Физика боюнча райондук олимпиаданын теориялык турунун тапшырмаларынын чыгарылыштары.
2-күн

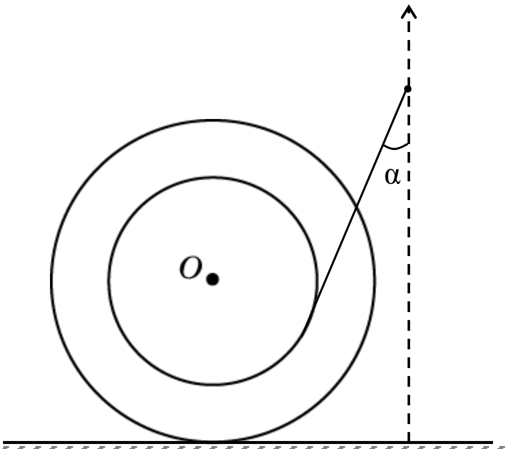
I тапшырма

Батперек – жерде леердин (калың жиптин, тростун) жардамы менен кармалып, шамалдын күчүнүн эсебинен жогору көтөрүлгөн учуучу аппарат.

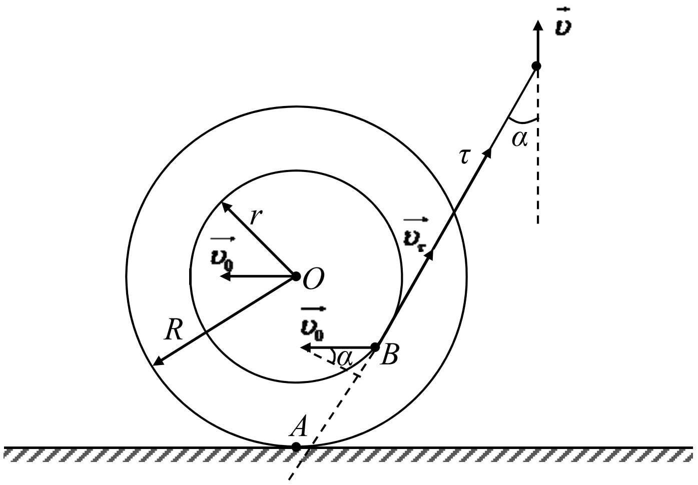
1896-жылы эң алгач Америкада телефон кабелдери өткөрүлбөгөн жерде телефон байланышын камсыздоо үчүн батперек сыналган. Бир канча ондогон метр бийиктикке көтөрүлгөн батперекке байланган ичке электр зымы (проводу) жердин горизонталдуу бети менен $\upsilon_0 = 2$м/с борбордун ылдамдыгында тоголонуп бараткан радиусу R = 3м барабар катушкадан жандырылып бара жатат.

Кайсы бир убакта бактын бутагынын астынан өткөрүлгөн зым вертикаль менен $\alpha = 30°$ бурчун түзөт. Ал эми зымдын түйдөгүнүн радиусу r = 2,7м барабар.

Бул учурда батперектин асманга көтөрүлүү ылдамдыгы кандай болот?



I тапшырманын чыгарылышы



Эгер кыймылдуу эсептөө системасы (КЭС) катушканын борбору менен байланыштырылса, анда проводдун кайсы бир *B* чекити үчүн ылдамдыктарды кошуу закону $\overrightarrow{u_B} = \overrightarrow{u_B'} + \overrightarrow{\upsilon_0}$, мында $\overrightarrow{u_B}$ – Жерге карата *B* чекитинин ылдамдыгы, $\overrightarrow{u_B'} - B$ чекитинин катушканын борборуна карата ылдамдыгы, $\overrightarrow{\upsilon_0}$ – катушканын борборунун Жерге карата ылдамдыгы.

τ: огуна карата проекцияда: $\upsilon_\tau - \upsilon_0 \sin\alpha = \upsilon$ – батперектин көтөрүлүү ылдамдыгы.

Б.а., батперектин ылдамдыгынын чоңдугу – бул *B* чекитинин Жерге карата τ. огу көздөй ылдамдыктын проекциясы.

$\upsilon_\tau - B$ чекитинин сызыктуу ылдамдыгы. *B* чекити – провод менен ички цилиндрдин жанышуу чекити –кыймылдуу эсептөө системасындагы (КЭС), б.а., *O* борборуна карата *B* чекитинин ылдамдыгы.

$\upsilon_\tau = \omega r,$ мында ω – катушканын бурчтук ылдамдыгы. Ал катушканын бардык чекиттеринде бирдей (*B* чекитинде да, *A* чекитинде да).

Катушка жер бети менен жылмышып жылбагандыктан, анын А чекити жер менен тийишүү учурунда $\overrightarrow{u_A} = 0.$ Жерге карата ылдамдыгына ээ болбойт.

A чекити үчүн ылдамдыктарды кошуу закону кийинкидей: $\overrightarrow{u_A} = \overrightarrow{u_A}' + \overrightarrow{\upsilon_0},$ мында $\overrightarrow{u_A} = 0.$

$$0 = \overrightarrow{u_A}' + \overrightarrow{\upsilon_0} \Rightarrow \left|\overrightarrow{u_A}'\right| = \left|\overrightarrow{\upsilon_0}\right| = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{\upsilon_0}{R}$$

Анда $\omega r - \upsilon_0 \sin\alpha = \upsilon \Leftrightarrow \frac{\upsilon_0}{R} \cdot r - \upsilon_0 \sin\alpha = \upsilon$

$$\upsilon = \upsilon_0 \left(\frac{r}{R} - \sin\alpha\right); \upsilon = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

I тапшырманы баалоо критерийлери (8 балл)

(1 б) – Проводдун чекиттеринин татаал кыймылы аныкталган: алар алга карай умтулуучу жана айлануучу кыймылдарда катышат.

(1 б) – Эсептөөнүн эки системасынын киргизилгени туура: Жерге байланыштуу жана бир калыпта жана түз сызыктуу кыймылда бара жаткан катушканын борбору менен байланышкан КЭС.

(3 б) – Шнурда тандалып алынган *B* чекити үчүн ылдамдыктарды кошуу закону: вектордук формада жана τ. огуна карата проекцияларда туура жазылган.

(1 б) – Катушканын борбордон ар түрдүү аралыкка алыстатылган *A* жана *B* чекиттеринин бурчтук ылдамдыктарынын теңдиги негизделип берилген.

(2 б) –Эсептөө формуласы алынган жана керектүү чоңдук табылган.

II тапшырма

Бул тапшырманы multitask, башкача айтканда, көп кырдуу деп атайлы.

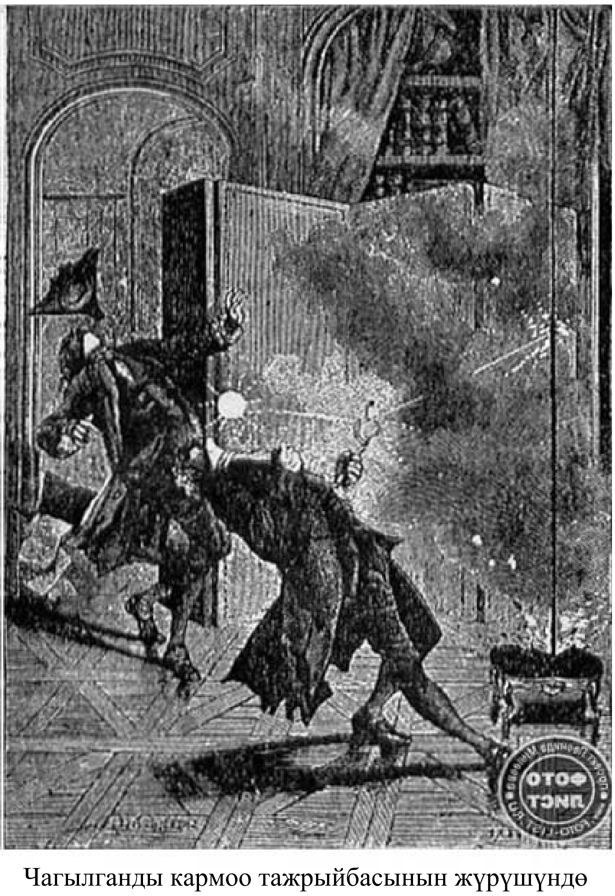
Ал пилотсуз учуучу аппаратка байланыштуу (аппарат сымал).

100 долларлык акчаны көргөндө физиктердин көпчүлүгүндө кызыктай ассоциациялар пайда болот, булар: күндүн күркүрөшү жана чагылган. Бул көрүнүш жөнөкөй эле түшүндүрүлөт. 100 долларлык акчада Американын Конституциясын гана эмес, чагылган тоскучту да ойлоп тапкан Бенджамин Франклиндин сүрөтү жайгашкан.

1. **Акыркы абзацта кандай ката кетирилген?**

Булуттардын электр касиеттерин изилдөө үчүн Бенджамин Франклин бири-бирине каршы-терши жайгаштырылган эки кедр таякчага жибек жоолукту тартып байлап, өз алдынча батперек жасап алган. Эки таякчага 30 сантиметрлик зымды (проволоканы) бекитип, анын учун өйдө каратып койгон. Батперектин төмөн жагына жибек лентаны байлап, ал эми лента менен батперекти кармаган кошумча жиптин кошулган жерине ачкыч тагып койгон.
  Жаан батперекти толугу менен суулап, аны электрди эркин өткөрүүгө жөндөмдүү кылгандан кийин тажрыйбачы манжаны ага бир аз гана жакындатканда эле электр жалыны агып түшүп жатканын көрөт.
Идея эң жөнөкөй эле: эгерде чагылган электрди (электричество) туюндурса, анда чагылган ургандан кийин заряд сууланган трос аркылуу саякаттайт, ал эми ачкычта разрядды көрүүгө болот.

2. **Ачкыч кокустан жерге түшсө, Сиз эмне кылат элеңиз?**
3. **Гравюрадагы байкоочулардын жаан алдында (жантык чийиндер) калганы айкын эле көрүнүп турат. Дарактын түбүнө далдааланса туура болбойт беле?**
4. **Шар формасындагы чагылгандын (ШФЧ) тыгыздыгы эмнеге барабар?**



Чагылганды кармоо тажрыйбасынын жүрүшүндө академик Рихмандын өлүмү.

Георг Рихман – немец тектүү (улутундагы) орусиялык физик. Михаил Ломоносов менен бирдикте электрди, анын ичинде атмосфералык электрди изилдөө менен алектенген. 1757-жылдын август айында Петербург илимдер академиясынын жыйыны учурунда чагылгандуу жаан башталган. Рихман үйүн көздөй чуркаган. Г.Рихман үйүнө келери менен **салтанаттуу кафтанын** чечпестен, дароо өзүнүн аспабын көздөй жөнөйт. Чагылган Рихмандын үйүнүн чатырына бекитилген темирге (темир чыбыкка) тийип, проводдор аркылуу Рихман жасаган атайын шайманды (“электр көрсөткүчү”) көздөй өтөт да, андан жалындуу (оттуу) күңүрт шар

бөлүнүп чыгып, илимпозду чекеге урат. Рихмандын алдында чагылганды “колдон чыгарып ийүү” эмес, аны “кармап алуу” маселеси турган эле. Бул окуя көз ачып-жумгуча эле болуп кетти. Шар формасындагы чагылган (ШФЧ) бөлмөнүн ичинде калкып турган.

5. **Каргашалуу тажрыйбада Рихмандын мундири кандай ролду ойногон?**

6. **Жердин бетинде терс заряд бар, ал эми ШФЧнын заряды кандай?**
7. **Жаандуу чагылгандын чок ортосу (эпицентри) байкоочудан канчалык узакта экендигин кантип билсе болот?**

II тапшырманын чыгарылышы

1. Сөз чагылган тоскуч жөнүндө болуп жатат. Бул чагылган соккусунан сактай турган имарат жана курулуштарда коюлуучу каражат болуп эсептелет. Эл арасында күндүн күркүрөшүн тоскуч (громоотвод) деген жаңылыш атоо бар, физика илиминин көз карашында, бул – л туура эмес аталыш.
2. Жер бетинде потенциалдын түрдүү чоңдуктарына ээ болгон чекиттери бар белгилүү бир радиусу менен айлана түрүндөгү электр талаасы пайда болот. Бул электр талаасынын аймагындагы чекиттердин арасындагы узундук канчалык чоң болсо, потенциалдардын айырмасы да ошончолук чоң болот, демек, кадам шилтеминин чыңалуусу да чоң (КШЧ). Адам күтүлбөгөн жерден КШЧга туш болсо, майда кадамдар менен бутун сүйрөп басып кооптуу аймактан дароо кетүүсү керек.
3. Чагылгандуу жаан жаап жаткан учурда далдааланчу жалгыз жер деп бактын алдына жашынуу болбойт. Элдин оозунда “Кургак калып өлгөндөн көрө, суу болсоң да тирүү кал” деген кеп бар. Статистикалык электрдин разряды, негизинен, эң аз электр каршылык көрсөткөн жол менен өтөт. Жерден түрмөк булутка чейинки аралыкка караганда бактын учунан ушул эле булутка чейинки аралык аз экендиги белгилүү, ошондуктан чагылган эң эле оболу бийик нерсеге тиет.
4. Шар формасындагы чагылган бөлмөнүн ичинде каалгып жүрөт, демек, анын затынын тыгыздыгы абанын тыгыздыгына барабар:

$$\rho_{\text{шфч}} = \rho_{\text{аба}} = \frac{P\cdot\mu}{RT}.\quad \rho = \frac{10^5\cdot 29}{8{,}31\cdot 10^3\cdot 300} \approx 1{,}2\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)\quad [\rho] = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\cdot\frac{\text{кг}}{\cancel{\text{кмоль}}}}{\frac{\text{Дж}}{\cancel{\text{кмоль}}\cdot\cancel{\text{град}}}\cdot\cancel{\text{град}}} = \frac{\cancel{\text{н}}\cdot\text{кг}}{\text{м}^2\cdot\cancel{\text{н}}\cdot\text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

5. Салтанаттуу мундирдин топчулары металлдан жасалган жана күмүш менен капталган болушу толук ыктымал. Электростатикалык индукциянын натыйжасында ШФЧ жакындап келип, карама-каршы белгинин зарядын “таамайлайт”. Бул болсо чукул (тез) тартылуу жана соккуга шарт түзөт.
6. Ионосфера – атмосферанын иондоштурулган катмары, оң зарядка ээ. Жердин бети терс зарядга ээ, ал эми ионосфера болсо ШФЧнын оң зарядын шарттайт.
7. Үн 1 км аралыктан өтүшү үчүн 3 сек. керектелери белгилүү. Бул үчүн чагылгандын жаркырашы менен күндүн күркүрөшүнүн арасында канча секунда өткөнүн санап, келип

чыккан санды 3кө бөлүү керек. Алынган сан чагылгандын эпицентрине (очогуна) чейинки аралык (км менен) болуп эсептелет.
Эгерде үндүн кечигүүсү узарса, чагылган фронту алыстап бараткан болот. Ал эми үндүн кечигүүсү кыскарса, анда чагылган фронту жакындап жатканды билдирет.
Эгерде чагылгандын жаркырашы менен күн куркүрөшүнүн жаңырыгы бирге келсе, анда бул көрүнүш Сиз чагылгандын так очогунда турганыңызды жана бул абдан кооптуу экендигин билдирет.

II тапшырманы баалоо критерийлери (14 балл)

1) (**1 б**) – Күн күркүрөөнүн жана чагылгандын кубулуштарынын принципиалдуу физикалык айырмачылыктары көрсөтүлгөн.
2) (**2 б**) – Талаа чекиттеринин потенциалдарынын айырмасына туура пропорциялуу күчтүн тогунун жабыркатуу таасири туура белгиленген. Потенциалдардын кадам шилтеминин айырмасы – кадам шилтеминин чыңалуусу туура бааланган: кадам шилтеми канчалык чоң болсо, буттардын тамандарынын арасындагы чыңалуу да ошончолук чоң болот.
3) (**1 б**) – электр разряды үчүн мыкты шарттар көрсөтүлгөн: разряд өтүп бара жаткан жолду кыскарткан учурда электр каршылыгы бактын бийиктигинин эсебинен азаят.
4) Эң көп 5 балл:
   (**2 б**) – а) ШФЧ менен абанын тыгыздыктарынын салыштырмалуу мүнөздөмөсү сапаттуу деңгээлде жүргүзүлгөн;
   (**3 б**) б) бул чоңдуктардын сандык баалоосу жайлуу шарттарда аба үчүн Менделеев-Клапейроддун тендемесинин жардамы менен жүргүзүлгөн.
5) (**2 б**) – ШФЧ жана өткөргүчтү тартуунун себеби туура аныкталган – мундирдин металл (күмүш менен капталган) топчуларына карама-каршы белгидеги электростатикалык зарядды таамайлоо. Муну менен бирге электростатикалык индукция кубулушу так көрсөтүлүшү керек.
6) (**2 б**) – Жердин бети терс зарядга ээ экендиги жалпыга маалым. Демек, ионосфера оң зарядга ээ. Бул пикир ШФЧнын зарядынын оң белгисин толук негиздей алат. ШФЧ Жердин терс заряддалган бетинен түртүлбөгөнүнө карата берилген шилтемени негиздөө катары эсептөө керек.
7) Эң көп 1 балл
   (**1б**) – чагылгандын очогуна чейинки аралыктын сандык бааланышы туура деп эсептелиши керек;
   же
   (**0,5б**) – күндүн күркүрөшү менен чагылгандын жаркырашынын дал келишинин кооптуулугунун белгиленгендигин, ошондой эле чагылгандын очогуна чейинки аралыктын өзгөрүшүнүн сапаттуу баалагандыгын туура деп кабыл алса болот.

III тапшырма

Дрон – учуучу робот. Эски англис тилинде “drone” аарынын эркегин билдирген.
Он алтынчы кылымда эле “drone” термини бекерчи, жалкоолорго карата колдонула баштаган.
Сиздин эмки изилдөөңүз заманбап дрон – квадрокоптер Phantom 4 менен байланыштуу болот.

Сиз квадрокоптердин көтөрүлүү күчүнүн пайда болуусун олимпиаданын биринчи күнүндөгү Карлсонго байланыштуу маселеде изилдегенсиз, ал эми бул тапшырмада төрт винттин тартуусу (тяга) дронду жогору жакты көздөй түртүп жаткан убакта катып калган винттин бири жаратып жаткан аба басымдарынын түрдүүлүгүн аныкташыңыз керек.
Тапшырманы 2015-жылдын 26-январында АКШнын Ак үйүнүн аймагына түшүп, бул себептен Чалгын кызматы тарабынан имарат курчоого алынып кеңири таанылган Phantom 4 квадрокоптерине байланыштырып аткарыңыз.
Phantom 4 квадрокоптеринин массасы $M = 1{,}4$кг барабар.
Винттин бычагынын узундугу $D = 33$ см – бул винттин бычактары чагылдырган айлананын диаметри.

III тапшырманын чыгарылышы

Коптердин кыймылы чоң бийиктикте (лопасттардын диаметрине салыштырмалуу) жүргүзүлөт. “Катып калуу” режими каралып жаткандыктан, квадракоптер үчүн $F_{кк} = Mg$, мында $\overrightarrow{F_{кк}}$ – көтөрүлүү күчү.

Бардык багыттардан тартылып алынып жаткан аба (төмөндү көздөй багыттан башка) υ ылдамдыгына чейин жүрүшүн күчөтүү үчүн коптердин үстүндөгү басым атмосфералык басымдан $\frac{\rho\upsilon^2}{2}$ чоңдугуна аз болуусу керек, мында $\rho -$ абанын тыгыздыгы. Муну менен бирге аба бардык жактан винттердин үстүнө жакындаган сайын, аккумулятордун эсебинен кинетикалык энергияга ээ болот.

Ньютондун II законуна ылайык, $\frac{\Delta m\cdot\upsilon}{\Delta t} = F_{кк} = Mg$

Бир винт үчүн: $\frac{\Delta m\cdot\upsilon}{\Delta t} = \frac{Mg}{4}$, мында $Mg -$ коптердин салмагы.

$$\Delta m = \rho\cdot\frac{\pi D^2}{4}\cdot\upsilon\cdot\Delta t$$

$\Delta m\cdot\upsilon = \rho\cdot\frac{\pi D^2}{4}\cdot\upsilon^2\cdot\Delta t;$ $\frac{\Delta m\upsilon}{\Delta t} = \rho\cdot\frac{\pi D^2}{4}\cdot\upsilon^2 = \frac{Mg}{4}.$ Анткени $P + \frac{\rho\upsilon^2}{2} = const,$ анда басымдардын айырмасы $\Delta P = \frac{\rho\upsilon^2}{2} = \frac{Mg}{2\pi D^2}$ түзөт.

$$\triangle P = \cdot\frac{14}{2\cdot 3{,}14\cdot(0{,}33)^2}\approx 20{,}5(\text{Па})$$

$$[\triangle P] = \frac{\text{кг}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$$

III тапшырманы баалоо критерийлери (10 балл)

(**0,5 б**) **–** Винттердин үстүндөгү аба тартуунун багыты туура аныкталган.

(**2 б**) **–** Аккумулятордун жумушунун эсебинен абанын кинетикалык энергиясынын жогорулашынын натыйжасы катары бул жердеги абанын динамикалык басымынын пайда болушу белгиленген.

(**3,5 б**) **–** Статикалык багыттын азаюусун түшүндүрүү үчүн Бернуллинин закону колдонулган.

(**1 б**) **–** Ыргытылып жаткан абанын импульсун баалоо Ньютондун II законунун универсалдуу формулировкасын колдонуу менен жүргүзүлгөн: $\frac{\triangle\vec{K}}{\triangle t} = \vec{F}$.

(**2б**) **–** Тапшырманы “жалпы түрдө” чыгаруу да жактырылат (кабыл алынат), анткени бул учурда абанын тыгыздыгынын чоңдугун эсептен чыгарууга мүмкүндүк берет. Ал эми тапшырманы аткаруунун ортоңку этабында бул чоңдукту колдонуу муктаждыгы келип чыгып, аны Менделеев-Клапейрондун жайлуу шарттар үчүн (нормалдуу шарттар үчүн) тендемесинен аныктаса, мактоого татыйт.

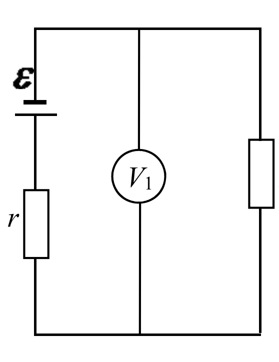
(1 **б**) **–** Туура эсептөө формуласы алынган. Анык жыйынтык алынган.

IV тапшырма

Дрондун маанилүү деталдарынын бири – анын аккумулятору. Бул – шаймандын жүрөгү. Сиз анын батареясынын толугу менен отуруп калбашына жоопкерчиликтүүсүз. Андыктан шайманды так эле учуруунун алдында көзөмөлдөн өткөрүү туура болот.

Бизде (колубузда) жакшы эле иштеген 2 вольтметр бар, бирок алар идеалдуу эмес, башкача айтканда, алардын жеке каршылыгы акыркы чоңдукка ээ. Аккумуляторго туташтырган абалда вольтметрлердин биринин көрсөткүчү 14Вко барабар. Аккумуляторго биринчи вольтметрдин ордуна экинчисин туташтырганда, 12Втук маани көрсөтүлөт. Бул көрүнүшкө кейүү менен ой жүгүрткөндөн кийин бири-бирине параллелдүү түрдө эки вольтметрди аккумуляторго туташтырдык. Экөө тең бирдей 11Втук чыңалууну көрсөтүштү. $\mathcal{E}$. батарейкасынын ЭДСин кантип аныктаганыбызды түшүндүрүп бериңиз.

IV тапшырманын чыгарылышы

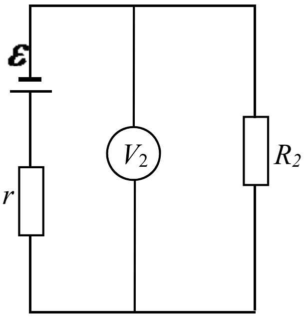


$$\mathcal{E} = i\cdot(R_1 + r)$$

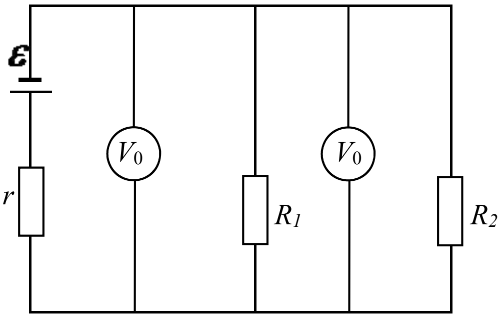
$U_1 = i\cdot R_1$ – вольтметрдин көрсөткүчү

$$i = \frac{U_1}{R_1};\ \mathcal{E} = \frac{U_1}{R_1}(R_1 + r);\ \mathcal{E} = U_1\cdot\left(1 + \frac{r}{R_1}\right)$$

$$U_1 = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{r}{R_1}}(*)$$



Бирдей, $U_2 = \dfrac{\mathcal{E}}{1+\dfrac{r}{R_2}} (**)$



Бул учурда, вольтметрлерди параллелдүү туташтырганда, алардын жалпы каршылыгы $R_{1,2} = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot R_2} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}}$ болот.

Анда $U_0 = \dfrac{\mathcal{E}}{1+\dfrac{r}{R_{1,2}}} = \dfrac{\mathcal{E}}{1+r\left(\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}\right)}$

$(*)$ жана $(**)$: туюнтмаларын кошобуз

$$1+\frac{r}{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{U_1}$$

$$+$$

$$1+\frac{r}{R_2} = \frac{\mathcal{E}}{U_2}$$

$$1+\frac{r}{R_1}+\frac{r}{R_2} = \frac{\mathcal{E}}{U_1}+\frac{\mathcal{E}}{U_2}-1$$

Ал эми $1+\dfrac{r}{R_1}+\dfrac{r}{R_2} = \dfrac{\mathcal{E}}{U_0}$ болсо, анда $\dfrac{\mathcal{E}}{U_0} = \dfrac{\mathcal{E}}{U_1}+\dfrac{\mathcal{E}}{U_2}-1$

$$\mathcal{E} = \frac{1}{\dfrac{1}{U_1}+\dfrac{1}{U_2}-\dfrac{1}{U_0}}; \quad \mathcal{E} = \frac{1}{\dfrac{1}{14}+\dfrac{1}{12}-\dfrac{1}{11}} \approx 15,7(\text{В})$$

IV тапшырманы баалоо критерийлери (8 балл)

(1 б) – Белгиленген шаймандарды (өзгөчөлүктөрү менен кошо) колдонуунун биринчи тажрыйбасы схемалык түрдө туура берилген.

(1 б) – Экинчи тажрыйбанын схемасы туура көрсөтүлгөн.

(2 б) – Белгиленген шаймандар жана алардын элементтери үчүнчү тажрыйба үчүн схемага негизделип киргизилген.

(2 б) – Электр чынжырларынын эсеби бардык үч учурда тең туура жүргүзүлгөн.

(2 б) – Керектүү чоңдуктун эсептөө формуласы алынып, туура сандык мааниси табылган.