола – као што је и описано
- разни опсези
 - AM, FM, TV
 - ELF (Extremely Low Frequency), ...

57

- најниже фреквенције 60 Hz у далеководима
- ELF 1 kHz за комуникацију са подморницама – слабо их апсорбује слана вода
- AM – амплитудна модулација, у области 540-1600 kHz
- FM – фреквентна модулација, у области 88-108 kHz



Slika 11.31: (a) Dalekovi. (b) Da bi talas mogao da dodje do podmornice mora da ima veoma veliku talasnu dužinu, odnosno ekstremno nisku frekvenciju (ELF).

- модулација – поступак за уметање информације (звучне или видео) у EM талас
- носећи талас има фреквенцију радио станице



Slika 11.32: Noseći, zvučni i amplitudno modulisani signal.



Slika 11.32: Noseći, zvučni i frekventno modulisani signal.

59

Микроталаси

- таласи највише фреквенције коју могу да произведу осцилаторна кола
- област 10^9 - 10^{12} Hz
- због мале таласне дужине добили су име микро
- зраче их и атоми и молекули при термалном кретању
- погодни за комуникацију јер као таласи више фреквенције носе више информација по јединици времена
- радар – уређај који ради користећи њих
- доплеров ефекат за одређивање брзине аутомобила
- микроталасна рерна – апсорбују их молекули воде
- космос зрачи као црно тело температуре 2,7 K у овој области

60

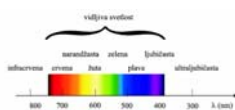
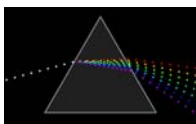
Инфрацрвено зрачење

- настаје услед термалног кретања, осциловања и ротирања атома и молекула
- област иде до видљивог дела (црвене боје у спектру)
- молекул воде ротира и осцилује на фреквенцијама које спадају у ову област
- сунце зрачи у овој области око 50% свог зрачења, као тело температуре око 6000 K
- Земља такође али много мање интензивно
- **заправо све (што није на апсолутној нули) зрачи у овој области!**

61

Видљива светлост

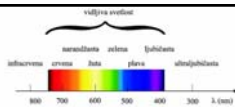
- узани део спектра на који је људско око осетљиво
- оптика се бави овом облашћу углавном
- када интерагује са телима већим од таласне дужине зрачења светлост се простире као зрак-честица праволинијски (геометријска оптика)
- ако су тела реда величине таласне дужине, понаша се као талас (таласна или физичка оптика)



62

Ултраљубичасто зрачење

- "изнад" љубичастиг зрачења
- таласне дужине између 380 до 10 nm, преклапају се мало са X-облашћу
- откривено 1801. године као невидљива за око компонента Сунчевог зрачења
- део (опаснији) апсорбује озон
- опасно за жива бића
- користи се за стерилизацију
- ствара витамин D у кожи
- и тамњење коже
- зауставља га стакло



63

Рентгенско зрачење

- експерименти са електричним пражњењима у гасовима при високим напоним су били у моди 50-их година 19. века
- откривено је да постоји **непознато** ЕМ зрачење високе фреквенције и невидљиво за очи – названо је X-зрачење
- у ствари настаје на два начина – кочењем брзих електрона и избијањем електрона са унутрашњих нивоа (близу језгра)
- на живе ћелије делује као УВ, оштећује их
- уништава брзоделеће ћелије рака
- употреба – за добијање слика тела непровидних за видљиву светлост – успешност у пролажењу зависи од густине делова тела
- Рентген 1901. године добио прву Нобелову награду за физику
- користе се и за испитивање кристалних структура

64

Гама зрачење

- нуклеарни распади откривени 1896. године
- убрзо је установљено да су праћени са три врсте "зрачења"
- најпродорније је добило назив γ -зрачење
- електромагнетни талас високе (највише) фреквенције
- емитују га језгра атома
- такође у реакторима, нуклеарном оружју, итд.
- употреба, за стерилизацију, зрачење оболелог ткива
- високоенергетски зраци овог типа долазе и из васионе као део космичког зрачења

65

Енергија електромагнетних таласа

- повезана са пољима која чине талас (Е и В)
- за синусоидални талас средњи интензитет (снага (енергија по јединици времена) по јединици површине) на три начина

$$I = c \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2},$$

$$B = E/c,$$

$$I = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0}.$$

$$I = c \frac{B_0^2}{2\mu_0},$$

$$\epsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2).$$

66
