

Elektromosság

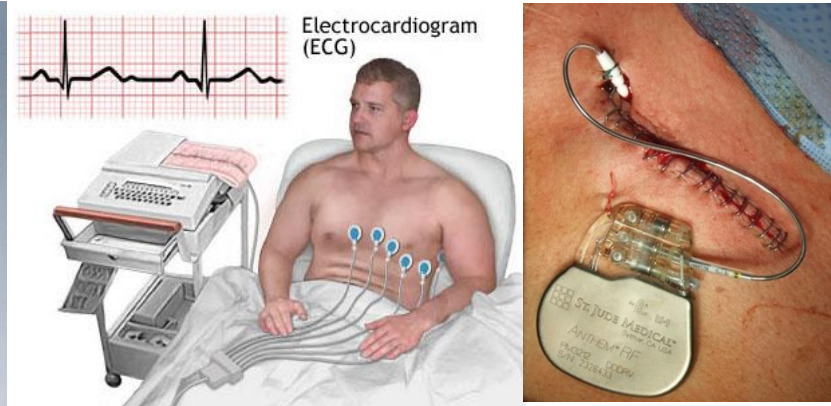
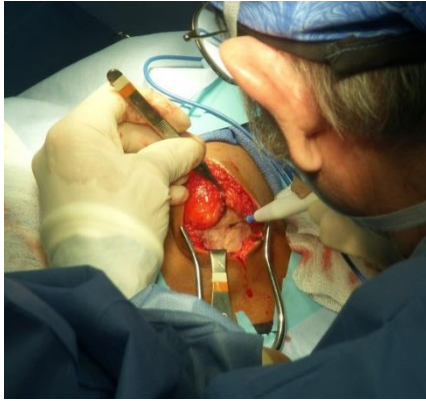
Kósa Nikoletta

Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
2022.09.26



Gondolkodás nélkül tanulni: felesleges vesződés;
tanulás nélkül gondolkodni: veszedelmes.

Konfuciusz



Elektromosság orvosi és gyógyszerészeti felhasználása

The image is a composite illustrating the history and application of bioimpedance. At the top, a graph plots 'Impedancia-erősség / (mΩ)' (Impedance strength / (mΩ)) on a logarithmic y-axis (1 to 100) against 'ingerlés ideje, (ms)' (stimulation time, (ms)) on a logarithmic x-axis (0.01 to 1000). The graph is divided into three regions: a red region labeled 'ÉRZET' (Sensation) for high current and short duration, a yellow region labeled 'INGERKÜSZÖB' (Threshold) for high current and long duration, and a blue region labeled 'NINCΣ ÉRZET' (No sensation) for low current and long duration. Key points on the graph include 'r' (resistance), '2r' (2x resistance), 'reobázis (r)' (reobasis), and '2'reobázis' (2x reobasis). A lightning bolt icon is in the red region, and a bar chart icon is in the yellow region. To the right, a photograph shows a person's hand holding a yellow bioimpedance device connected to a power source. Below the graph, a circular diagram shows the frequency spectrum from 0.01 to 1000 Hz, with a central '0' and concentric rings of increasing frequency. To the right, a diagram of skin layers shows the epidermis and dermis with various receptors. At the bottom, portraits of Georg Simon Ohm (1787-1854) and Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) are shown, along with a modern bioimpedance device and a small inset of a person using it.

EKG

AZ ELEKTROKARDIOGRÁFIA FIZIKAI ALAPJAI

PITVÁRI DEPOLIZÁCIÓ 80 ms	SZÉPTÁJÉK DEPOLIZÁCIÓ 230 ms	ÁRPAKÉK DEPOLIZÁCIÓ 230 ms	SAL KAMRAI DEPOLIZÁCIÓ 240 ms

IMPULZUSGENERÁTOR

ELEKTROMOS IMPULZUSOK ELŐÁLLÍTÁSA; IMPULZUSSZÁMLÁLÁS

helynyíllított EKG

beültetett pacemaker

elektroddok

BINÁRIS SZÁMLÁLÓLÁNC

ha világit ha nem világit

$$\begin{matrix} 1 \cdot 2^3 = 8 \\ 0 \cdot 2^3 = 0 \end{matrix} + \begin{matrix} 1 \cdot 2^2 = 4 \\ 0 \cdot 2^2 = 0 \end{matrix} + \begin{matrix} 1 \cdot 2^1 = 2 \\ 0 \cdot 2^1 = 0 \end{matrix} + \begin{matrix} 1 \cdot 2^0 = 1 \\ 0 \cdot 2^0 = 0 \end{matrix}$$

pl.

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

ÁRAMLÁS

FOLYADÉKOK ÁRAMLÁSA, AZ ÉRRENDSZER ELEKTROMOS MODELLJE

The diagram illustrates the circulatory system as an electrical model, showing the flow of blood (fluid) through various components of the system. The components are represented by electrical symbols and their corresponding values are listed below:

- szív (heart):** Represented by a battery symbol. Value: 120 mmHg.
- nagy- és kis-érterek (large and small arteries):** Represented by a resistor symbol. Value: 100 egység ellenállás (100 units of resistance).
- artériák (arteries):** Represented by a resistor symbol. Value: 97 $\cdot 10^9$.
- artériák (arteries):** Represented by a resistor symbol. Value: 12 $\cdot 10^9$.
- kapillárisok (capillaries):** Represented by a resistor symbol. Value: 1,3 $\cdot 10^9$.
- venák (veins):** Represented by a resistor symbol. Value: 200 egység ellenállás (200 units of resistance).
- veinák (veins):** Represented by a resistor symbol. Value: 2.

The flow of blood is represented by the current (I) in the circuit. The pressure (P) is represented by the voltage (V) across the components. The diagram shows the flow of blood from the heart (szív) through the arteries (artériák), capillaries (kapillárisok), and veins (veinák) back to the heart.

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

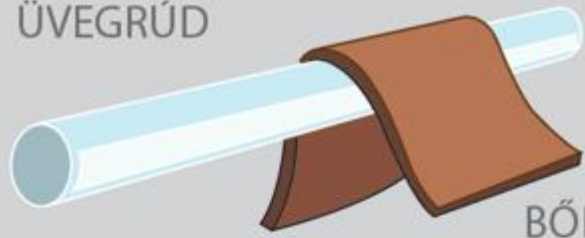
átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100
artériák	97
artériák	12
kapillárisok	1,3
venák	200
veinák	2

átlagos áramlási sebesség (cm³/min)

Component	Flow (cm ³ /min)
szív	5
nagy- és kis-érterek	100

ÜVEGRÚD

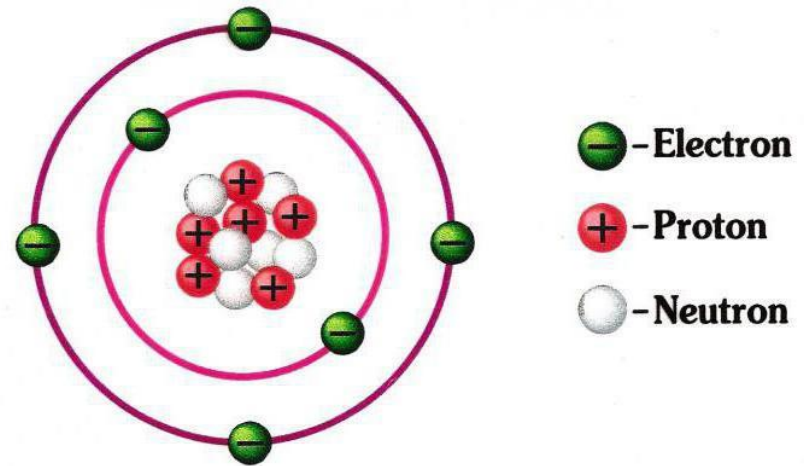


BŐR

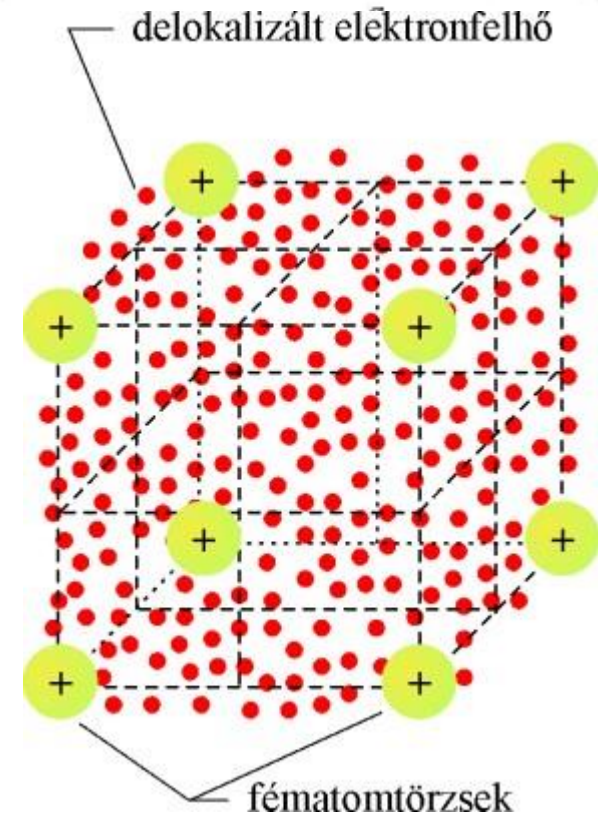
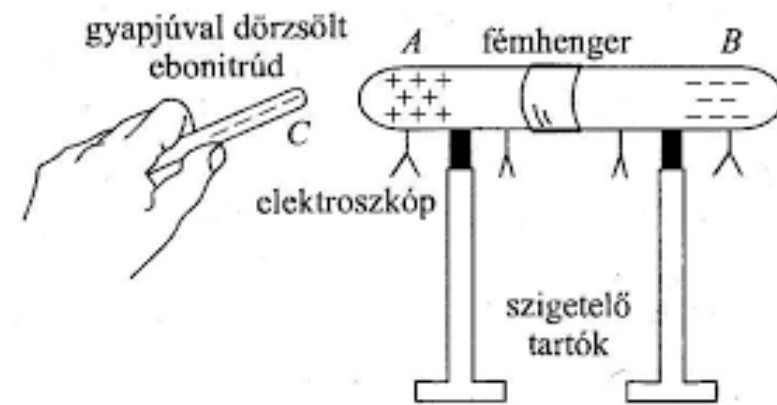
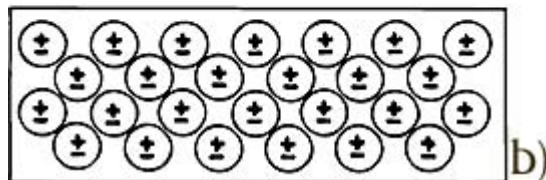
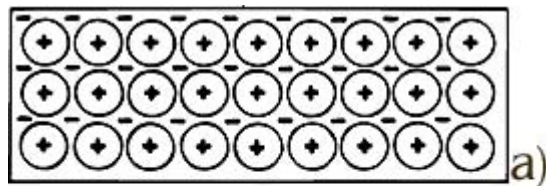
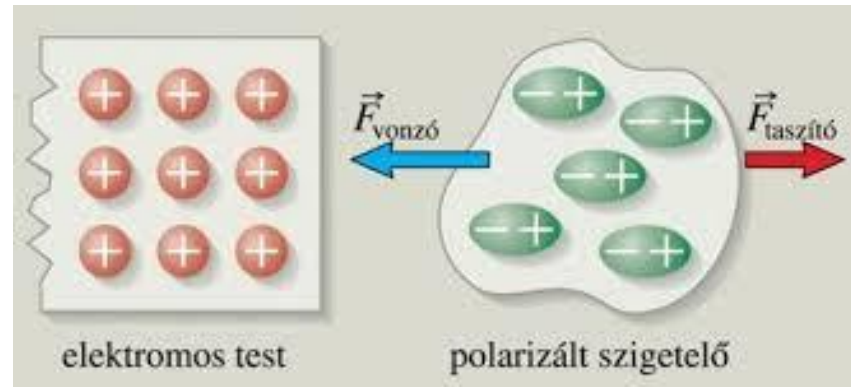
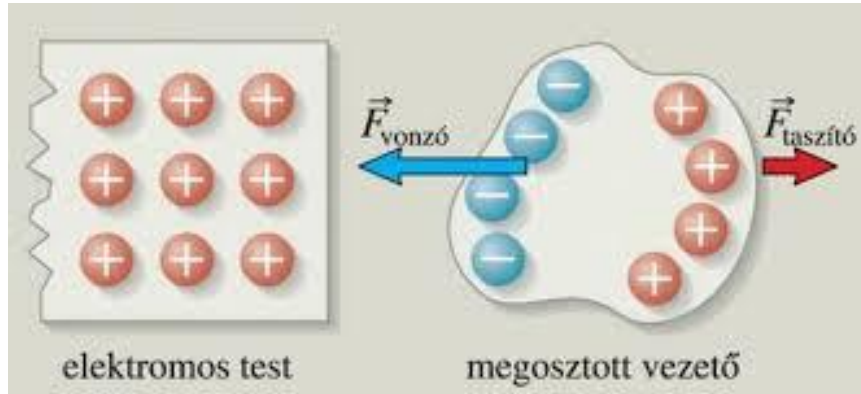
MŰANYAG RÚD



SZŐR



Elektromos megosztás



Elektromos töltés

q [C] *Coulomb elemi töltés:* $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

$q_{p^+} = e$

$q_{e^-} = -e$



Coulomb-törvény:

$$(k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})$$



Gravitáció törvénye:

$$(\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2})$$

1. A hidrogén atomban lévő elektron és proton átlagos távolsága 53 pm.

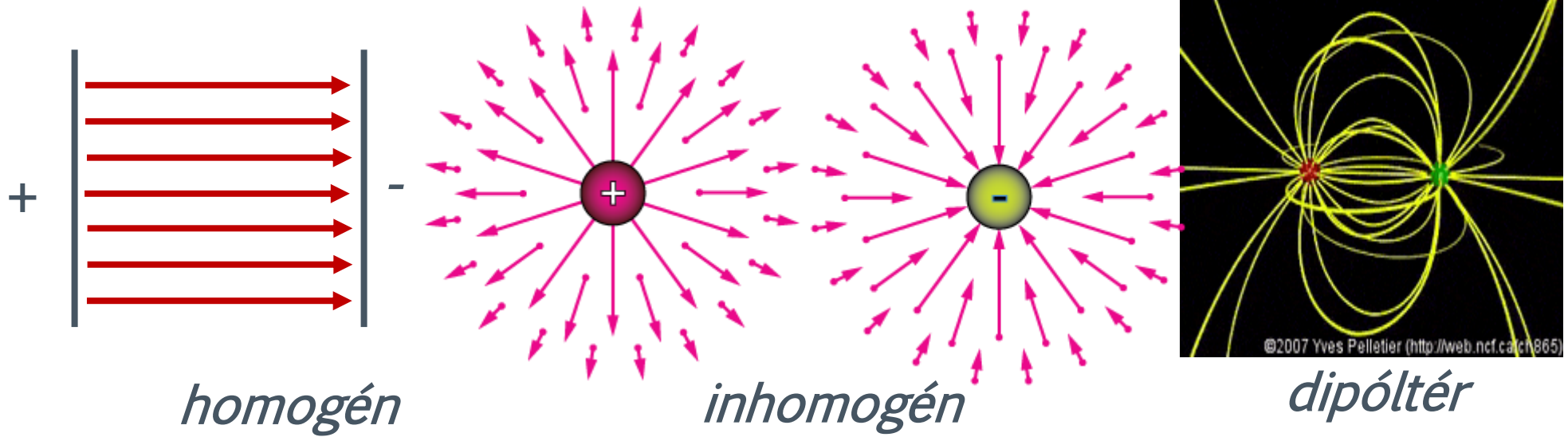
a) Milyen és mekkora erő hat a két részecske között?

b) Mennyi a közöttük lévő gravitációs erő nagysága? Elektron tömege: $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
töltése: $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, proton tömege: $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$. A gravitációs állandó $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$. Coulomb-törvényében szereplő állandó: $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

2. Mekkora távolságra tudná egymást megközelíteni két Tesla autó, ha mindegyik 1 C töltéssel rendelkezne? Mindegyik autó tömege 1 t, és a súrlódási tényező a talajon 0,5.

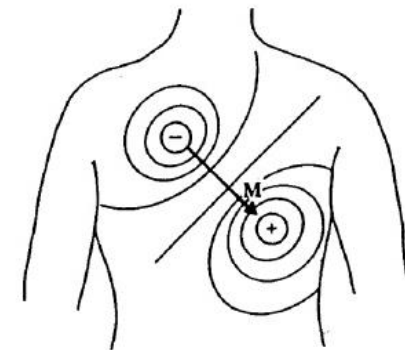
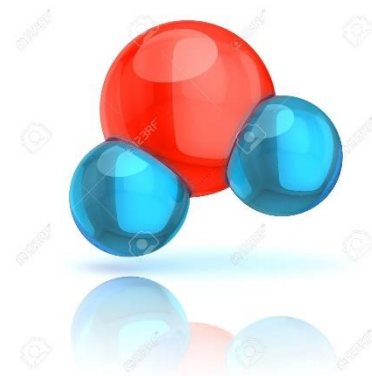


Elektromos erőtér



dipólusmomentum:

Debye: $1D = 3,34 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$

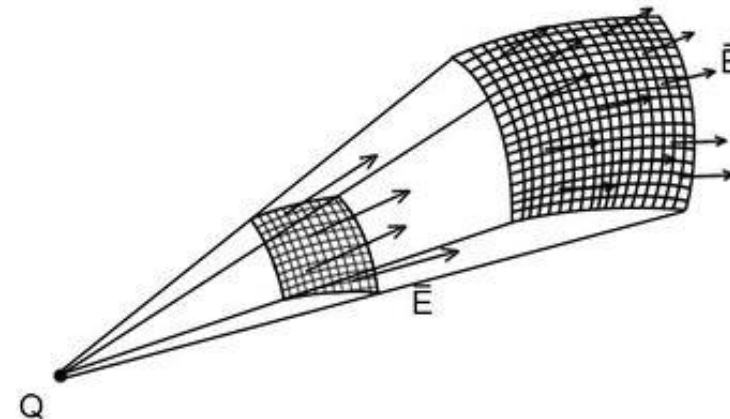
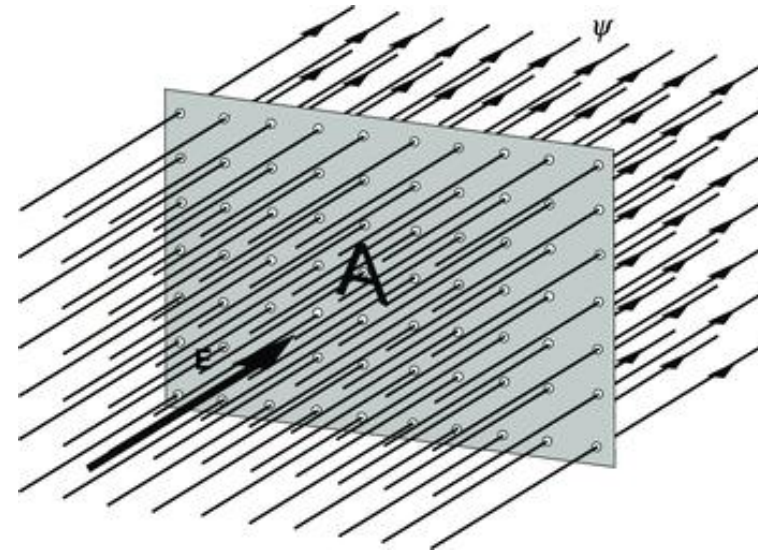


Elektromos erőtér

elektromos térerősség:

elektromos fluxus:

Szuperpozíció elv:



Elektromos erőter

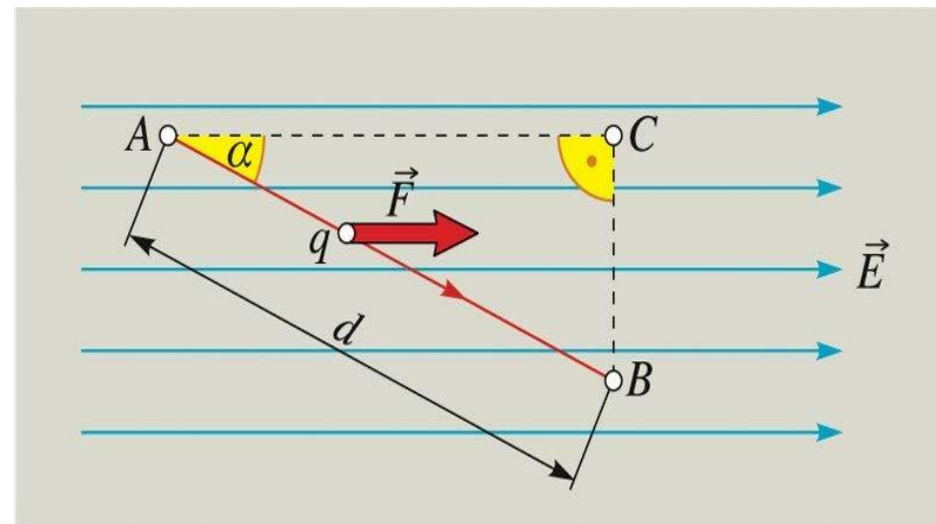
elektromos feszültség:

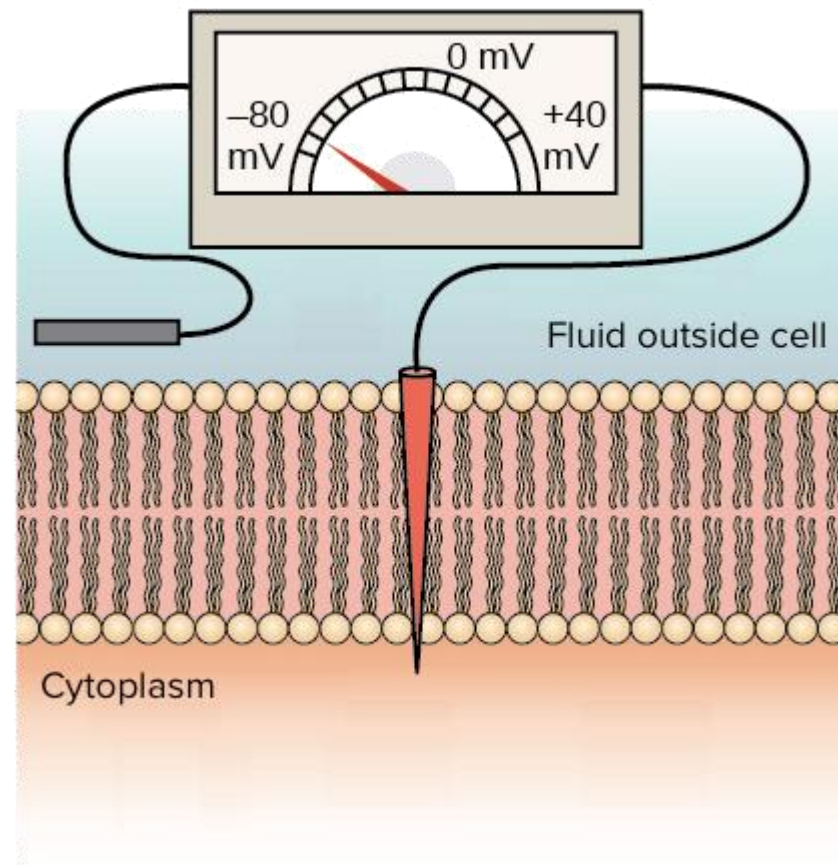
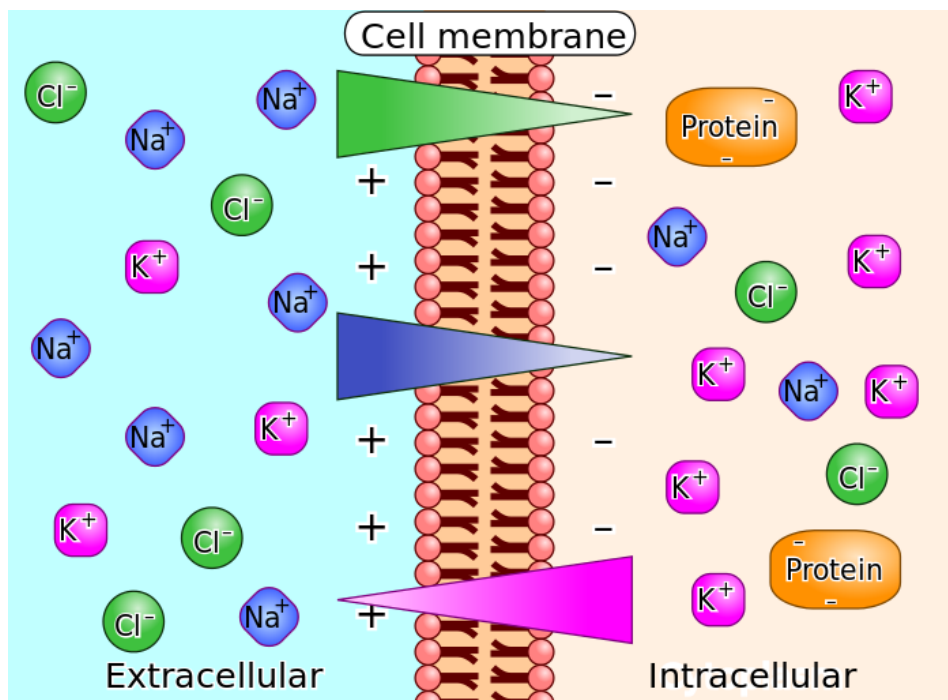
elektromos potenciál:

$$\varphi_i = U_{i0} \quad [\text{V}] \text{ Volt}$$



$$U_{21} = U = \varphi_2 - \varphi_1$$

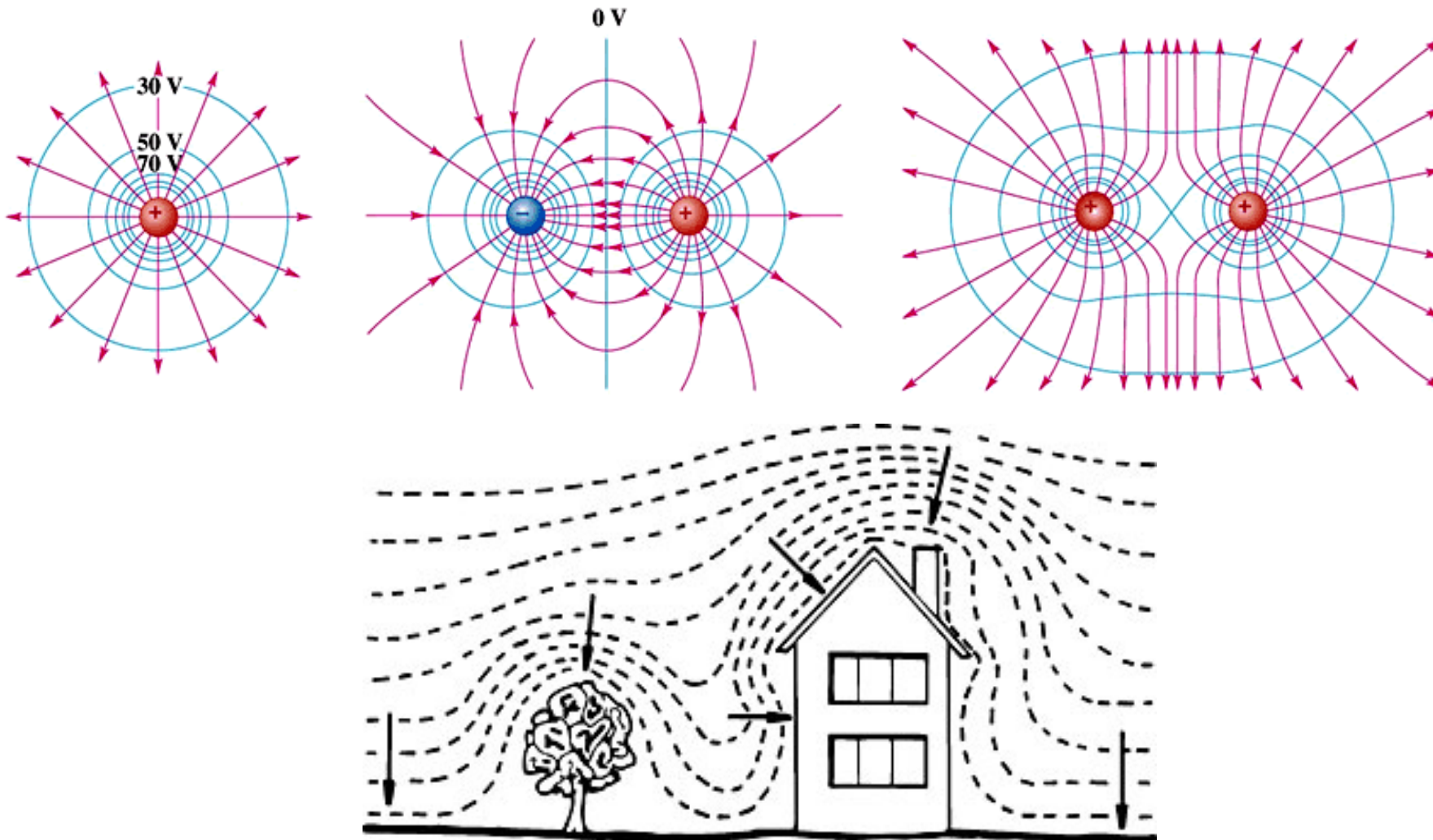




nyugalmi feszültség
nyugalmi potenciál(különbség)

Elektromos erőter

equipotenciális felületek:

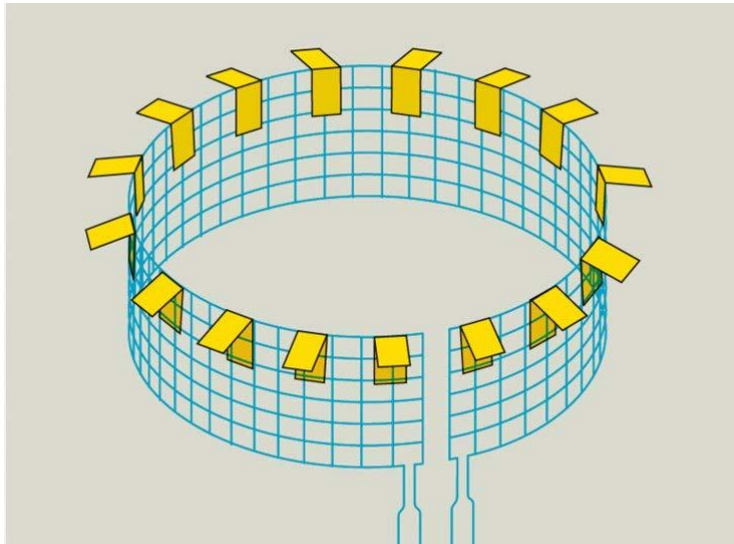


1. Egy $-8 \times 10^{-7} \text{ C}$ és egy $1,6 \times 10^{-6} \text{ C}$ pontszerű töltés egymástól 24 cm-re van. E töltések által meghatározott egyenesen hol van egyensúlyban egy 10^{-8} C pontszerű töltés? Milyen egyensúlyi helyzet ez?

2. Két pontszerű test egyike, kétszer annyi töltést tartalmaz, mint a másik, és 10 cm távolságból, 15 mN nagyságú taszító erővel hatnak egymásra. Mekkora a töltések?

3. Egy fémgolyó $+4 \text{ nC}$ töltéssel rendelkezik, amelyet egy -6 nC töltésű rúddal érintünk meg, amelynek során $8,2 \times 10^9$ db elektron kerül át a fémgolyóra. Ezek után mennyi lesz a fémgolyó és a rúd töltése?

Elektromos árnyékolás



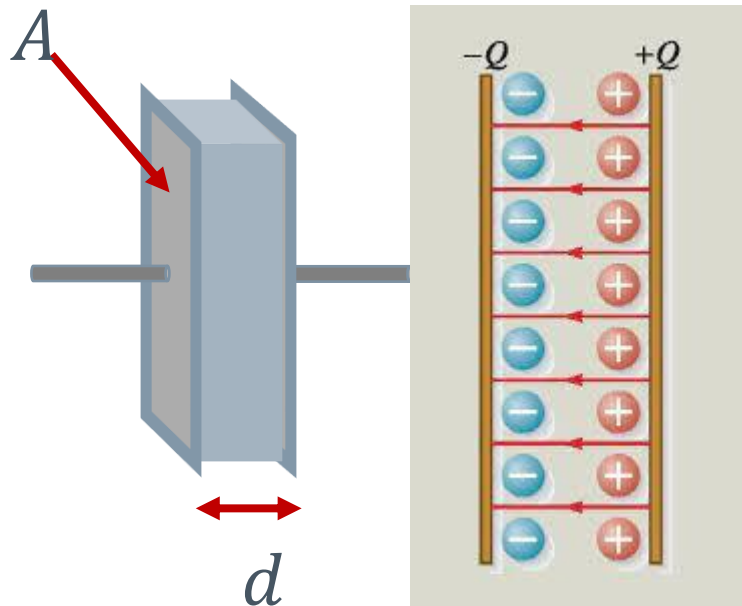
A vezetőre vitt többlettöltés mindig a vezető külső felületén helyezkedik el, ott is minél távolabb a többi töltéstől. Ezért a csúcsokon nagyobb a töltéssűrűség.



1. A Földet egy 6000 km sugarú gömbnek tekintve határozzuk meg a Föld töltését, ha az elektromos térerősség a Föld felületén 100 V/m és lefelé irányul. Határozzuk meg a Föld felületének potenciálját!

2. Mekkora a töltéssűrűség azon a gömbfelületen, amelynek sugara 15 cm, és a középponttól 20 cm távolságban a potenciál 150 V?

Kondenzátor



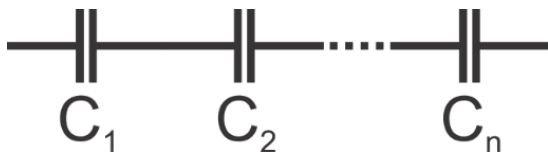
térerősség:

kapacitás:

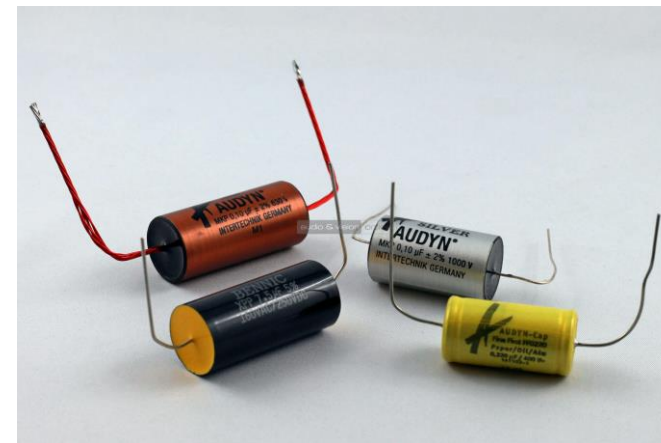
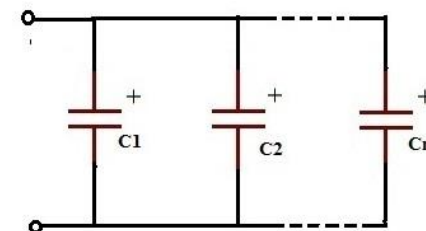


tárolt energia:

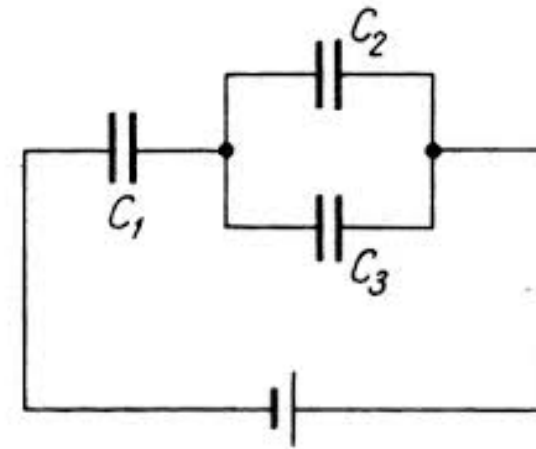
soros kapcsolás:



párhuzamos kapcsolás:



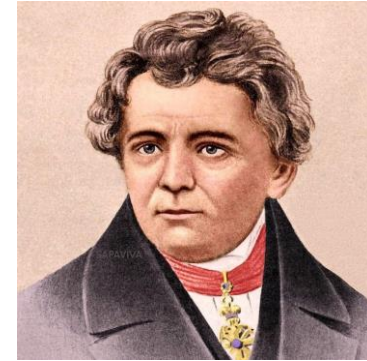
1. Három kondenzátort az ábra szerint rákapcsolunk egy $U=12\text{ V}$ feszültségű telepre. Mekkora az egyes kondenzátorokon levő töltés?
 $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$



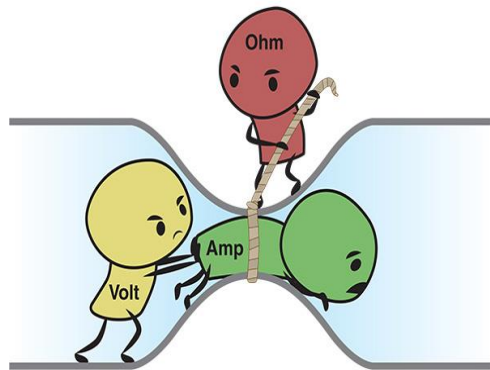
Elektromos áram



André-Marie Ampère
1775-1836

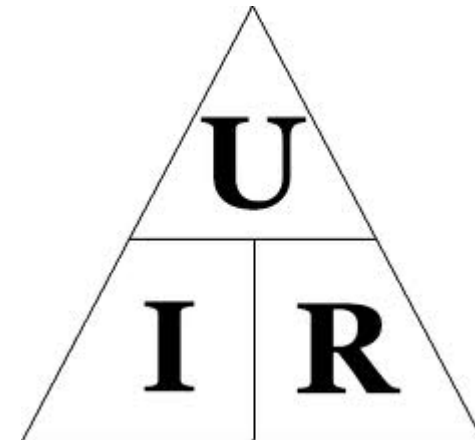
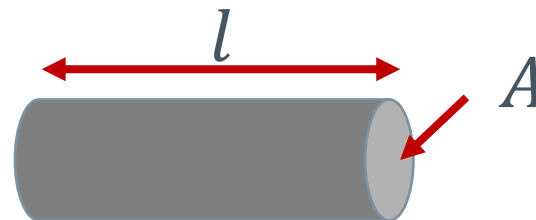


Georg Simon Ohm
1789-1854



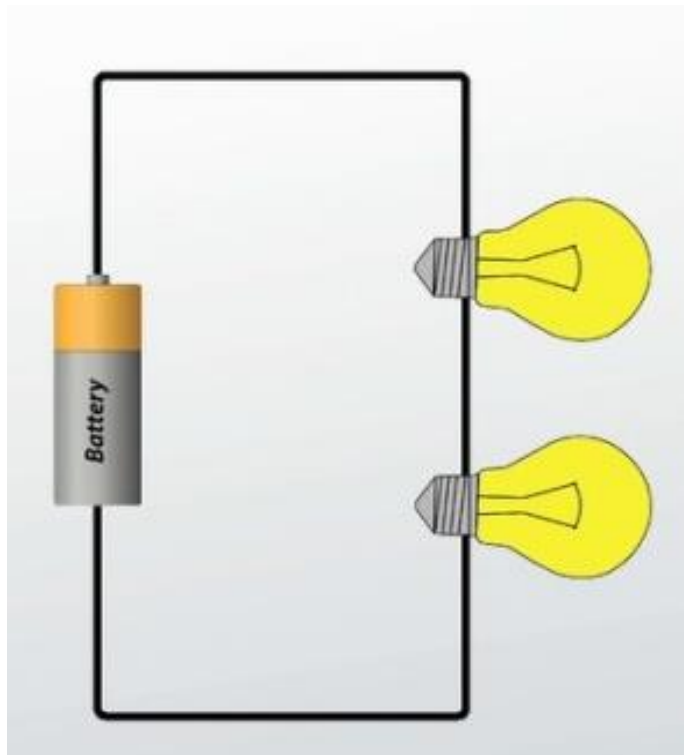
Ohm törvénye:

Elektromos ellenállás:



Elektromos áram

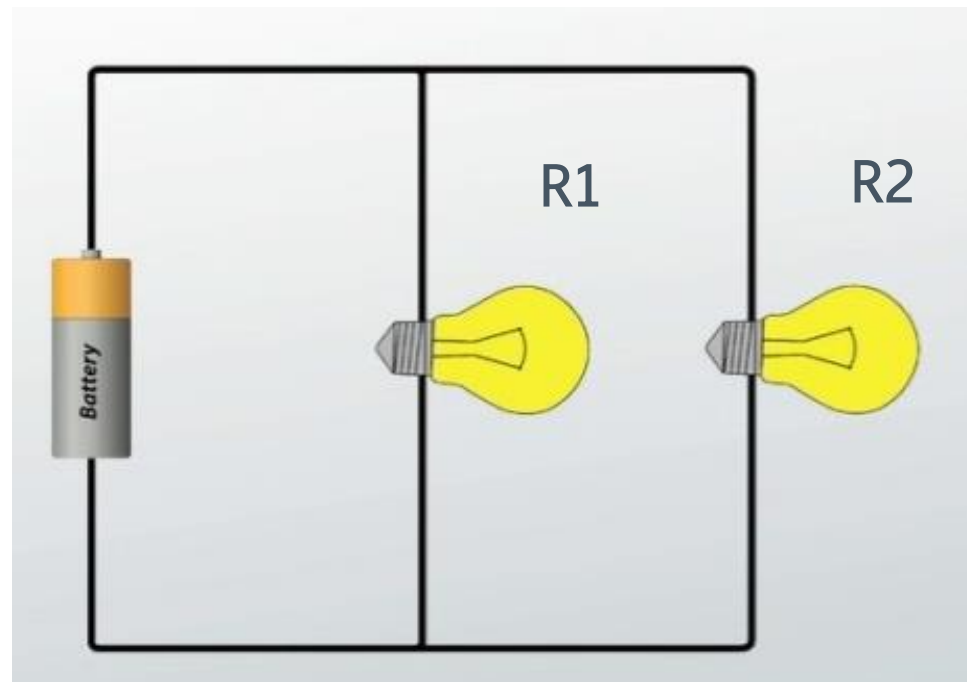
soros kapcsolás:



párhuzamos kapcsolás:

R1

R2



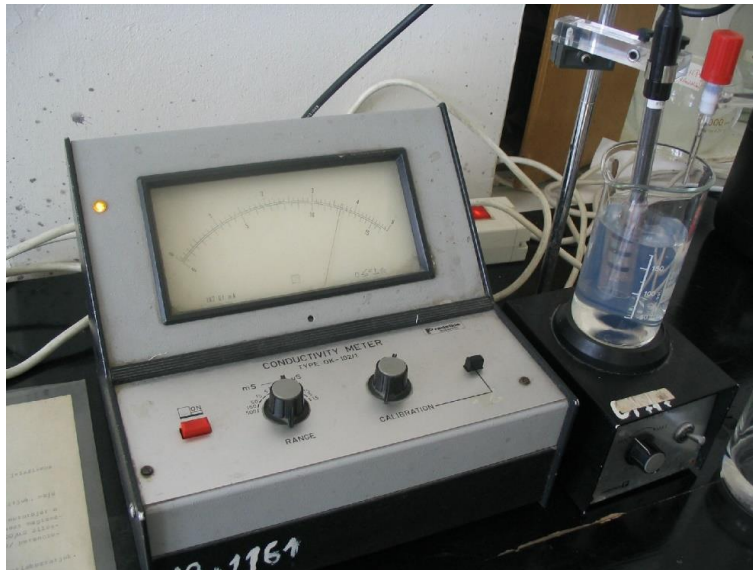
Elektromos áram



Ernst Werner von
Siemens
1816-1892

Elektromos vezetőképesség:

fajlagos vezetőképesség [S/m]



Elektromos áram



Az áram munkája (Joule-féle hő):



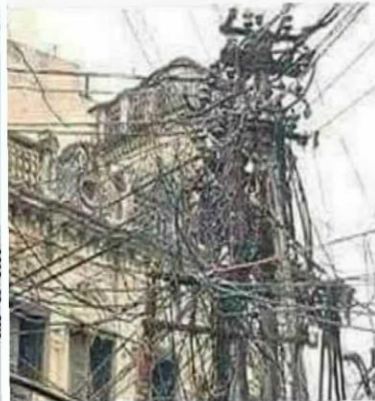
Elektromos teljesítmény:

Elektromos áram

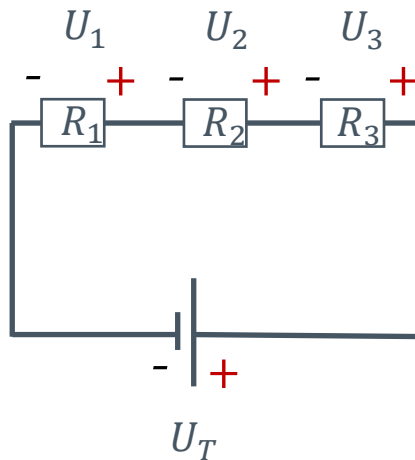
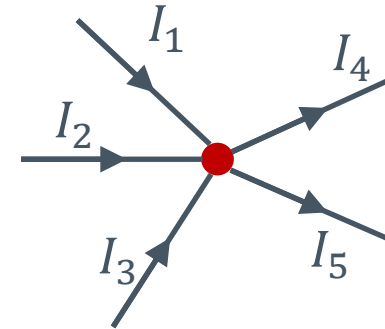
Kirchhoff's law
we do in class



Kirchhoff's law
comes in exam



Kirchhoff I. törvénye: (Csomóponti törvény)



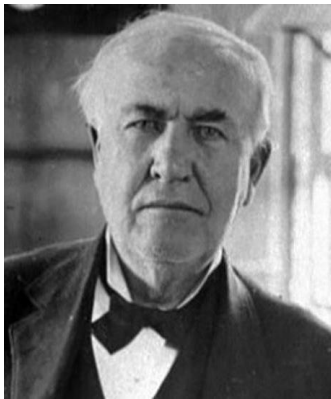
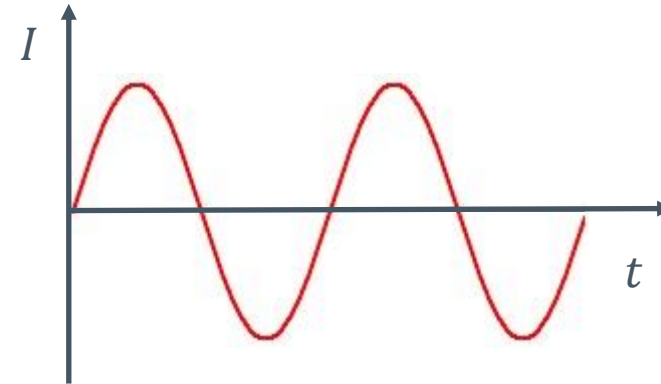
Kirchhoff II. törvénye: (Huroktörvény)

Elektromos áram

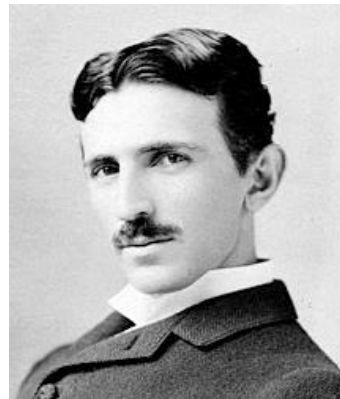
egyenáram
(direct current, DC)



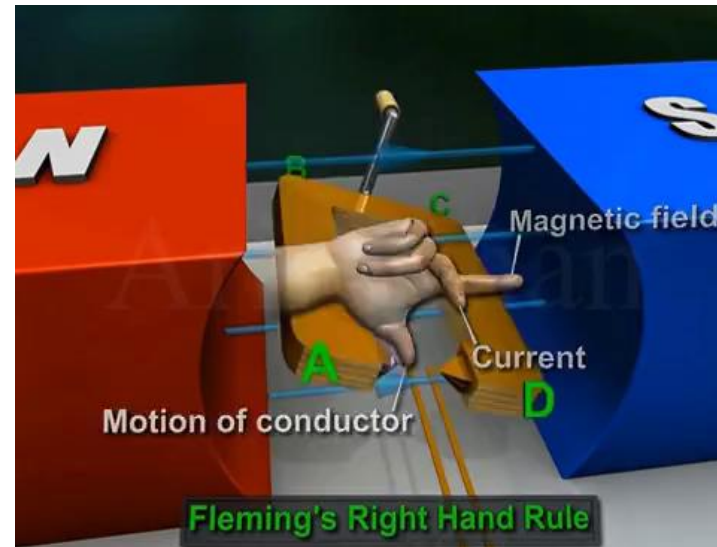
szinuszos váltóáram
(alternating current, AC)

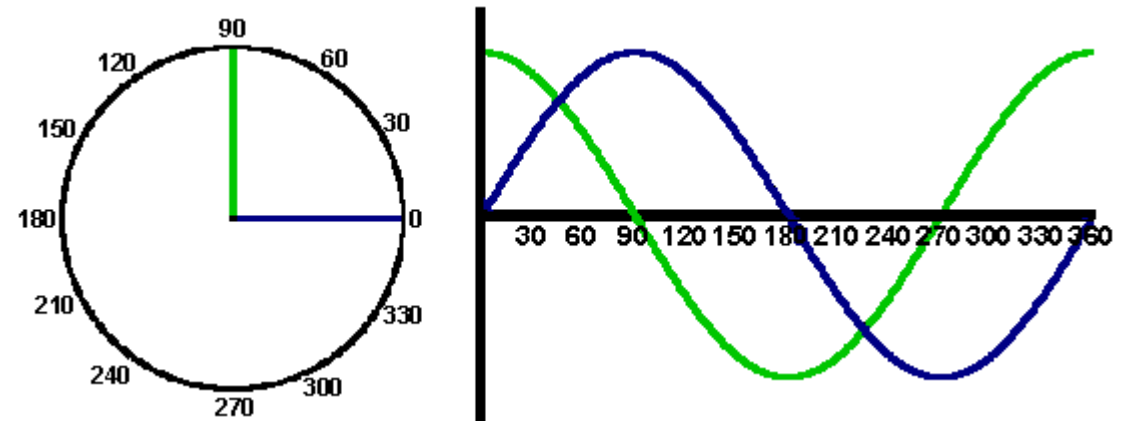
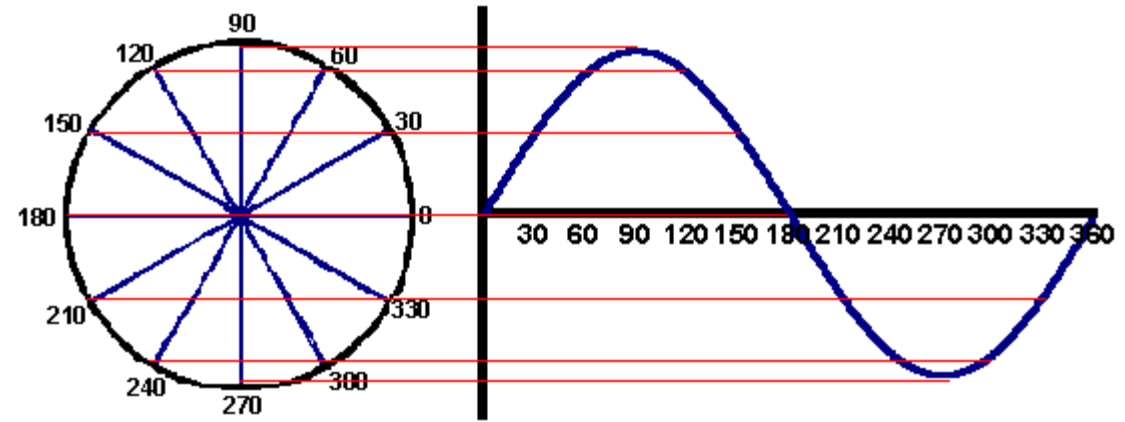


Thomas Alva Edison
1847-1931



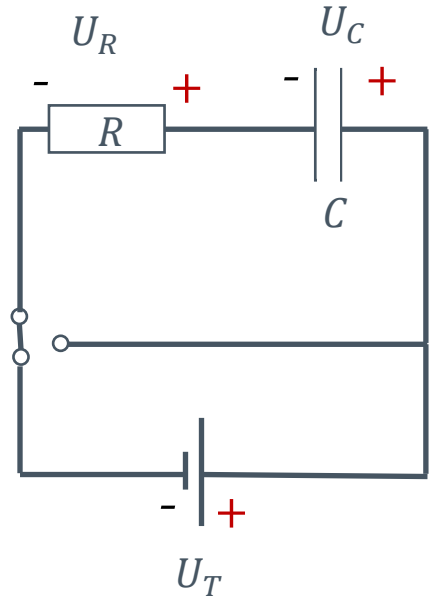
Nikola Tesla
1856-1943



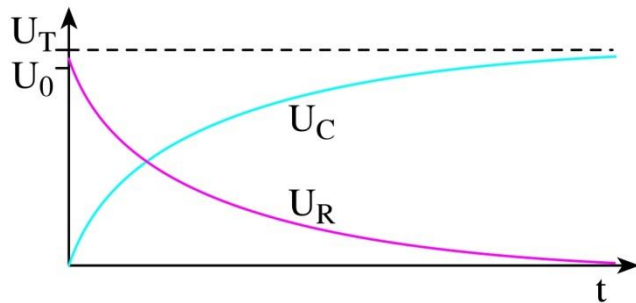


Elektromos áram: RC kör (soros)

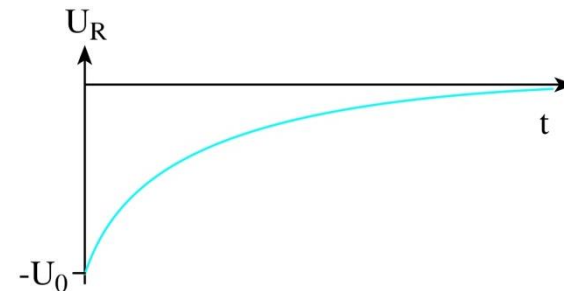
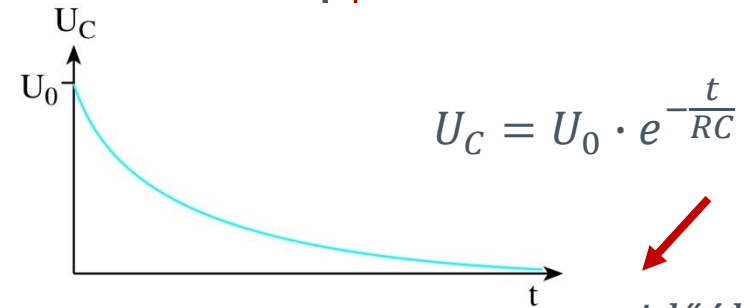
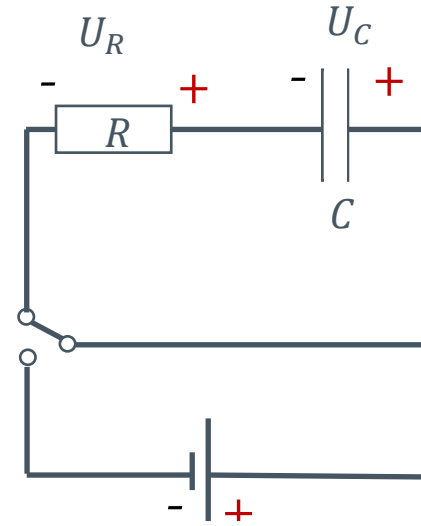
feltöltés



$$U_C = U_T \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$



kisülés



τ : időállandó

1. Adott egy RC-kör, amelynek az ellenállása $10\text{M}\Omega$, az időállandója pedig 1s . A kondenzátor kisütjük 2s -ig, mennyi a kondenzátor visszamaradt töltése a kiinduló töltéshez képest? Mennyi a kondenzátor kapacitása?

2. Egy RC-kör időállandója $0,6\text{s}$. Feltöltés során 1s -t követően mennyi lesz a kondenzátor feszültsége, ha a telepfeszültség 100V ? Mennyi időt vesz igénybe, hogy az így feltöltött kondenzátort a felére kisüssük?

Elektromos áram

Kondenzátor ellenállása váltóáramú áramkörben

Kapacitív ellenállás:
$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad [\Omega] \text{ Ohm}$$

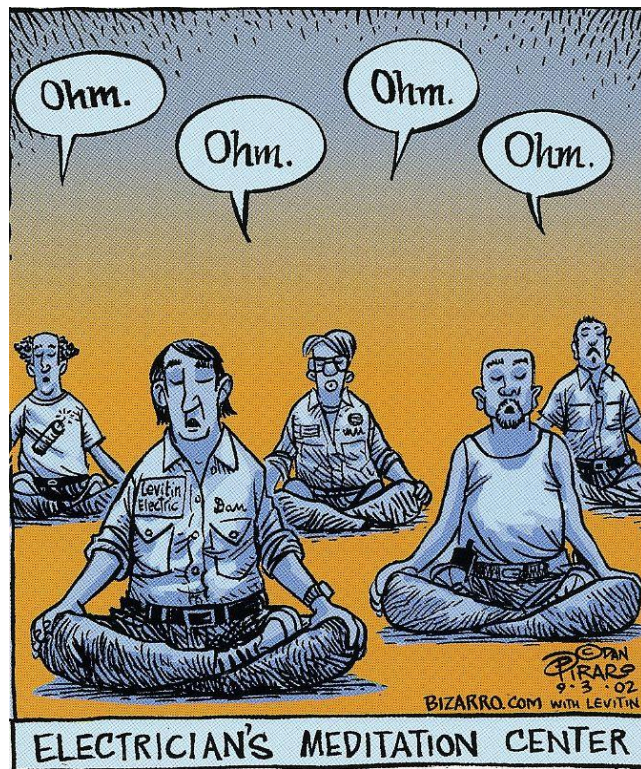
Impedancia: ohmos és kapacitív ellenállásokat is tartalmazó váltóáramú kör eredő ellenállása. $Z \quad [\Omega] \text{ Ohm}$

soros RC körben:

$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

párhuzamos RC körben:

$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2$$



Köszönöm a figyelmet!

Kicsit leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy egy defibrillátor RC-körként működik. A készülékben alkalmazott kondenzátort ($C = 20 \mu\text{F}$) kezelés előtt egy meglehetősen nagy feszültségre, pl. 5 kV-ra töltik fel, majd a két kezelő elektród segítségével a mellkasra kapcsolják. A kondenzátor a mellkason mint ellenálláson ($R = 1200 \Omega$) keresztül kisül. a) Mekkora a feltöltött kondenzátorban tárolt energia? b) Mekkora a testen átfolyó áram erőssége az első pillanatban? c) Mekkora a kezelés során előálló RC-kör időállandója? d) Mekkora a kondenzátor feszültsége 0,1 s-al a kezelés megkezdése után? e) Mennyi idő múlva csökken a kondenzátor feszültsége az ezredrészére, azaz 5 V-ra?

Európában a háztartásokban használt hálózati váltakozó feszültség az $U=325\text{V} \cdot \sin(314 \text{ 1/s} \cdot t)$ függvény szerint változik. Határozza meg: a) a feszültség csúcsértékét, b) a feszültség effektív (hatásos) értékét, c) a váltakozó áram körfrekvenciáját és d) frekvenciáját

Egy, az $U=34 \cdot \sin(6283 \text{ 1/s} \cdot t)$ függvény által jellemzett váltakozó feszültséget kapcsolunk egy 500 nF kapacitású kondenzátorra. Határozza meg a) a feszültség csúcsértékét, b) a feszültség effektív értékét és c) a kondenzátor kapacitív ellenállását

Egy reumás beteg iontoforetikus kezelésénél (ionos gyógyszermolekulák bevitele a testbe egyenáram segítségével) 40 V feszültséget kapcsolnak a kezelt testrészre, amelynek ellenállása $12\,500\,\Omega$. a) Mekkora a kezelt testrészen átfolyó áram erőssége? b) Mennyi töltés áramlik át a kezelt testrészen egy 10 perces kezelés alatt? c) Mennyi gyógyszermolekula jut be a testbe a kezelés alatt, ha egyértékű ionok formájában kerülnek alkalmazásra? Adja meg a gyógyszermolekulák mennyiségét mólban is!

Egy 20 m hosszúságú hosszabbító rézvezetéke $1,5\,\text{mm}^2$ keresztmetszetű. A réz fajlagos ellenállása $1,78 \cdot 10^{-8}\,\Omega\text{m}$. Határozza meg a) a vezeték ellenállását, b) a vezeték vezetőképességét és c) a réz fajlagos vezetőképességét!

Egy hagyományos villanykörteben lévő volfrámszál ellenállása — üzemi hőmérsékleten — $529\,\Omega$. A körtét a 230 V effektív feszültségű hálózatra kapcsoljuk. a) Mennyi hő keletkezik a körteben egy nap alatt? b) Mekkora a körte teljesítménye?