

«ДАРЫН» РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫ
ФИЗИКА ПӘНІ БОЙЫНША РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ОЛИМПИАДАНЫҢ ТӨРТІНШІ
(ҚОРЫТЫНДЫ) КЕЗЕҢІ (2024-2025 ОҚУ ЖЫЛЫ)
9 сынып, 1 тур

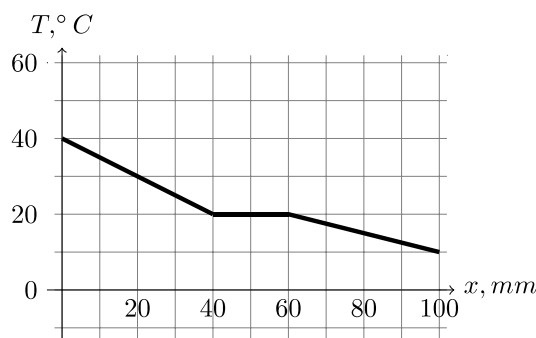
Жұмыс уақыты: 5 сағат

Есеп_1. «Қоспа» [10.0 ұпай]

Бұл есеп бір-бірінен тәуелсіз үш бөлімнен тұрады.

1.1- бөлім. Бірқалыпсыз қыздыру (3,5 ұпай)

Биіктігі $h = 10$ см цилиндрлік ыдыс ернеуіне дейін сұйықпен толтырылған және төмендегі суретте берілген бастапқы температураның биіктікке тәуелді таралуына ие. Бұл есепте қоршаған ортамен жылуалмасу ескерілмейді. 1) Ыдыстағы сұйықтың жылуалмасу аяқталғаннан кейінгі орныққан температурасын табыңыз. Температура орныққаннан кейін ыдысқа біртекті денені салады. Дененің тығыздығы сұйықтың тығыздығынан екі есе көп, ал дененің меншікті жылу сыйымдылығы сұйықтың меншікті жылу сыйымдылығынан екі есе аз. Жылуалмасу аяқталғаннан кейін ыдыстағы температура $\theta_1 = 28^\circ\text{C}$ болды. 2) Егер дәл сол бастапқы температурада ыдысқа бір дененің орнына, бірден екі бірдей дене салынса, онда ыдыстағы θ_2 орныққан температура мәні қандай болады?

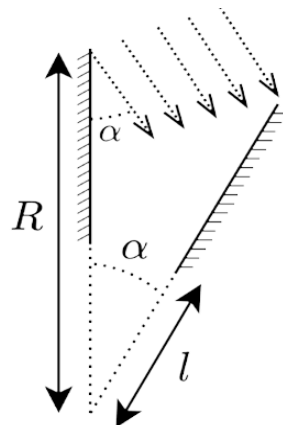


1.2-бөлім. Физика және футбол (3,0 ұпай)

Нұрболда доп пен секундомер болды. Ол бір уақытта допты көкжиекке қарай белгілі бір бұрышпен тепкілеп, секундомерді іске қосты, ол доп өзінің ең жоғары траектория нүктесінде болғанға дейінгі уақытты өлшеді (доп Нұрбол тұрғысынан көрінетін көкжиектен жоғары бұрыш болды) максималды). Секундомер $t_1 = 0.622$ с көрсетті. Нұрболдың өсуін бағалаңыз. Еркін түсу үдеуі $g = 9.81 \text{ м/с}^2$.

1.3- бөлім. Қос айна (3,5 ұпай)

Екі жазық бірдей тікбұрышты айналар қосқабырғалы α бұрышын құрайды, оң жақтағы суретті қараңыз. Айнаның бір жағы шексіз (суретке перпендикуляр), екінші жағының ұзындығы R . Бұрыштың төбесінен бастап, біз l ұзындықтағы айналардың бөліктерін алып тастаймыз (сәулелер алынған бөліктер арқылы өтуі мүмкін). Суретте көрсетілгендей, айнаның бір жағына α бұрышынпен сәулелер жіберіледі. $k_{min} = l/R$ қатынасының қандай минималды мәнінде, барлық сәулелер айнаның алынған бөлігі арқылы шығады? k_{min} мәнінде бір сәуле екі айнадан да шағылысуының максималды саны қанша? Есептің барлық бөліктерінде $\alpha = \pi/32$ деп есептеңіз.



Есеп _2. Циолковскийдің аспан айлағы [10,0 ұпай]

Жақын болашақтағы әлемде, 1895 жылы алғаш рет ғарышқа апаратын аспан мұнарасы жайлы ойлаған Константин Циолковскийдің идеяларынан шабыттанған ғалымдар мен инженерлер ғарышқа жүк жеткізудің бірегей жүйесін жасады. "Прометей" ғарыш кемесі тұрақтандырғыш қозғалтқыштармен жабдықталып, Жер экваторының үстінде $H = \alpha R$ биіктікте қозғалмай ілініп тұрады және жердегі "Терра-1" жабдықтау станциясына қатысты бекітілген күйде қалады. Осы қалыпты сақтау үшін оның қозғалтқыштары гравитациялық күшті үнемі өтеумен болады.

Жүйенің негізгі параметрлері: Жердің радиусы $R = 6400$ км, Жердің массасы $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг, Жердің айналу бұрыштық жылдамдығы $\omega = 7,27 \cdot 10^{-5}$ рад/с, мұнара биіктігінің өлшемсіз параметрі $\alpha = 1,8\alpha_k$, мұндағы α_k — центрден тепкіш күш гравитацияны толық өтеуге мүмкіндік беретін биіктікке сәйкес келетін шекті мән. Гравитациялық тұрақты $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг · с²).

Жер мен ғарыш кемесінің арасындағы жүктерді тасымалдау үшін біртұтас қабырғалары бар, массасы $m_t = 3,6 \cdot 10^9$ кг болатын қатты вертикаль құбыр салынған. Құбырдың төменгі ұшы «Терра-1» платформасына мықтап бекітілген және қатаң вертикаль қалыпта ұсталып тұрады. Жүктер құбырмен төменгі бөлігінен жоғары қарай қабырға бойымен бірқалыпты көтерілетін капсула көмегімен тасымалданады. Артық жүктемелер мен зақымдануды болдырмау үшін капсуланың жылдамдығы тұрақты күйде ұстап тұрылады. Капсула мен жүктің жалпы массасын $m = 5$ т деп алайық.

Капсула мен құбыр қабырғалары арасындағы үйкеліс елеусіз деп есептеледі, Жердің айналуы ескеріледі, бірақ оның Күнді айнала қозғалуы назарға алынбайды. Осы шарттарды ескере отырып, келесі шамаларды анықтаңыз:

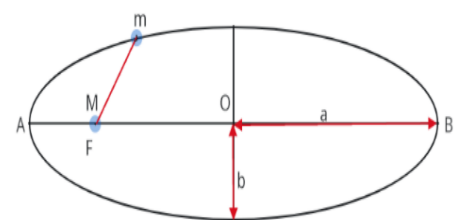
1. Центрден тепкіш күш гравитацияны толық өтейтін биіктіктегі өлшемсіз параметрдің критикалық мәнін α_k .
2. Жүктің "Терра-1" жабдықтау станциясынан "Прометей" кемесіне көтерілген кезде гравитациялық күштің атқаратын жұмысын.
3. Жүктің "Терра-1" станциясынан "Прометей" кемесіне көтерілген кезде инерцияның центрден тепкіш күшінің атқаратын жұмысын.
4. Жүктің кемеге жеткізілуі үшін сыртқы күш көзі атқаруы тиіс минималды жұмысты.
5. Жүктің көтерілуі кезінде Жердің гравитациялық күші мен инерцияның центрден тепкіш күші нөлдік жалпы жұмыс атқаратын H_0 биіктікті.
6. Егер «Прометей» кемесінің тарту күшін жүк тасымалданбай тұрған кезде құбырға ешқандай әсер етпейтіндей етіп басқаруға болса, кемеңің биіктігі $H = \alpha R$ болған жағдайда «Терра-1» платформасының құбырға әсер ететін күшін.

Жүктің «Прометей» кемесіне жеткізілгеннен кейін, кейбір жүктер Жерді эллипстік орбита бойымен айналып жүретін орбиталық көлік серігіне жөнелтілуі мүмкін, бұл суретте көрсетілген.

Эллипс — бұл жазықтықтағы тұйық қисық сызық, бір бағытта қысылған шеңбер болып табылады. Эллипстік орбитаның маңызды ерекшелігі — Жер (немесе кез келген орталық планета) эллипстің ортасында емес, әрқашан оның фокус нүктелерінің бірінде орналасады. Бұл аспан денелерінің қозғалысын сипаттайтын Кеплер заңдарынан туындайды.

Гравитациялық тұрақты G , Жердің массасы M , серіктің массасы m , орбитаның үлкен жарты осі a және кіші жарты осі b мәндерін пайдалана отырып, келесі шамаларды анықтаңыз:

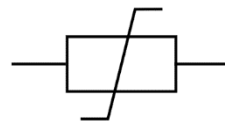
7. Серіктің қозғалысының толық механикалық энергиясын.
8. Серіктің радиус-векторы бір уақыт бірлігінде сызатын (қамтитын) ауданды.
9. Серіктің айналу периоды.



Ескерту: Эллипстің ауданы келесі формуламен анықталады: $S_z = \pi ab$. Эллипстік орбита үшін Жер орналасқан фокустың эллипс центрінен қашықтығы c деп белгіленеді және ол жарты остермен келесі формула арқылы байланысты: $c = \sqrt{a^2 - b^2}$.

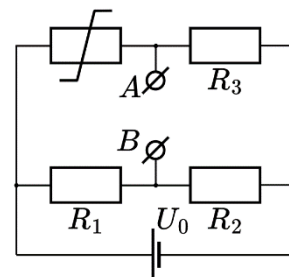
Есеп _3. Бейсызық элементтер ээне электрлік көпір [10,0 ұпай]

Металл өткізгіштердің кең ауқымы үшін электрлік кедергі шамасы кең диапазонда температурадан сызықтық түрде тәуелді екені белгілі. Алайда, жартылайөткізгіш элементтер үшін бұл тәуелділік сызықты емес, сонымен қатар температураның артуымен мұндай элементтің кедергісі төмендейді! Бұл есепте жартылайөткізгіш элемент оң жақтағы суреттегідей графикалық түрде белгіленеді.



Өткенді есе алайық

Ғалым есімді оқушы жеті жылдан кейін университетті бітіріп, бір күні бұрынғы мектебіне барып қайтуға шешім қабылдады. Онда ол, бұрын электр тізбектерін жинауды ұнататын, өзінің ескі физика кабинетіне үңіледі. Мұғалімнің рұқсатымен ол жартылайөткізгіш элементті және басқа электрлік компоненттерді алды, олардан Уитстон электрлік көпірін жинап, A және B клеммаларына идеал вольтметрді қосты. Схема элементтерінің номиналдары оларда жазылып тұрған еді, және де $U_0 = 9\text{ В}$, $R_1 = 40\text{ Ом}$, $R_2 = 80\text{ Ом}$, ал $R_3 = 60\text{ Ом}$ тең болды.



3.1. Қосылған кезде бірден вольтметрдің көрсеткіші $U = 0\text{ В}$ болды. Жартылайөткізгіш элементтің R_0 бастапқы кедергісін анықтаңыз.

Вольтметрді ажыратып, идеал миллиамметрді сол клеммаларға қосу арқылы бакалавр Ғалым өзі күткендей 0 көрсеткішін көрді. Алайда, біраз уақыттан кейін амперметр көрсеткіші $I_A = 18\text{ мА}$ болып орнықты, ал Ғалым амперметрді қандай полярлыққа қосқанына назар аудармады.

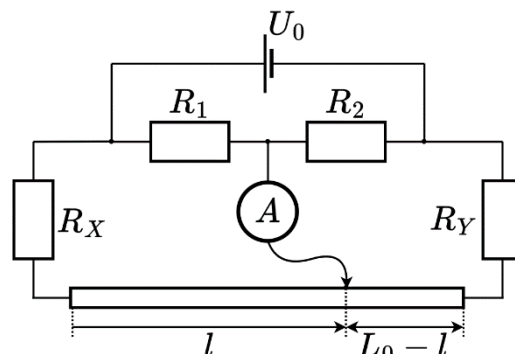
3.2. Сызықтық емес элементтің орныққан R'_0 кедергісінің мүмкін мәндерін табыңыз. Оның жартылайөткізгіштен жасалғанын ескере отырып, R'_0 үшін дұрыс мәнді көрсетіңіз.

Бакалавр Ғалым пайдаланған кедергілердің аздығын ескере отырып, тізбектегі амперметрдің көрсеткіштері жеткілікті түрде аз болғаны сәттілі болды – амперметрдің номиналды максималды көрсеткіші $I_{\max} = 20\text{ мА}$ болған еді. Сондай-ақ, амперметрдің ішкі кедергісі $R_A = 4\text{ Ом}$ екені көрсетілген, және де бұл мән жеткілікті аз болғандықтан амперметрді **3.2**-пунктте идеал деп есептеуге болады. Амперметрді тізбектен ажыратқаннан кейін, Ғалым оны "жетілдіруді" қолға алды: осы миллиамперметрді қолданып шунттың көмегімен $I'_{\max} = 100\text{ мА}$ -ге дейінгі токтарды өлшей алу үшін диаметрі $d = 0.4\text{ мм}$ және меншікті кедергісі $\rho = 1.2 \cdot 10^{-6}\text{ Ом} \cdot \text{м}$ болатын нихром сымды шунт ретінде қолдануды жөн көрді.

3.3. Нихром сымның бөлігінің L ұзындығы қанша болуы керек? Шунттың кедергісін R_{sh} деп белгілеп, миллиамперметрді шунтпен қосу схемасын сызыңыз.

Эетілдірілген электрлік көпір

Электртехникасы курсынан бакалавр Ғалымға Уитстон көпірінің әртүрлі нұсқалары бар екенін белгілі. Жартылайөткізгіш элементтің кедергісі температураға қатты тәуелді екенін байқаған Ғалым оң жақтағы суретте көрсетілгендей R_X және R_Y элементтерінің кедергісін салыстыруға мүмкіндік беретін Кэри Фостер көпірі деп аталатын көпірді пайдаланамын деп шешті. Өлшеулер келесі түрде жүзеге асырылады: R_X және R_Y кедергілерімен тізбектей жалғанған жұқа нихром сымнан жасалған көпір шунты арқылы идеал амперметрге жалғанған электр контактісі сырғып кетуі мүмкін. Амперметр арқылы өтетін ток күші нөлге айналған сәтте сым бойымен R_X -тен есептелген l_X арақашықтығы бекітіледі. Содан кейін R_X және R_Y кедергілерінің орындары ауыстырылады және аналогиялық түрде R_Y кедергісінен есептелетін l_Y қашықтығы өлшенеді (бұл суретте көрсетілмеген, бірақ басқаша айтқанда, l әрқашан солдан оңға қарай есептеледі). Ұзындық бірлігіндегі шунттың кедергісі σ екені, ал оның толық ұзындығы L_0 -ге тең екені белгілі болсын.



3.4. R_X кедергісін R_Y , σ , l_X және l_Y шамалары арқылы өрнектеңіз.

Жартылайөткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігі

Өткен тәжірибеде Ғалым жартылайөткізгіш элементтің кедергісі айтарлықтай өзгеруі мүмкін екенін байқады, бұл металл резисторлардың әрекетіне мүлдем ұқсамайды. Сондықтан ол жартылайөткізгіш элементтің электрлік және термиялық сипаттамаларын зерттеу үшін Кэри Фостер көпірін пайдалануды шешті.

3.5. Кедергілердің $|R_X - R_Y| = R_0$ (мұндағы R_0 -ді Сіз 3.1-пунктте анықтағансыз) айырымын өлшей алу үшін Ғалым нихром сымы (материалы мен диаметрі 3.3 пункттегідей) бөлігінің қандай L_0 ұзындығын қолданғанын анықтаңыз.

Ғалым бұрын алғандай, бөлме температурасындағы жартылайөткізгіш элементтің кедергісі R_0 . Енді Ғалым R_X ретінде жартылайөткізгіш элементті қолданды және Кэри Фостер көпірінің көмегімен R_Y ретінде R_0 кедергісі бар резисторды алды. Ғалым l_X және l_Y мәндерінің U_0 сыртқы кернеуден тәуелділігін өлшеуге шешім қабылдады.

3.6. Келесі беттегі 1-қосымшада (тәжірибелік деректер нүктелер түрінде көрсетілген) келтірілген Ғалым алған графиктің негізінде, жартылайөткізгіш элементіндегі U_X кернеуінің ол арқылы өтетін I ток күшіне тәуелділігін графиктік түрде бейнелеңіз. Деректер кестесінде өзіңіздің аралық есептеулеріңізді көрсетіңіз.

Анықтамалық материалдарды пайдалана отырып, Ғалым өзіне берілген жартылайөткізгіштің жылулық қасиеттерін бағалады. Белгілі болғандай, жартылайөткізгіш элементтің қоршаған ауаға жылулық шығыны Ньютон-Ричман заңына бағынады

$$P = A(t - t_0),$$

Ғалым анықтағандай мұндағы, $A = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/}^\circ\text{C}$ (осы жартылайөткізгіш үшін), t – жартылайөткізгіш температурасы, ал t_0 – қоршаған орта температурасы. Мектеп кабинетіндегі термометр $t_0 = 23^\circ\text{C}$ мәнін көрсеткен.

3.7. Жартылайөткізгіш элементтің R_X кедергісінің t температурадан тәуелділігін графиктік түрде кескіндеңіз. Графически изобразите зависимость сопротивления R_X полупроводникового элемента от температуры t . Деректер кестесінде өзіңіздің аралық есептеулеріңізді көрсетіңіз.

1-қосымша. 3-есепте қолданылатын график.

