

Қарағанды техникалық университеті

*Дәріс барлық мамандыққа
арналған*

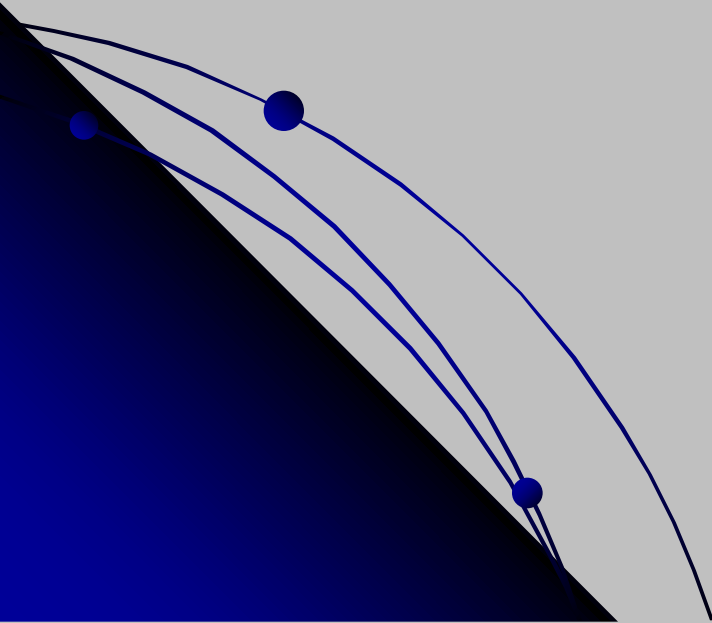
Дәріс тақырыбы: ТҰРАҚТЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ



Физика кафедрасының аға оқытушысы,
физика магистрі: Копбалина Қ.Б.

Дәріс жоспары

- Тұрақты электр тоғы
- Кирхгоф ережелері



Электр зарядтарының бағытталған қозғалысын электр тоғы деп атайды.

Өткізгіштегі электр тогы I тоқ күшімен сипатталады. Тоқ күші скалярлық шама.

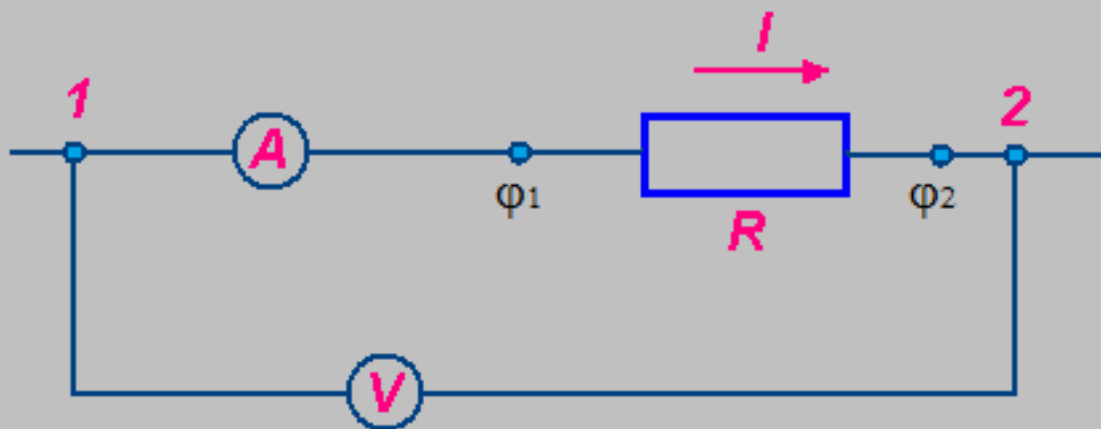
Электр тогының бағыты мен шамасы уақыт өткен сайын өзгермейтін болса, онда ол *тұрақты тоқ* деп аталады.

Берілген көлемнен бірлік уақыттың ішінде ағып өтетін электр мөлшерін *тоқ күші* деп атайды:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} .$$

Электр тоғының пайда болу шарттары:

1. Электр тоғы пайда болу үшін өткізгіште еркін зарядталған бөлшектердің болуы қажет
2. Электр зарядтарын қозғалысқа келтіру үшін сол өткізгіш ішінде элект өрісін тудыру керек.



Электр тоғы тоқ тығыздығымен де сипатталады. Электр тоғының тығыздығы j деп өткізгіштің бір өлшем қимасынан өтетін тоқ күшін I айтады.

$$j = \frac{I}{S}; \quad \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

Тоқ тығыздығы - векторлық шама, оның бағыты тоқ бағытына, яғни оң зарядтардың қозғалысымен бағыттас болады.

Электрондық теория тұрғысынан алғанда **тоқ күші** әрбір бөлшектің таситын зарядына, бөлшектің концентрациясына, олардың бағытталған қозғалысының жылдамдығына және өткізгіштің көлденең қимасының ауданына тәуелді.

$$dq = n \cdot e \cdot \langle v \rangle \cdot S \cdot dt$$

$$I = q_0 \cdot n \cdot v \cdot S.$$

Ал тоқ тығыздығы $j = ne \langle v \rangle$.

Тоқ күші көлденең қимада біркелкі таралмаса тоқ тығыздығының мәні

$$j = \frac{dI}{dS} \text{ немесе } dI = jdS.$$

Электр қозғау күш (э.қ.к):

Бөгде күштер электр зарядының өткізгіш бойымен орын ауыстыруы кезінде жұмыс атқарады.

Бөгде күштердің оң бірлік зарядтың орнын ауыстыруы кезінде істелген жұмыс мөлшерімен анықталатын физикалық шама **электр қозғау күш (э.қ.к)** деп аталады.

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{б}}}{q}; \quad \left[1\text{В} = \frac{1\text{Дж}}{1\text{К}} \right]$$

Э.Қ.К – тізбектің бөлігіндегі бөгде күштің энергетикарық сипаттамасы.

$$F_{\sigma} = E_{\sigma} \cdot q;$$

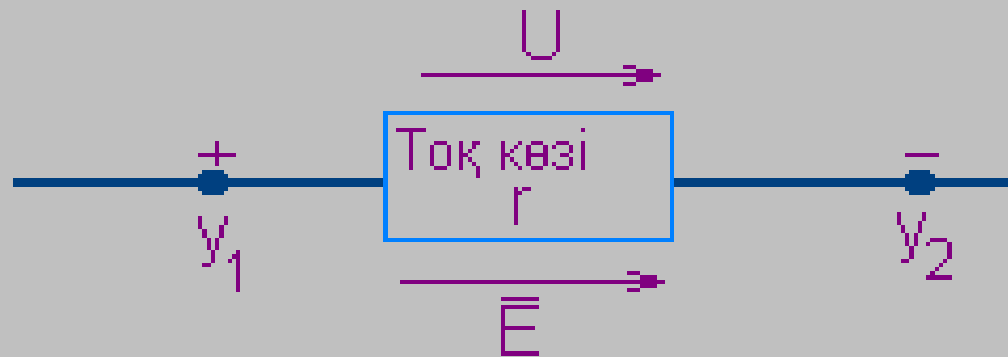
F_{σ} - өткізгіштің бойымен қозғалатын зарядтарға әсер ететін **бөгде күш**.

Бөгде күштің q_0 зарядын тұйық тізбек бойымен қозғалтқанда атқарған жұмысы:

$$A = \oint F_{\sigma} \cdot dl = q \oint E_{\sigma} \cdot dl.$$

Осы өрнекті q_0 -ға бөліп тізбекке әсер етуші ЭҚК-ін аламыз.

$$\mathcal{E} = \oint E_{\sigma} \cdot dl.$$



Электростатикалық өрісте тұйық тізбек (траектория) бойымен қозғалған зарядтың жұмысы нөлге тең, сондықтан:

$$A_{12} = q_0 \mathcal{E}_{12}.$$

Тізбектің бөлігі үшін Ом заңы. Өткізгіштің кедергісі

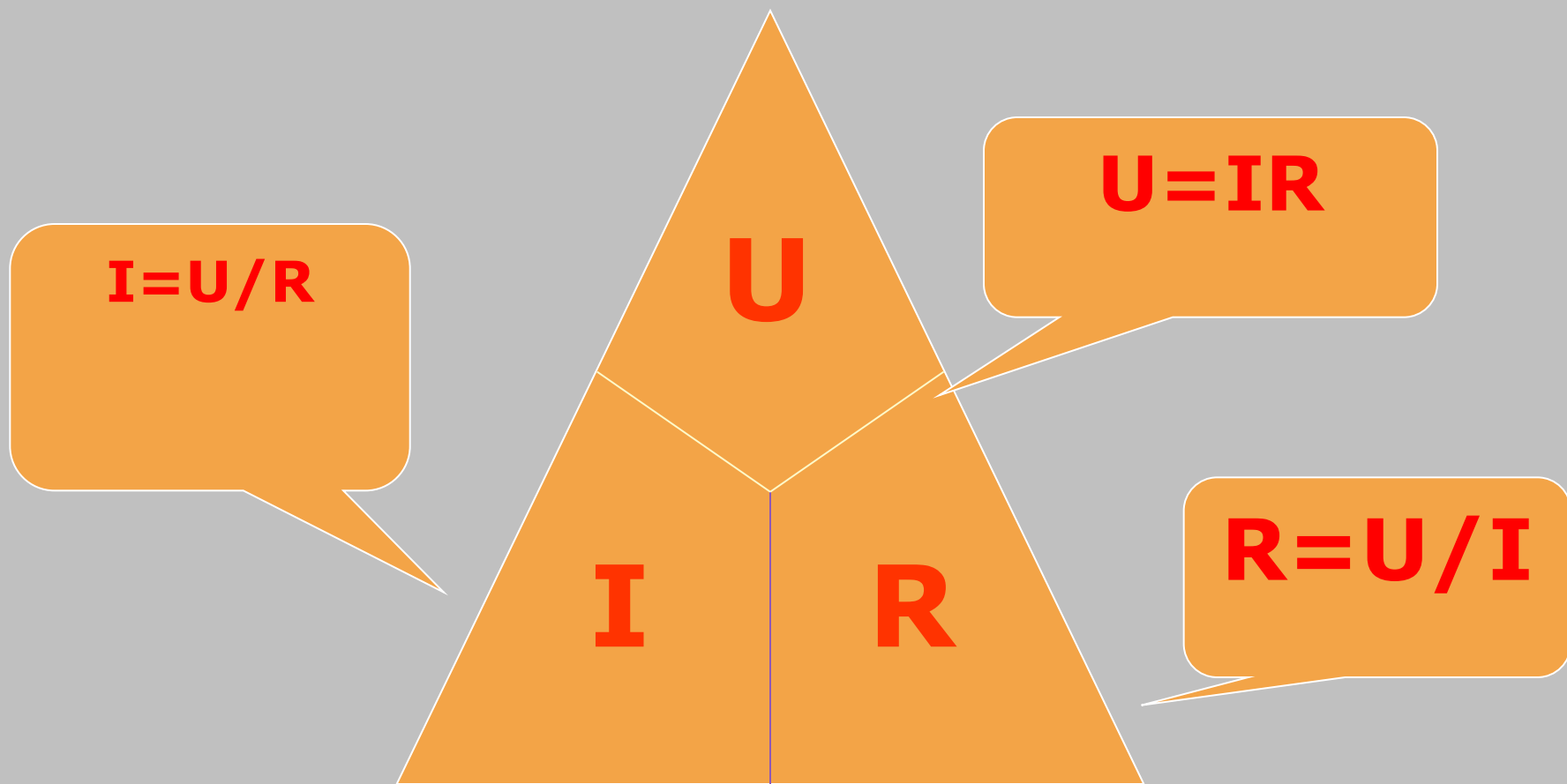
Температура тұрақты болғанда берілген өткізгіштің ұштарындағы кернеудің U ондағы тоқ күшіне I қатынасы тұрақты болатынын дәлелдеді:

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{I} = \frac{U}{I} = R.$$

Бұл R -шамасы өткізгіштің өз бойынан өтіп жатқан электрондардың бірбеткей қозғалысына кедергі (бөгет) жасау қабілетін сипаттайтындықтан оны өткізгіштің кедергісі деп атайды.

$$I = \frac{U}{R} \cdot \left[1O_M = \frac{1B}{1A} \right]$$

Тізбек бөлігі үшін Ом заңы



Өткізгіштің кедергісіне кері шама **электрлік өткізгіш** деп аталады.

$$R = \rho \frac{l}{S};$$

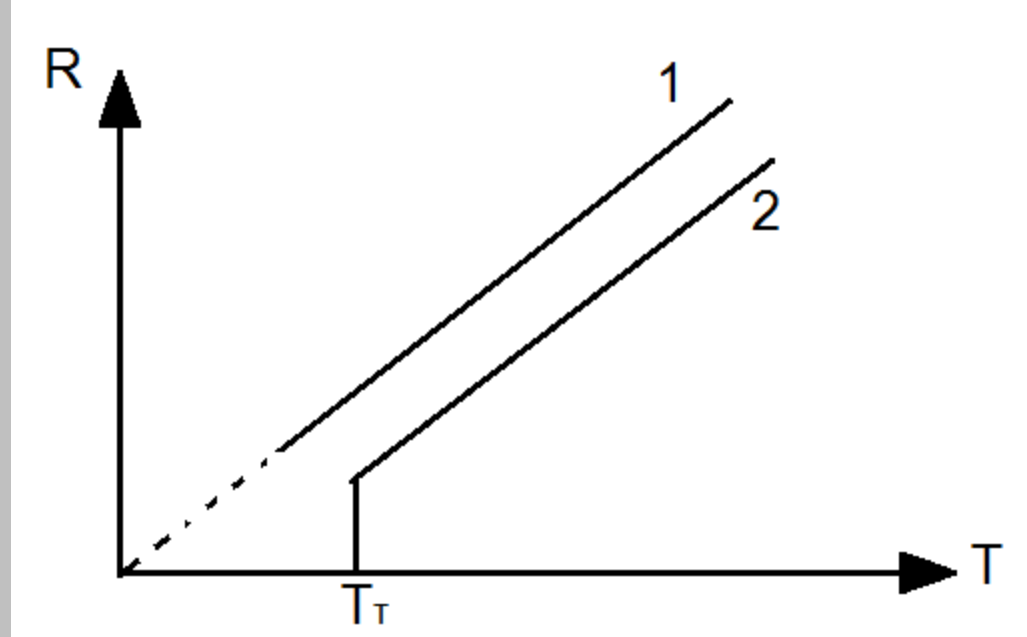
мұндағы ρ -пропорционалдық коэффициент, *заттың меншікті электрлік кедергісі* делінеді.

Меншікті кедергі мен температура арасындағы байланыс сызықтық тәуелілік заңына бағынады.

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t^0).$$

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t^0).$$

$$\alpha = \frac{1}{273};$$



$$R = \alpha \cdot R_0 \cdot T;$$

T -термодинамикалық температура.

α - кедергінің температуралық коэффициенті.

Меншікті электрлік кедергіге кері шама заттың меншікті электрлік өткізгіштігі γ деп аталады:

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

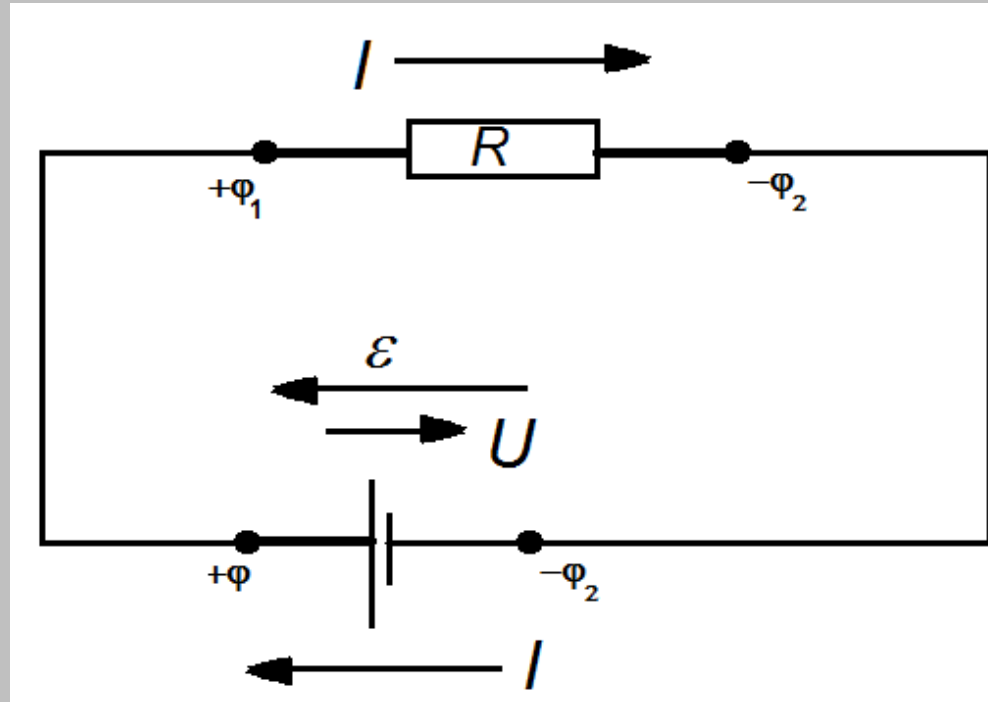
Өткізгіштегі тоқ тығыздығын \vec{j} өткізгіш ішіндегі кернеулік арқылы сипаттайық. Ом заңының өрнегін түрлендіріп, тоқ тығыздығын анықтайық:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{lE}{R} = \frac{S}{\rho} \cdot E.$$

$$\vec{j} = \frac{I}{S} = \frac{\gamma \vec{E} S}{S} = \gamma \vec{E}.$$

Тұйық тізбек үшін Ом заңы

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}.$$



Тұйық тізбектің өрнегінен

$$\varepsilon = IR + Ir.$$

$$\varepsilon = U_1 + Ir \quad \text{немесе} \quad U_1 = \varepsilon - U_2.$$

Тоқ көзінің ПӘК:

$$\eta = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{IR}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r}.$$

Егер $R = 0$ болса, қысқа тұйықталу – тоқ көзінің кедергісі аз өткізгішпен тұйықталуы мына формуламен өрнектеледі:

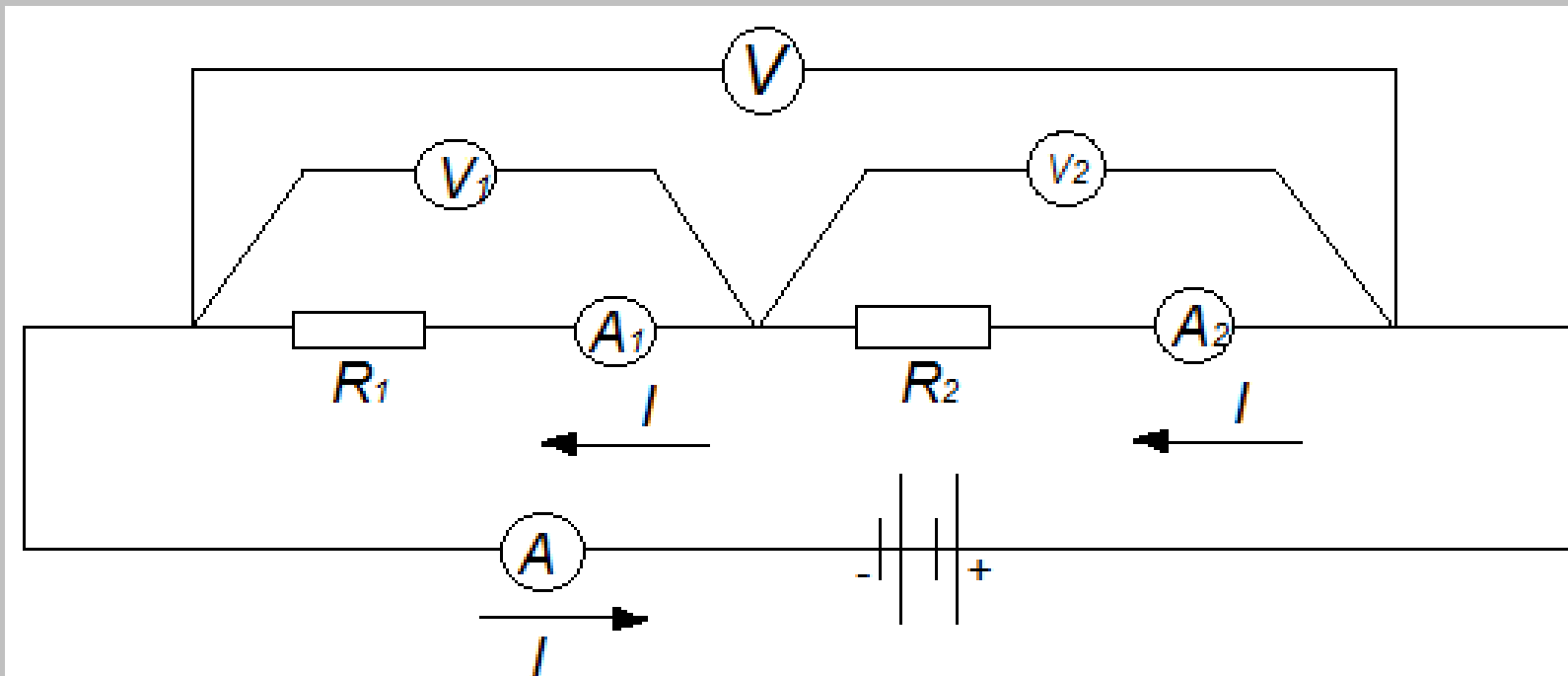
$$I_T = \frac{\varepsilon}{r}.$$

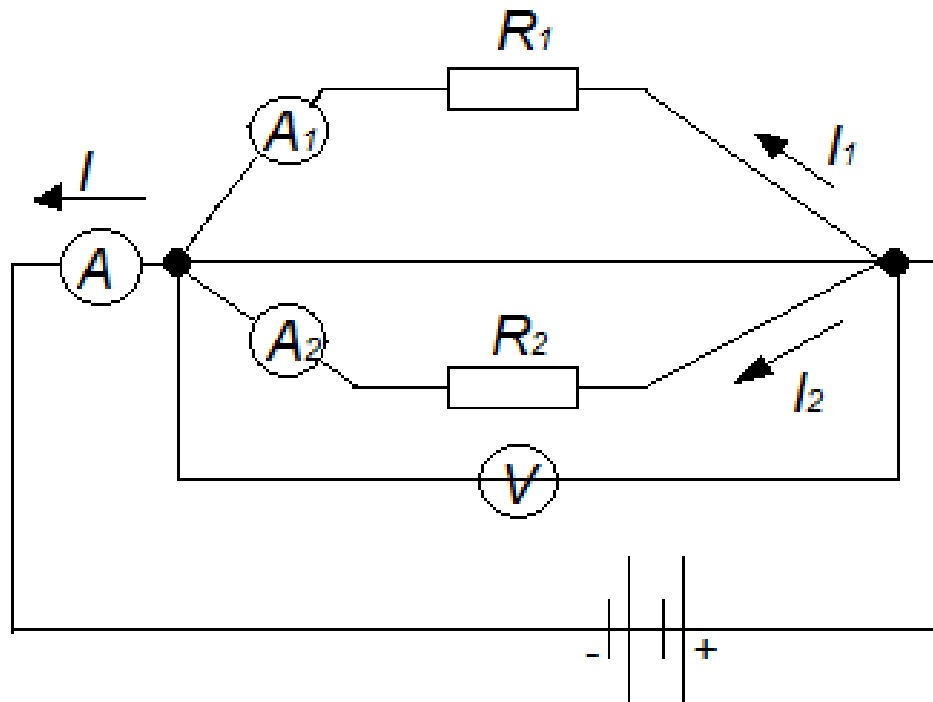
Өкізгіштерді тізбектей және параллель жалғау

Өткізгіштер тізбектей қосылғанда

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

мұндағы R_i – өткізгіштің кедергісі.





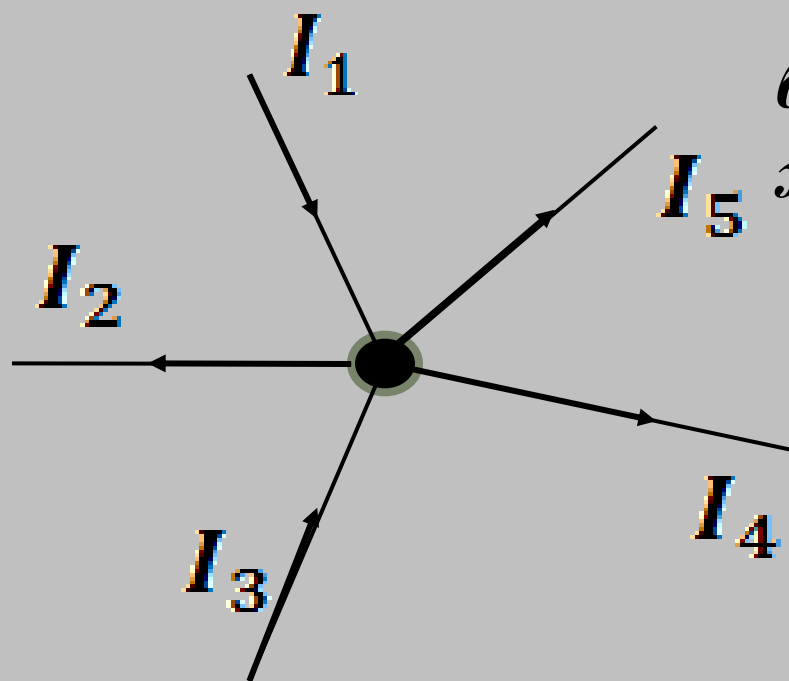
Өткізгіштерді қатарластыра (параллель)
жалғағанда

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

мұндағы R_1, R_2, \dots, R_n - тізбектегі жеке кедергілердің мәндері.

Тармақталған тізбек үшін Кирхгогв ережелері

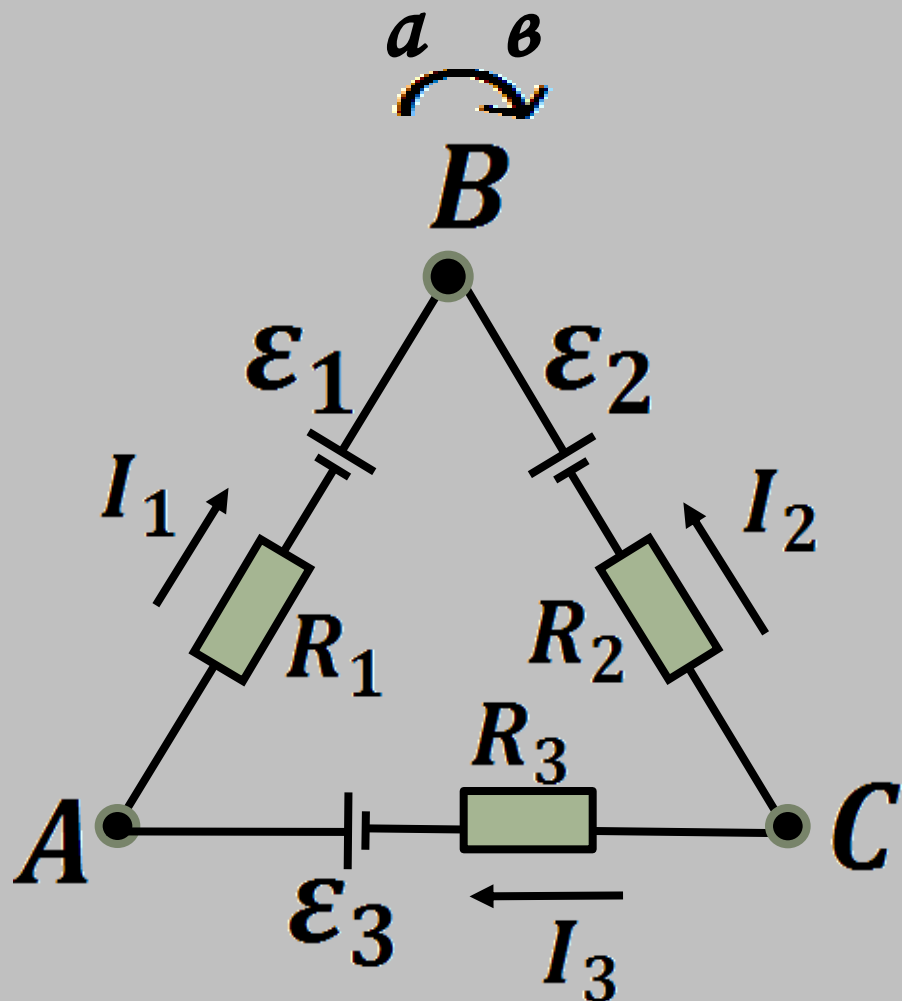
Сурет үшін Кирхгофтың бірінші заңы келесі түрде жазылады:



$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

$$\sum_{i=1}^n I_n = 0.$$

Тармақталған тізбектің мысалы.



$$I_1 R_1 = \varphi_A - \varphi_B + \varepsilon_1$$

$$-I_2 R_2 = \varphi_B - \varphi_C - \varepsilon_2$$

$$I_3 R_3 = \varphi_C - \varphi_A + \varepsilon_3$$

Теңдіктердің оң жағын
бірыңғай, сол жағын
бірыңғай қоссақ,
потенциалдар
қысқартылғаннан кейінгі
алатын теңдігіміз

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

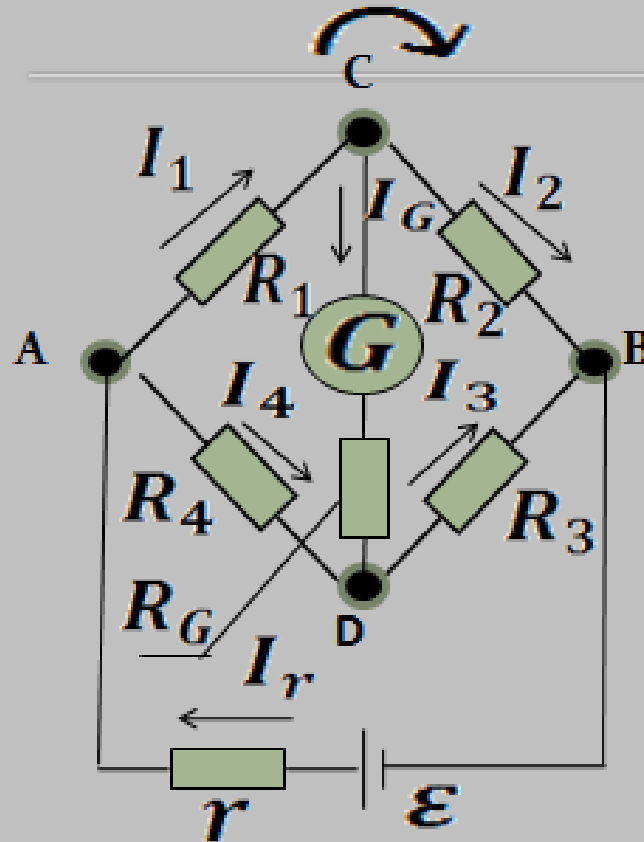
$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i$$

Бұл теңдеу Кирхговтың 2-ші ережесі деп аталады.

Егер Кирхговтың 1,2 –ережелерін Уйтсон көпірін есептеуге пайдалансақ:

$$I_1 = I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}.$$

$$I_3 = I_4 = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4}.$$



АВДС жәнек ВСДВ тұйық контурлардан 2-ережеге сәйкес:

$$I_2 R_2 - I_4 R_4 - I_k R_k = 0$$

$$I_1 R_1 - I_k R_k - I_3 R_3 = 0$$

$I_k = 0$ сондықтан $I_1 R_1 = I_3 R_3, I_2 R_2 = I_4 R_4$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \text{ немесе} \quad R_4 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

Тұрақты тоқтың жұмысы және қуаты

Электр тогы кернеуі U өткізгіште жұмыс атқарады.

$$dA = Udq = I \cdot U \cdot dt$$

Өткізгіштің кедергісі R болса, тізбектің бөлігі үшін Ом заңын пайдалансақ:

$$dA = I^2 \cdot R \cdot dt = \frac{U^2}{R} dt.$$

Осы теңдеулерді интегралдасақ:

$$dA = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t.$$

Электр тогының қуаты N оның бірлік уақытта атқарған жұмысымен анықталады:

$$N = \frac{A}{t} = I \cdot U = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

$$P_0 = \frac{\varepsilon^2}{r + R} - \text{тұйық тізбектегі қуат.}$$

Егер өткізгіштің бойынан өтіп жатқан тоқтың жұмысы түгелімен оны қыздыруға жұмсалса, бөлініп шыққан жылу энергиясы dQ істелген жұмысқа тең болады.

$$dQ = dA$$

Бұдан шығатын теңдеу: $dQ = I^2 \cdot R \cdot dt = \frac{U^2}{R} dt.$

Джоуль-Ленц заңы деп аталады.

Егер көлденең қимасы dS өткізгіштің ұзындығын dl алсақ Джоуль –Ленц заңы бойынша dt уақытында бөлінген жылу

$$dQ = I^2 \cdot R \cdot dt = j^2 dS^2 \cdot \rho \frac{dl}{dS} \cdot dt = j^2 \rho \cdot dS \cdot dl \cdot dt = j^2 \rho dV \cdot dt.$$

Өткізгіштің бірлік көлемінен бірлік уақытта бөлініп шығатын жылу мөлшерін тоқтың меншікті жылулық қуаты ω деп атайды:

$$\omega = \frac{dQ}{dV \cdot dt} = j^2 \cdot \rho$$

Ом заңының дифференциалдық түрін пайдалансақ дифференциал түрдегі Джоуль Ленц заңы шығады.

$$\omega = j \cdot E = \gamma \cdot E^2.$$

Бақылау сұрақтары

1. Тұрақты электр тогы дегеніміз не? Өткізгіште электр тогының пайда болуының негізгі шарттары қандай?
2. Өткізгіштегі тоқ күші дегеніміз не және оның өлшем бірліктері қандай?
3. Өткізгіштегі тоқ күшінің тығыздығы дегеніміз не?
4. Тоқ көздерінің түрлері, олардағы бөгде күштердің табиғаты және оның атқаратын жұмысы. ЭҚК және кернеу
5. Тізбектің бөлігі үшін Ом заңы. Өткізгіштің кедергісі және оның пайда болуының себептері. Кедергінің өлшем бірлігі

6. Электрлік өткізгіштік және меншікті электрлік өткізгіштік дегеніміз не?
7. Меншікті кедергі дегеніміз не және оның меншікті өткізгіштегі байланысы қандай?
8. Өткізгіштің кедергісінің оның тегіне және өлшеміне тәуелділігі
9. Өткізгіштің кедергісінің және меншікті кедергісінің температураға тәуелділігі
10. Төтенше өткізгіштік температурасы және асқын өткізгіштік құбылысы дегеніміз не?
11. Дифференциал түріндегі Ом заңын қорыт
12. Тұйық тізбек үшін Ом заңы
13. Тоқ көзінің ПӘК және оның қысқаша тұйықталуы дегеніміз не?

14. Өткізгіштерді тізбектеп қосу кезінде жалпы кедергіні, кернеуді және тоқты анықтау
15. Өткізгіштерді қатарластыра жалғау кезіндегі кедергілердің, тоқ күштерінің және кернеудің жалпы шамаларын анықтау.
16. Тармақталған тізбек үшін Кирхгофтың 1,2-ережелерін дәлелдеу.
17. Уинстон тұйық тізбегін (көпірін) пайдаланып белгісіз кедергіні анықтау әдісін түсіндір
18. Тұрақты тоқтың жұмысы мен қуатының өрнектері және өлшем бірліктері
19. Джоуль-Ленц заңы және өткізгіштің меншікті жылу шығарғыштық қуатын анықтау.
20. Дифференциал түріндегі Джоуль-Ленц заңын қорытып шығар.

Негізгі әдебиеттер

- 1. Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 1 том. Алматы, 2010– 505 б.
- 2 Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 2 том. Алматы. 2010, 429 б.
- 3. Трофимова Т.И. Физика курсы: ЖОО-лар үшін оқу құралы, 15 басылымы., М: "Академия" баспа орталығы , 2011. – 482 бет.
- 4. Волькенштейн В.С. Жалпы физика курсының есептер жинағы. М: "Мектеп" баспа орталығы. 2009 ж. 486 бет.
- 5. Савельев И.В. Курс физики в 3-х томах. – М.: Наука, 2010. – 1 т, 2 т.
- 6. Койшибаев Н. Механика, 1 том, Алматы 2005 ж, 494 бет
- 7. Бижігітов Т. Жалпы физика курсы, Алматы 2013, 889 б.
- 8. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для вузов. – М.: Оникс 21 век, 2007 – 384 с.
- 9. Савельев И.В. Жалпы физика курсы 3 том, Карағанды -2012, 324 б
- 10. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: АCADEMIA, 2007. – 558 с.

Назарларыңызға рахмет!