

## Наставна средства физике



---

---

---

---

---

---

---

---

### Класификација 3 – прилагођена обради 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

2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Наставна средства из електростатике и електродинамике



- Наставна средства из електростатике
- НС из магнетизма
- МС из електромагнетизма

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС из електростатике



- Средства за добијање статичких наелектрисања
- Индикатори наелектрисања
- Модели у електростатици

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС из магнетизма



- Магнети и магнетне игле
- Модели у области наставе о магнетизму
- Инструменти из магнетизма

5

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС из електромагнетизма



- Извори електричне струје
  - Хемијски извори струје
  - Мрежни исправљачи као извори струје
  - Извор наизменичног напона
- Електрични мерни инструменти
  - Основни делови електричних мерних инструмената
  - Основни параметри електричних мерних инструмената
  - Принцип рада електричних мерних инструмената
  - Проширивање мерног опсега амперметра и волтметра
  - Универзални мерни инструмент

6

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС из електромагнетизма



- Демонстрациони електрични мерни инструменти. Амперметар, волтметар, галванометар, ватметар
- Елементи струјних кола
  - Отпорници
  - Кондензатори
  - Индуктивни калемови и трансформатори
- Апарати, уређаји и модели у електромагнетизму
- Комплекти делова у електромагнетизму

7

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС из електростатике



- Средства за добијање статичких наелектрисања
- Индикатори наелектрисања
- Модели у електростатици



---

---

---

---

---

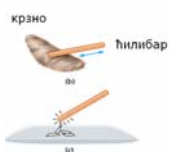
---

---

---

## Електростатика

- античка грчка, 500 п.н.е. – Њилибар привлачи комаде сламе када се протрља
- трење њонова 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 (свилена тканина након трљања о стакло)
- Ебонитна шипка (чврста пластика) – негативно наелектрисање - вунена/животињско крзно позитивно наелектрисање

10

---

---

---

---


---

---

---

---

- Шарл де Фе – први показао постојање два типа наелектрисања
  - смоласто и
  - стакласто
- Бенџамин Френклин (1706-1790) им је дао данашње називе



11

---

---

---

---

---

---

---

---

### Наелектрисања, електрони, протони

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

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

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


**1C (Coulomb=Кулон)=  
6.25 x 10<sup>18</sup> електрона!!!**

Неутрони нису наелектрисани

$$|q_e| = |q_p|$$

$$m_p = 1836 m_e$$

$$m_p \approx m_n$$

12

---

---

---

---

---

---

---

---

## Наелектрисавање тела

- Атом је неутралан
- Раздвајање наелектрисања – трењем
- 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?

13



---

---

---

---

---

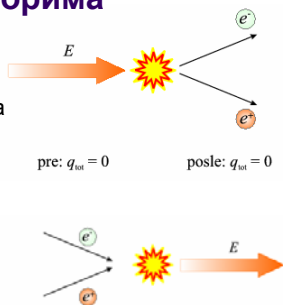
---

---

---

## У акцелераторима

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



14



---

---

---

---

---

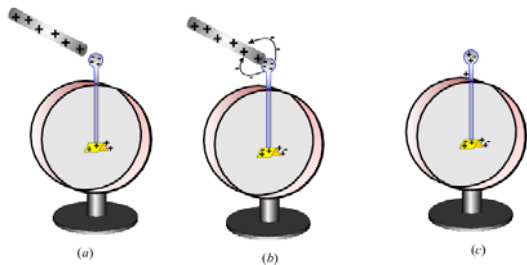
---

---

---

## Наелектрисавање контактом

- Електроскоп



15



---

---

---

---

---

---

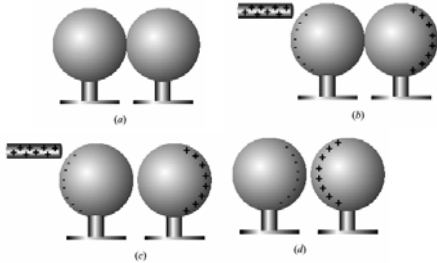
---

---

## Наелектривање индукцијом. Поларизација



- наелектривање без додира – први начин



16

---

---

---

---

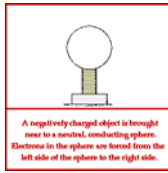
---

---

---

---

## Наелектривање индукцијом. Поларизација “-” шипка



17

---

---

---

---

---

---

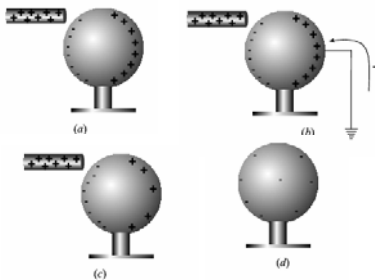
---

---

## Наелектривање индукцијом. Поларизација “+” шипка



- наелектривање без додира – други



18

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС за добијање статичких наелектрисања



- Једноставна
  - Стаклена шипка/свила
  - Ебонитна шипка/крзно
- Сложенија
  - Електрофор
  - Инфлуентна машина
  - Ван де Графов генератор

19

---

---

---

---

---

---

---

---

## Електрофор



- Изумитељ(и)
  - Швеђанин Johan Carl Wilcke, 1762
  - Алесандро Волта, 1775
  - Бенџамин Френклин (18. век)
- електрон + феро - носилац/ималац наелектрисања
- <http://osnove.tel.fer.hr/pokusioe/ELEKTR OFOR/Elektrofor1.htm>
- Конструкција једноставног електрофора
  - [http://www.as.wvu.edu/phys/rotter/phys201/6\\_Electricity/Electrostatics.htm](http://www.as.wvu.edu/phys/rotter/phys201/6_Electricity/Electrostatics.htm)

20

---

---

---

---

---

---

---

---

## Конструкција једноставног електрофора



21

---

---

---

---

---

---

---

---

## Инфлуентна (електрофорна) машина

- Конструисана око 1880. од стране Британског изумитеља Џејмса Уимшрста
- Електростатички генератор високог напона (100 000 Волти)
- Примена
  - Наелектрисавање тела
  - Пуњење кондензатора
  - Напајање вакуумских цеви, ...



22

---

---

---

---

---

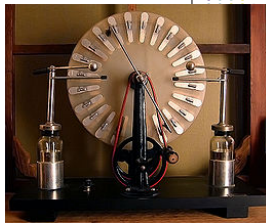
---

---

---

## Инфлуентна (електрофорна) машина

- Делови
  - Два диска од изолатора – ротирају у супротним смеровима и имају равномерно распоређене алуминијумске сегменте
  - Два кондензатора типа лајденске боце – капацитивности по 500 pF
  - Два пара четкица на крајевима двеју металних шипки
  - Два покретна метална лоптаста проводника између којих скаче ватрица
- <http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=Zilvi9tS0Og&feature=endscreen>



23

---

---

---

---

---

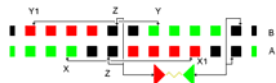
---

---

---

## Инфлуентна (електрофорна) машина

- Шема рада инфлуентне машине
  - Сектори су представљени покретним квадратима, контактне четкице стрелицама.
  - Црвена боја – позитивна наелектрисања, зелена - негативна



24

---

---

---

---

---

---

---

---



## Ван де Графов генератор

- Електростатички генератор за добијање веома високих напона - милиони волти
- Али је струја реда микроампера
- Користи покретну траку за прикупљање наелектрисања на шупљој металној кугли



---

---

---

---

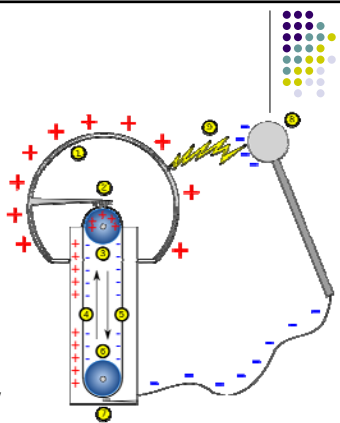
---

---

---

---

1. Позитивно наелектрисана шупља метална сфера
2. Електрода са четкицом
3. Горњи ваљак од изолацијског материјала
4. Страна траке са позитивним наелектрисањем
5. Супротна страна траке са негативним наелектрисањем
6. Доњи проводни ваљак
7. Уземљена доња електрода
8. Узмљена кугла која служи за пражњење горње сфере
9. Искра произведена разликом потенцијала
10. <http://www.youtube.com/watch?v=SAqIVF7g2rc>



26

---

---

---

---

---

---

---

---

## Индикатори наелектрисања

- Електростатичко клатно
  - Куглица од зовине, сунцокретове сржи, алуминијумске фолије или неког другог лаког изолаторског материјала обешена о свилени или најлонски конац
  - Приближавањем наелектрисаном телу помера се из равнотежног положаја и тако показује присуство наелектрисања на телу
- Електроскоп
- Електрометар

27

---

---

---

---

---

---

---

---

## Електростатичко клатно



---

---

---

---

---

---

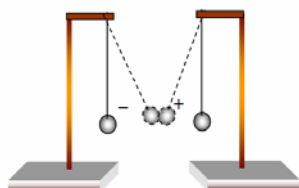
---

---

## Електростатичко клатно



- Две врсте наелектрисуња и разелектрисувања



Slika 3.2 – 2  
Razelektirisavanje

---

---

---

---

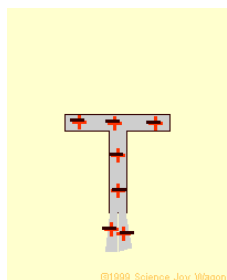
---

---

---

---

- Већина тела у природи је електронеутрална
- Степен наелектрисаности се одређује електроскопом



30

---

---

---

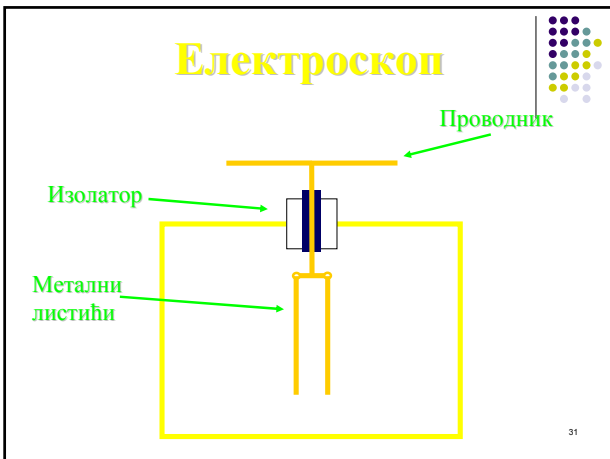
---

---

---

---

---




---

---

---

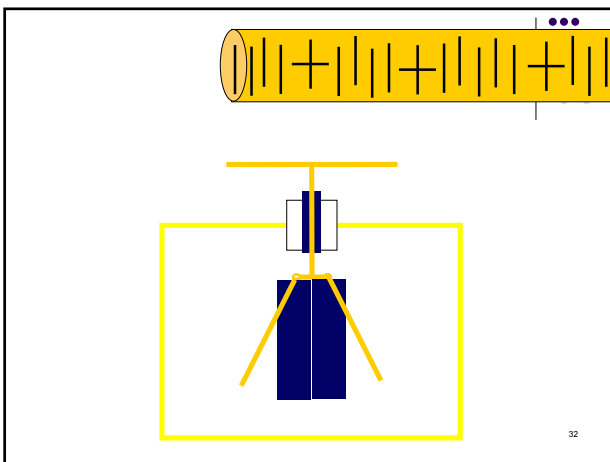
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

## Електроскоп/електрометар

- Је у ствари кондензатор одређене капацитивности,  $Q=CU$ , може да се отклони максимално за напон од око 4 kV
- Око 5 pF

33

---

---

---

---

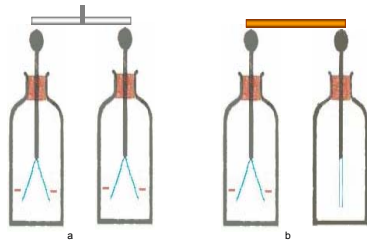
---

---

---

---

## Једноставна реализација електроскопа



Slika 3.3 – 2  
a – електроскопи спојени проводником  
b – електроскопи спојени изолатором

34

---

---

---

---

---

---

---

---

- Кулонов закон и Кулонова вага



---

---

---

---

---

---

---

---

## Модели у електростатици

- Линије електричног поља
  - Електростатичке перјанице (“вишеструки електроскоп”)
- Еквипотенцијалне тачке, линије, површи

36

---

---

---

---

---

---

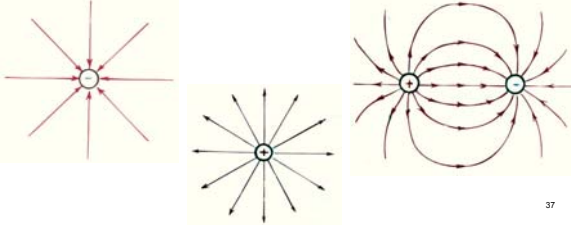
---

---

## 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



37

---

---

---

---

---

---

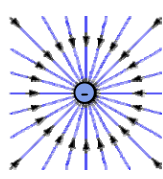
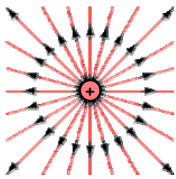
---

---

---

---

"+" 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

- .....
- .....
- .....

38

---

---

---

---

---

---

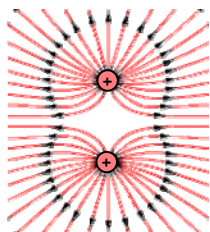
---

---

---

---

Електрично поље два позитивна тачкаста наелектрисања



39

---

---

---

---

---

---

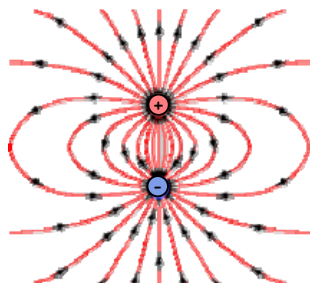
---

---

---

---

Електрично поље једног позитивног и једног негативног тачкастог наелектрисања



40

---

---

---

---

---

---

---

---

## Перјаница



Slika 3.4 – 1  
Naelektrisana perjanica

41

---

---

---

---

---

---

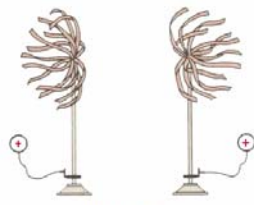
---

---

## Перјаница



Slika 3.4 – 2  
Oblik električnih linija sila kod raznoimenih naelektrisanja



Slika 3.4 – 3  
Oblik električnih linija sila kod istoimenih naelektrisanja

42

---

---

---

---

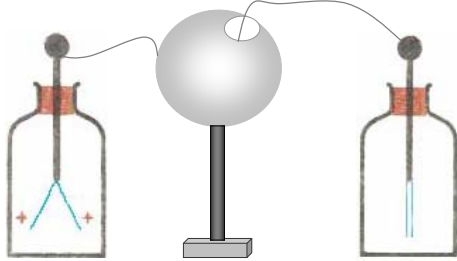
---

---

---

---

## Расподела наелектрисиња на проводницима



Slika 3.5 - 1  
Naelektirisana na provodniku

43

---

---

---

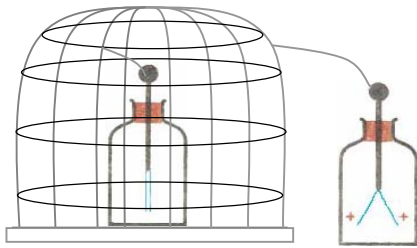
---

---

---

---

---



Slika 3.5 - 2  
Faradejev kavez

44

---

---

---

---

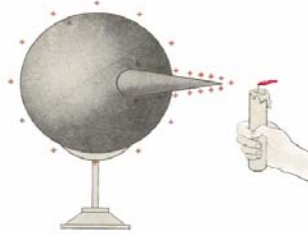
---

---

---

---

## Тела са шиљком - громобран



Slika 3.5 - 3  
Sveća u blizini šiljka

45

---

---

---

---

---

---

---

---

## Модел громобрана



Slika 3.6 – 1  
Model Frenklinovog громобрана

46

---

---

---

---

---

---

---

---

- Балони су наелектрисани истоименим наелектрисињима.
- Ако су "-", кад се приближи игла између њих електрони у металу, услед индукције, скупе на доњи крај игле и преко руке одлазе у земљу.
- Врх игле је сада позитивно наелектрисан и привлачи негативно наелектрисане балоне.
- На позитивно наелектрисаном шпичу долази до пражњења.
- Линије електричног поља у близини шпича су велике густине
- У ваздуху су присутни носиоци наелектрисиња, (настали космичким зрачењем), који у јаком пољу имају довољну енергију да врше даљу јонизацију.
- Настали јони разелектришу балоне.

47

---

---

---

---

---

---

---

---

- Колбеова електростатичка мрежица
  - Показује да се наелектрисиња распоређују по спољњој површи тела
  - Савитљива мрежица која има папирне листиће

48

---

---

---

---

---

---

---

---



## 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

49

---

---

---

---

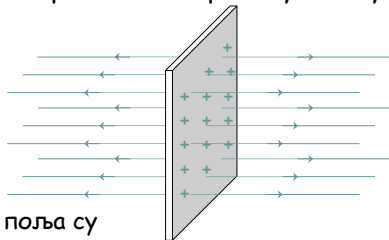
---

---

---

---

## Електрично поље за велику "+" равномерно наелектрисану плочу



Линије поља су

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

50

---

---

---

---

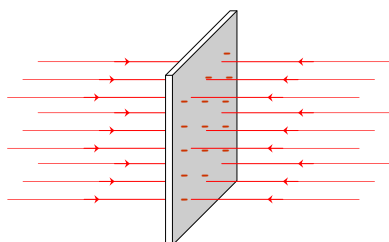
---

---

---

---

## Електрично поље велике "-" равномерно наелектрисане плоче



51

---

---

---

---

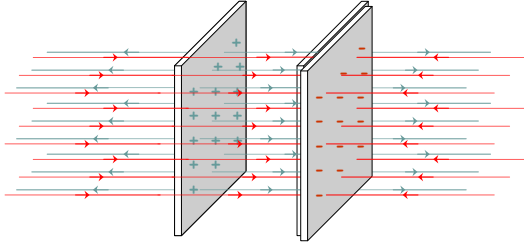
---

---

---

---

### Електрично поље пара паралелних супротно наелектрисаних плоча



52

---

---

---

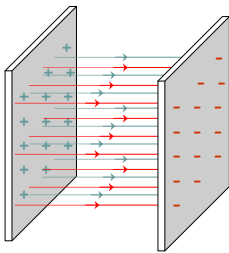
---

---

---

---

---



53

---

---

---

---

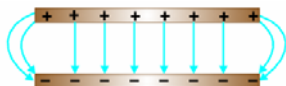
---

---

---

---

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



Slika 10.15: Električno polje između dve paralelne, suprotno naelektrisane ploče.

54

---

---

---

---

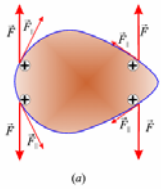
---

---

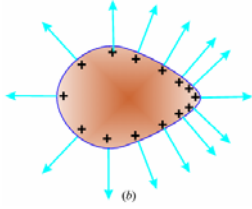
---

---

- Распредела наелектрисања на неуниформном проводнику



(a)



(b)

55

---

---

---

---

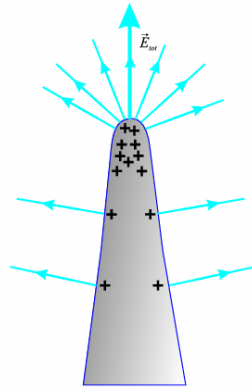
---

---

---

---

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




---

---

---

---

---

---

---

---

## Модел кондензатора

- Расклопиви кондензатор



57

---

---

---

---

---

---

---

---

- Лајденска боца
- [Ewald Georg von Kleist](#) 1745. (медицинска боца)
- [Pieter van Musschenbroek](#) у Лајдену
- Кондензатор облика чаше



Slika 7-7 Lajdenska boca

---

---

---

---

---

---

---

---

- Цилиндрични кондензатор
- диелектрик између два проводна слоја
- Један је фолија а други ексер са водом – између је пластика или стакло



Slika 7-7 Lajdenska boca

59

---

---

---

---

---

---

---

---

- “+” наелектрисан електрофор дотакне ексер
- Електрони иду са ексера на електрофор
- Ексер ће бити “+” наелектрисан а облога боце “-”



Slika 7-8 Punjenje Lajdenske boce



Slika 7-9 Pražnjenje boce

---

---

---

---

---

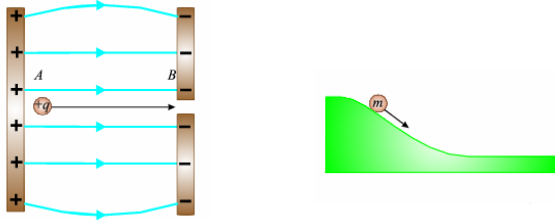
---

---

---

## Електрични потенцијал и напон

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




---

---

---

---

---

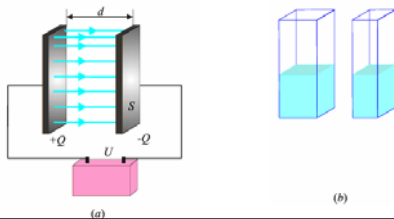
---

---

---

## 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




---

---

---

---

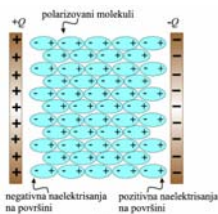
---

---

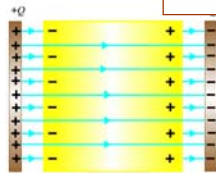
---

---

## Диелектрици – повећање капацитивности кондензатора-поларизација



- 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

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

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС из магнетизма

- Магнети и магнетне игле
- Модели у области наставе о магнетизму
- Инструменти из магнетизма



64

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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 - левитација, ...



65

---

---

---

---

---

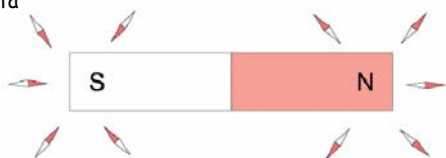
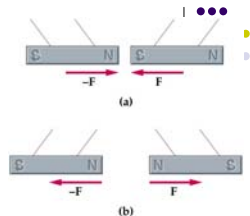
---

---

---

## Магнети

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



66

---

---

---

---

---

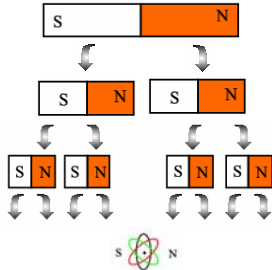
---

---

---

## Дељење магнета – шта се добија?

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



67

---

---

---

---

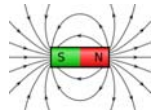
---

---

---

---

- Боје у означавању полова?



68

---

---

---

---

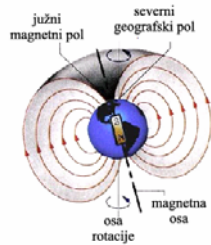
---

---

---

---

## Магнети



Slika 11.1: Zemljino magnetno polje.

69

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС



- **Магнети**
  - Шипкасти
  - Потковичасти – појачавају поље у једном делу простора и чине га приближнијим хомогеном – користе се код инструмената са покретним калемом
  - Прстенасти магнети

70

---

---

---

---

---

---

---

---

## НС



- **Магнетна игла са стожером**
- **Чување:**
  - спаривањем - спајају се супротни полови
  - Не треба да падају
  - Ни да се греју

71

---

---

---

---

---

---

---

---

## Модели у области магнетизма



- **Модел “молекуларне грађе” магнета**
  - Затворена кутија са зидовима од провидног материјала у којој се налази 20 магнетних игала
  - Лаким ударцима се постигне њихова хаотична оријентација
  - Приближи се онда перманентни магнет који изазива оријентацију у једном смеру
  - Тиме је моделирано намагнетисавање спољашњим магнетним пољем

72

---

---

---

---

---

---

---

---



## Модели у области магнетизма



- Гвоздени опилци за приказ изгледа линија магнетног поља

73

---

---

---

---

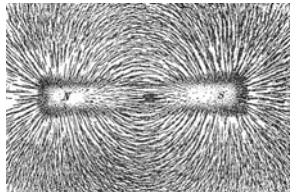
---

---

---

---

## Опилци и магнетно поље



74

---

---

---

---

---

---

---

---



75

---

---

---

---

---

---

---

---

## Наставна средства из електромагнетизма



- Извори електричне струје
- Хемијски извори струје
- Мрежни исправљачи као извори струје
- Извори наизменичног напона
  - Трансформатори

76

---

---

---

---

---

---

---

---

## Наставна средства из електромагнетизма



- Електрични мерни инструменти
  - Основни делови електричних мерних инструмената
  - Основи параметри електричних мерних инструмената
  - Принцип рада електричних мерних инструмената
  - Проширивање мерног опсега амперметра и волтметра
  - Универзални мерни инструмент

77

---

---

---

---

---

---

---

---

## Наставна средства из електромагнетизма



- Демонстрациони електрични инструменти. Амперметар, волтметар, галванометар, ватметар.
- Елементи струјног кола
  - Отпорници
  - Кондензатори
  - Индуктивни калемови и трансформатори
- Апарати, уређаји, модели у електромагнетизму
- Комплекти делова за огледе из електромагнетизма
  - Комплет за једносмерну струју
  - Комплет за наизменичну струју

78

---

---

---

---

---

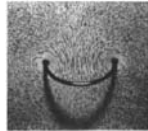
---

---

---

## Електромагнети

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



79

---

---

---

---

---

---

---

---

## Извори струје

80

---

---

---

---

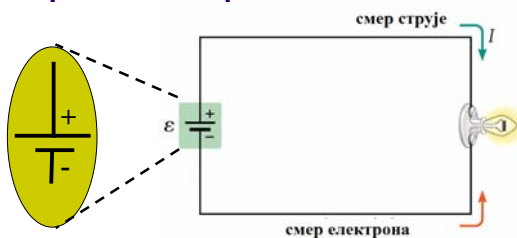
---

---

---

---

## Просто електрично коло



Конвенција: смер струје је смер кретања слободних позитивних наелектрисања (када би их било): од позитивног пола извора ка негативном!

---

---

---

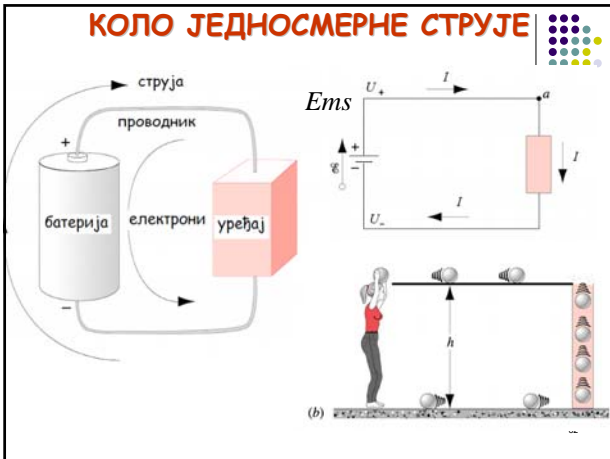
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Електромоторна сила ( $\mathcal{E}$ - $\varepsilon$ )

- У извору електричне енергије се неелектрична енергија (механичка, топлотна, хемијска, светлосна, ...) претвара у електричну.
- Нелектрисања се раздвајају (преносе се супротно од смера поља)

$$\varepsilon = \frac{dA}{dq} = \frac{Udq}{dq} = U$$

- Снага извора

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{\varepsilon dq}{dt} = \varepsilon I, \quad W = V \cdot A$$


---

---

---

---

---

---

---

---

### Хемијски извори струје

- Засновани на претварању хемијске енергије у електричну – галвански елементи
  - Лекланшеов суви елемент
  - Вестонов елемент
  - Акумулатори
    - Оловни
    - Челични
- Сви имају позитивну и негативну електроду и одговарајући електролит

---

---

---

---

---

---

---

---



- До 18. века је електрицитет произвођен трењем и инфлуенцом.
- 1789. године Галвани случајно открива да се свеж жабљи батак грчи када се један крај жице стави на његов нерв а другим додирује метлана плоча на којој се налази
- Претпоставка: нерви и мишићи су услед животних процеса наелектрисани па кроз жицу настаје пражњење “животињског” наелектрисиња – слично као код лајденске боце.

85

---

---

---

---

---

---

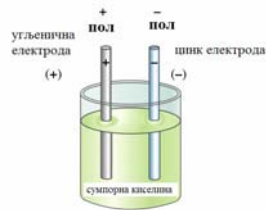
---

---

## Волтин елемент



- Волта 1796. саставља први извор трајне електричне струје – волтин елемент
- Волтино објашњење-два различита метала при додиру са истом течносту се наелектришу до различитих потенцијала
- Има напон око 1 волт



Проста електрична ћелија: сумпорна киселина је електролит

86

---

---

---

---

---

---

---

---

## Електричне батерије



Волтина батерија – прва батерија коју је направио Волта спајајући различите метале (или угљеник) – електрохемијска ћелија

87

---

---

---

---

---

---

---

---

## Галвански елементи

Метална плочица (нпр. од цинка) се потопи у воду или електролит (сумпорну киселину). На додиру електроде и течности се формира тзв. двојни електрични слој.

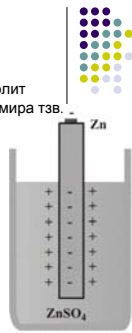
У кристалној решетци цинка налазе се позитивни јони  $Zn^{2+}$  који се одвајају од метала под дејством привлачне силе диполних момената молекула воде и одлазе у раствор

Плочица постаје наелектрисана негативно а течност око ње позитивно.

Електрично поље које настаје на такав начин тежи да врати јоне на плочицу.

Када се успостави равнотежа број јона који у јединици времена прелазе са плочице у течност биће једнак броју јона који из течности дођу на плочицу.

Између плочице и течности тада постоји одређена разлика потенцијала, тзв. *контактни напон*. Колики је тај напон зависи од врсте метала и врсте течности.



$$U = \varphi_{\text{rastvor}} - \varphi_{\text{Zn}} = 0,34V$$

---

---

---

---

---

---

---

---

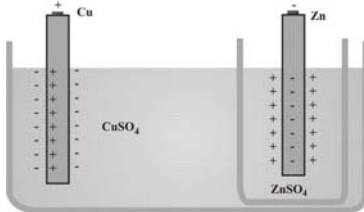
---

---

---

---

## Галвански елементи



$$U = \varphi_{\text{rastvor}} - \varphi_{\text{Zn}} = 0,34V$$

На бакарну электроду долазе позитивни јони бабра из раствора, а одговарајућа контантна разлика потенцијала је

$$U = \varphi_{\text{Cu}} - \varphi_{\text{rastvor}} = 0,76V$$

Овај систем је извор електромоторне силе :

$$\mathcal{E} = \varphi_{\text{Cu}} - \varphi_{\text{Zn}} = (\varphi_{\text{Cu}} - \varphi_{\text{rastvor}}) + (\varphi_{\text{rastvor}} - \varphi_{\text{Zn}}) = 1,1V$$

89

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Волтин елемент се не употребљава јер његова струја брзо слаби са временом услед покривања бакарне плоче водоником
- Лекланшеов суви елемент има и данас примену – батерије у уређајима (пљоснате и ваљкасте).

90

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Сува батерија



Цинк је растворен у сувој електролитичкој пасту. Када је коло затворено, електрони цинка путују ка позитивној електроди (угљенику). Временом, електроде се истроше и постају “мртве”

91

---

---

---

---

---

---

---

---

- У металном (цинк) суду налази се водени раствор нишадора коме је додат скробни лепак да би се добила каша
- Цинкани суд је негативан пол а позитиван пол је угљенична шипка која се налази у врећици напуњеној мангандиоксидом ( $MnO_2$ ) и графитом
- И суд и врећица су заливени смолом да вода не би испарила (батерија није у потпуности сува).
- Напон је око 1,5 волта.

92

---

---

---

---

---

---

---

---

## Акумулатори

- Хемијски извор струје већег напона и капацитета
- “пуњива” батерија
- Непогодан за наставу због:
  - Штетних испарења
  - Спонтаног пражњења (од стајања)
  - Осетљивост на кратак спој
  - Гломазност (запреминска и масена)
- Принцип рада је интересантан

93

---

---

---

---

---

---

---

---

## Оловни акумулатор



- Електроде су оловне плоче
- Електролит је водени раствор сумпорне киселине
- Када се повежу на извор једносмерног напона врши се пуњење – услед хемијске реакције настаје поларизација електрода
- Напуњен акумулатор је електрохемијски систем



94

---

---

---

---

---

---

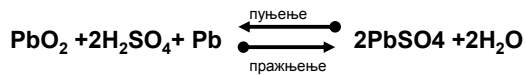
---

---

## Оловни акумулатор



- Негативна електрода је плоча од чистог олова
- Позитивна је исто оловна али је на њој приликом пуњења настала оксидација олова у олово оксид.
- При пражњењу се врши обрнут процес
- Електролит је сумпорна киселина густине 1,18-1,19 g/cm<sup>3</sup>.
- При пуњењу се густина електролита повећава а при пражњењу смањује
- Сумарни хемијски процеси су



95

---

---

---

---

---

---

---

---

## Оловни акумулатор



- Поларизациони напон међу електродама тј. ЕМС износи 2,5-2,8 V
- Радни напон је 2,0 V
- Минимални до кога сем да се празни је 1,8 V
- “батерије оловних акумулатора” - од 3 до 6 редно везаних батерија
- Радни напон је тако 6, односно 12 V

96

---

---

---

---

---

---

---

---

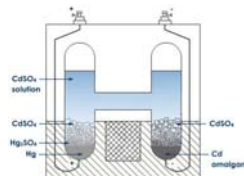


## Вестонов елемент

- Изум из 1893.
- Има константну ЕМС у току дугог временског интервала
- Репродуцибилна је
- По правилу не служи као извор већ као стандард за мерење напона, баждарење потенциометара, ...
- На 20°C ЕМС је 1,0183 V



Edward Weston  
1850-1936




---

---

---

---

---

---

---

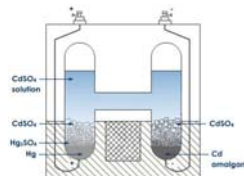
---

## Вестонов елемент

- Лева електрода је у контакту са Hg а десна са кадмијум амалгамом
- Изнад живе је паста меркуро-сулфата  $Hg_2SO_4$  а изнад кадмијум амалгмасу кристали кадмијум сулфата
- Обе цеви су напуњене до врха раствором кадмијум сулфата и затворене плутом и парафином.



Edward Weston  
1850-1936




---

---

---

---

---

---

---

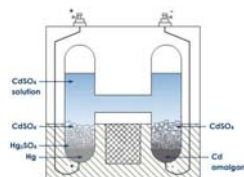
---

## Вестонов елемент

- Из амалгама у раствор одлазе јони кадмијума и пошто сваки оставља по 2 електрона амалгам је наелектрисан негативно
- Равнотежна вредност наелектрисања се постиже када исти број јона кадмијума оде у раствор и врати се у амалгам
- Ствара се потенцијална разлика јер Hg електрода је позитивна према електроди од амалгама



Edward Weston  
1850-1936




---

---

---

---

---

---

---

---

## Мрежни исправљачи као извори струје



- Исправљачи, претварачи, усмерачи , .. наизменичне струје
- засновани на особини неких материјала да пропуштају струју само у једном смеру (директни смер) док у другом (инверзни) пружају веома велики отпор.
  - Полупроводнички
  - Електронски (са електронским цевима)

100

---

---

---

---

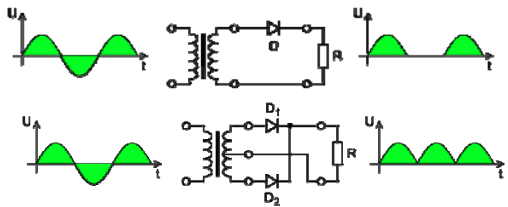
---

---

---

---

- Полуталасни
- Пуноталасни



101

---

---

---

---

---

---

---

---

## Извори наизменичног напона



- Градска мрежа, 220 V, 50 Hz
- Подела према напону
  - Мали напони, 0-40 V
  - Ниски напони, 40-250 V
  - Високи напони, > 250 V
- Према фреквенцији
  - Извори ниске, 50 Hz
  - Звучне
  - Високе учестаности
- Извори малих напона чија аудио учестаност има фреквенцију од 20-20000 називају се и тон генератори.

102

---

---

---

---

---

---

---

---

## Трансформатори

- 220 V постоји у градској електричној мрежи
- Мале и ниске напоне добијамо трансформатором
- принцип рада



103

---

---

---

---

---

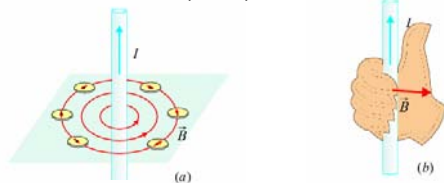
---

---

---

## 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  $\mu_0$

104

---

---

---

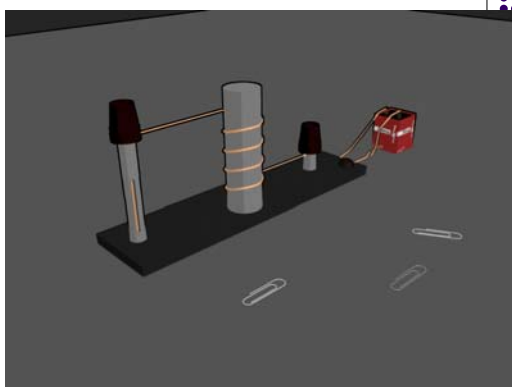
---

---

---

---

---



105

---

---

---

---

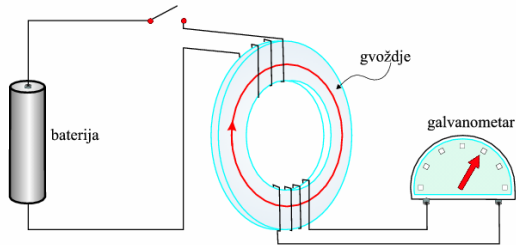
---

---

---

---

## Електромагнетна индукција



Slika 11.18: Faradejev uređaj za demonstriranje stvaranja struje magnetnim poljem.

106

---

---

---

---

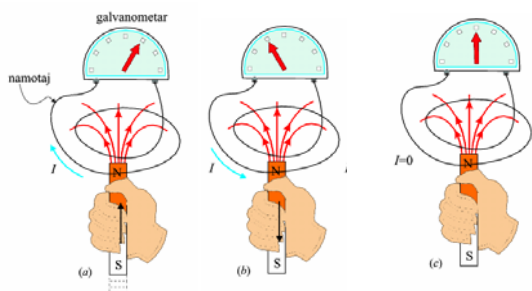
---

---

---

---

## Од чега зависи ефекат?



107

---

---

---

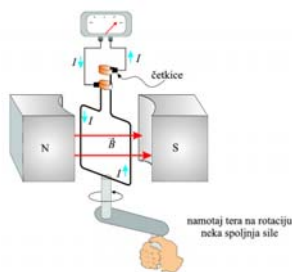
---

---

---

---

---



Slika 11.20: Rotiranje namotaja u magnetnom polju stvara elektromotornu silu.

108

---

---

---

---

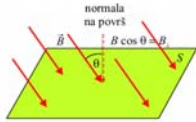
---

---

---

---

## Флукс магнетног поља



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

- свака промена флукса изазива електромоторну силу

109

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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

110

---

---

---

---

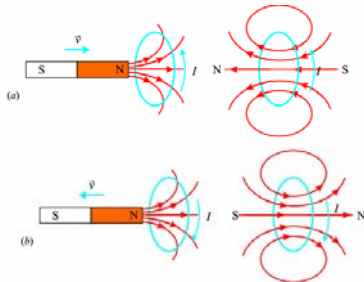
---

---

---

---

## Илустрација Ленцовог правила



111

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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**

112

---

---

---

---

---

---

---

---

## Међусобна индуктивност



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

113

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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

114

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad L - \text{коэффициент самоиндукције калема. Ако има } N \text{ намотаја}$$

$$\varepsilon = -N \Delta \Phi / \Delta t, \quad L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I}$$

115

---

---

---

---

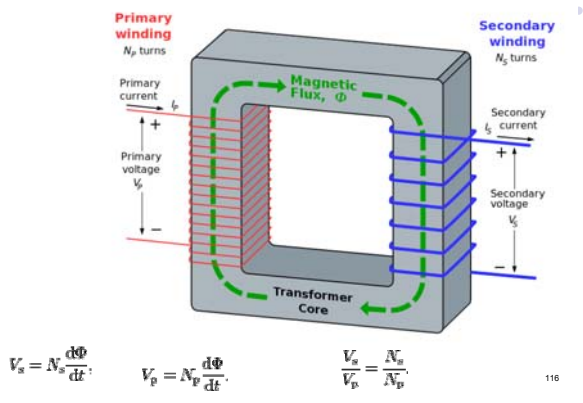
---

---

---

---

## Трансформатори



116

---

---

---

---

---

---

---

---

## Трансформатори

- Сем као извори они су и објекат проучавања јер су често саставни делови других електричних уређаја
- Мрежни трансформатор
  - Језгро и два намотаја (примар и секундар)
    - Примар се везује за 220 V
    - На секундару се добија: 2,4,6,8,10, ..., 24 V

117

---

---

---

---

---

---

---

---

## Аутотрансформатор



- Један намотај
  - Снижавајући и повишавајући аутотрансформатор

118

---

---

---

---

---

---

---

---

## Румкорфов индуктор



- Извор пулсирајуће струје високог напона
  - Даје напон потребан за пражњења у ваздуху
  - У Гајслеровим цевима
  - За напајање Теслиног трансформатора, ...
  - За паљење кола – бобина – акумулатор нема довољан напон да скочи варница код свећице
- Делови
  - Језгро од трака трансформаторског гвожђа
  - Секундарног намотаја са већим бројем навојака у којима се индукује ЕМС
  - Примарног намотаја који се напаја једносмерним напоном од 10-12 V из акумулатора или исправљача
  - Нафовог чекића тј. електромагнетног прекидача
  - Кондензатора (спречава варницења на прекидачу)

119

---

---

---

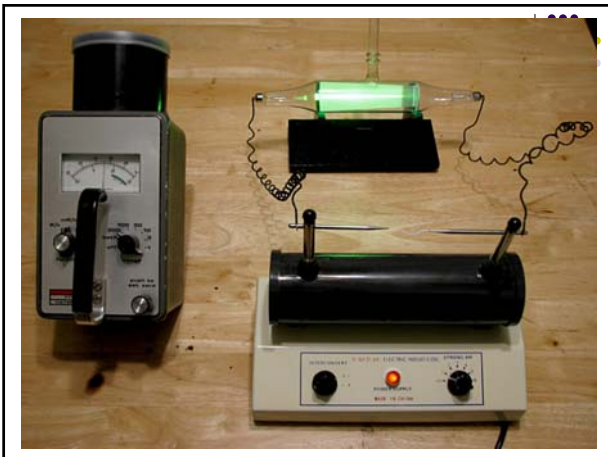
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



## Румкорфов индуктор



- Крајеви секундара имају вертикалне стубиће са кружним отворима кроз који су провучене металне игле – обично једна са шиљком а једна са диском.

121

---

---

---

---

---

---

---

---

### • Напомене

- Варница између шиљка и диска скаче независно од тога да ли је правилно везан индуктор на половине (диск – катода, игла – анода)
  - Када су правилно везани варница погађа диск ближе центру
  - Када нису добро везани ближе ободу
- Код провере рада индуктора растојање игле и диска не сме да буде веће од 100 мм, да не би дошло до пробијања изолације
- Диск и игла, и везе према потрошачима се не дирају рукама да не би дошло до електричног удара
- Ако не дође до прескакања варнице између диска и игле треба подесити контакте ...
- Водити рачуна о могућем прегревању

122

---

---

---

---

---

---

---

---

## Теслин трансформатор



- Извор струје високог напона и високе учестаности
- Демонстрира
  - настајање високофреквентних Теслиних струја
  - Трансформација напона
  - Рад високофреквентног осцилаторног кола
  - Електромагнетно поље
  - Резонанција
  - Коронско пражњење
  - Светљење гаса, ...

123

---

---

---

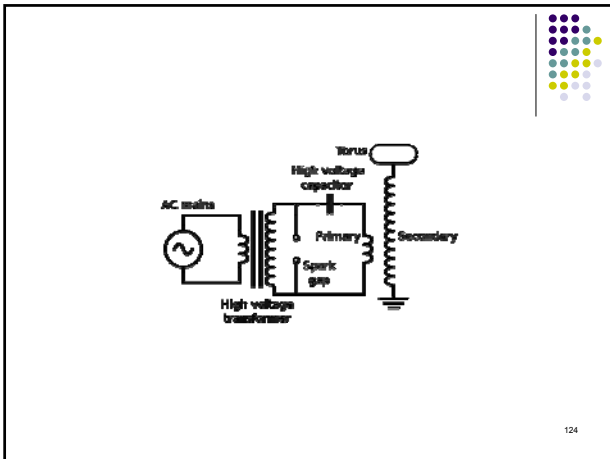
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

## Семинарски радови

- Електрични мерни инструменти у настави физике
  - Принцип рада
  - Примена у настави – преглед градива по разредима у којима се користе за демонстрацију и мерења
- Термометри
  - Подела
  - Принцип рада
  - Примена у настави...
- Сила трења

125

---

---

---

---

---

---

---

---

## Електрични мерни инструменти

- ЕМ енергија се трансформише у механичку енергију неког покретног дела у инструменту (калем, комад гвожђа) који је повезан са казаљком
  - Деловање магнетног поља на проводник са струјом
  - Магнетног поља струје у једном калему на струју у другом калему, ...
- Врсте
  - Магнетоелектрични
  - Електромагнетни
  - електродинамички

126

---

---

---

---

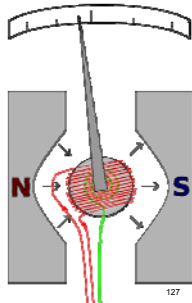
---

---

---

---

- **Магнетоелектрични** – инструменти са покретним калемом,
- поље перманентног потковичастог магнета делује на наелектрисања у покрету (струју у калему) - Амперова сила
- спирала
- Из једнакости механичког и момента магнетног поља следи да је угао скретања пропорционалан јачини струје




---

---

---

---

---

---

---

---

- **Карактеристике**
- Осетљиви, класа тачности 0,1 Угао скретања је линеарна функција јачине струје, односно напона
- Скала је линеарна
- Уз исправљачки елемент служи и за мерења наизменичне струје

128

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Електромагнетни** – инструменти са меким гвожђем,

129

---

---

---


---

---

---

---

---



130

---

---

---

---

---


---

---

---

### Елементи струјних кола

- Отпорници
- Кондензатори
- Индуктивни калемаи



131

---

---

---

---

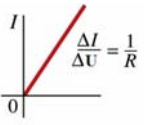
---

---

---

---

### Смисао Омовог закона

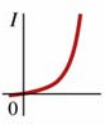


(a)

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

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”!



(b)

132

---

---

---

---

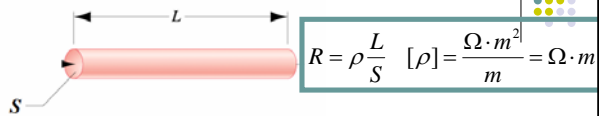
---

---

---

---

## Отпорност и њена температурна зависност



$$R = \rho \frac{L}{S} \quad [\rho] = \frac{\Omega \cdot m^2}{m} = \Omega \cdot m$$

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

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

$\rho$  - Специфична отпорност  
 $\sigma$  - Специфична проводност

Специфична отпорност ( $\rho$ ) је карактеристика материјала.  
 Специфична отпорност неког материјала (у SI) је отпорност жице дужине 1 m попречног пресека 1 m<sup>2</sup> направљеној од тог материјала.

133

---

---

---

---

---

---

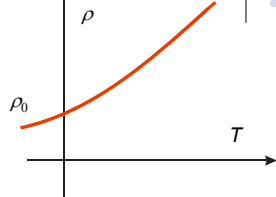
---

---

## Температурна зависност отпорности

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

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



$\alpha$  – 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.

134

---

---

---

---

---

---

---

---

## Отпорници

- За регулисање струје на жељену јачину (осигурачи)
- Проводници одређене форме која даје познату отпорност и максималну дозвољену јачину струје која не мења особине отпорника
- Најчешће у облику намотане жице
- Услови
  - Мали температурски коефицијент промене отпорности
  - Мала електромоторна сила (на споју са бавром)

135

---

---

---

---

---

---

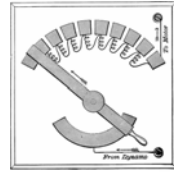
---

---

## Отпорници

- Врсте

- Са чеповима
  - Серијски повезани са отвором у који може да се уметне месингани чеп
- Са клизним контактом
  - реостат
- Са преклопницима –
  - отворени жичани спирални отпорници са преклопницима
- Декадне кутије




---

---

---

---

---

---

---

---

## Кондензатори

- Лајденска боца
- Расклопиви демонстрациони кондензатор
- У зависности од капацитивности
  - Стални
  - Променљиви
- У зависности од диелектрика
  - Ваздушни
  - електролитички



137

---

---

---

---

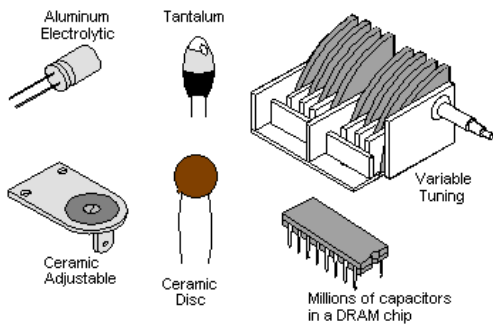
---

---

---

---

From Computer Desktop Encyclopedia  
© 2004 The Computer Language Co. Inc.



138

---

---

---

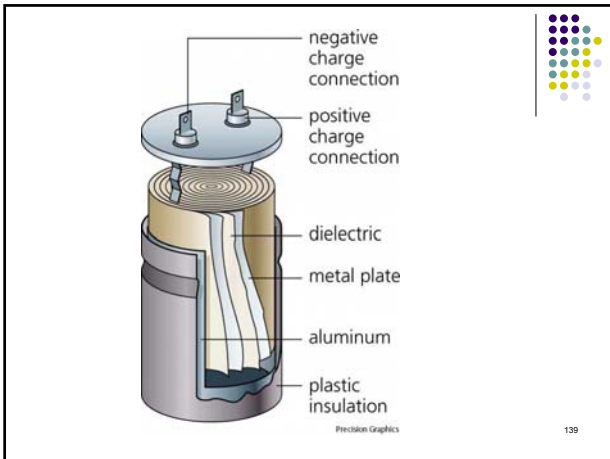
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Индуктивни калемови и трансформатори

- пригушнице
- Индуктивни отпор
- Индуктивне декаде (mH)

140

---

---

---

---

---

---

---

---

### Компоненте електричних кола

- Батерије (извори енергије)
- Проводници који повезују елементе кола
- отпорници (сијалице, електрични уређаји, жице, ...)
- Кондензатори, диоде, ...
- Прекидачи ...

(a)

(b)

I

Дијаграм кола на скици може да изгледа другачије од реалног кола. Међутим, концептуално он је тачан!

141

---

---

---

---

---

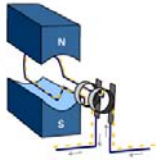
---

---

---

## Princip rada sinhronog generatora

Princip rada se bazira na elektromagnetnoj indukciji.



$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

142

---

---

---

---

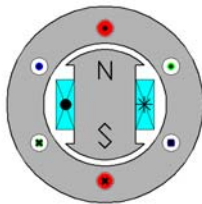
---

---

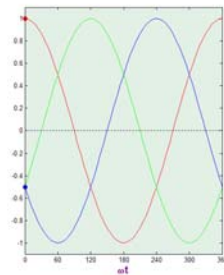
---

---

## Princip rada sinhronog generatora



Phase A Phase B Phase C



143

---

---

---

---

---

---

---

---



144

---

---

---

---

---

---

---

---