

Almaty Physics Battles 2024

Іріктеу кезеңі

Кіші лига

12-19 мамыр 2024

ЕСЕП АВТОРЛАРЫ: Еркебаев А., Қайроллаев Е., Бисимби Д.

БЕТТЕУ: Еркебаев А., Қайроллаев Е.

БЕЙНЕ ҚҰРАСТЫРУШЫЛАРЫ: Еркебаев А., Қайроллаев Е., Бисимби Д.

АУДАРМАШЫЛАР: Нахып Е., Сұраған Қ., Маликов А.

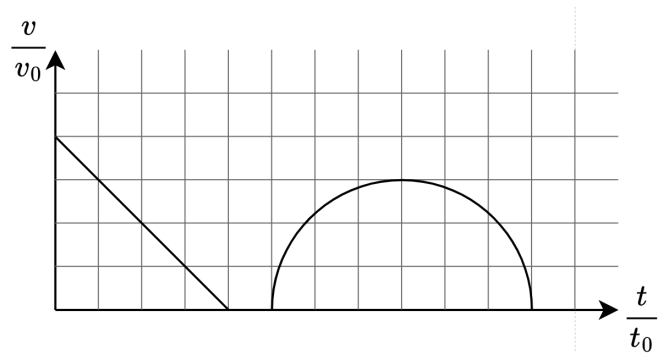
Мазмұны

	Кіші лига есептері	Есептер	Шешімі
1.	Біртүрлі саяхат	3	10
2.	Кіші электрик Альтаир	3	11
3.	Бостондағы шай ішу	4	12
4.	Метатұрақтылық	4	12
5.	Су перісі – Бату хан	5	13
6.	Ауырсың ғой!	5	14
7.	Бейнелеу өнері	6	15
8.	С–F–С	7	18
9.	Өз басыңнан соқ *****	8	19
10.	Елес кептеліс	9	20

Кіші лига есептері

Есеп 1: Біртүрлі саяхат (Қайроллаев Е.)

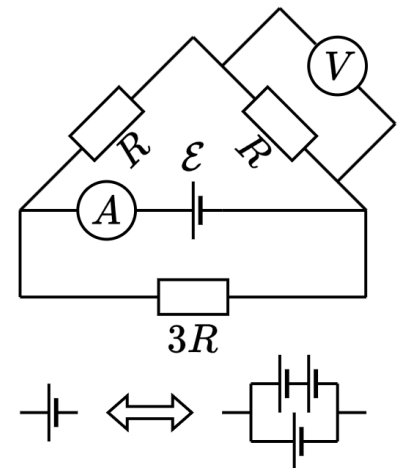
Алмат такси шақырған еді, жүргізуші қызық адам екен. Белгілі бір сәтте (есептеуді оңайлату үшін $t = 0$ дейтін сәтте) графикте көрсетілгендей тежеліп, біраз уақыт тоқтап, содан соң жылдамдықтың уақыттан бейсызықты тәуелділікпен қозғалады. $v_0 = 5$ м/с және $t_0 = 1$ с деп есептеңіз.



1. Графикте көрсетілген уақыт аралығында Алмат қандай жолды өтті? Жауабынңызды ондық үлеске дейін жуықтаңыз.
2. Графикте көрсетілген уақыт аралығында жылдамдықтың максималды мәнін анықтаңыз?
3. Қай сәтте такси жүргізушісі аялдамадан кейін бірінші $4t_0$ уақыт аралығындай үдеумен жүрді. Жауабынңызды ондық үлеске дейін жуықтаңыз.

Есеп 2: Кіші электрик Альтаир (Еркебаев А.)

Суретте бейнеленген тізбек те, кедергі бірлігінің мәні $R = 100$ Ом, ЭҚК-нің мәні $\mathcal{E} = 12$ В. Өлшеуіш құралдарын мінсіз деп санаңыз, ал тоқ көзінің ішкі кедергісі R -дан айтарлықтай кіші. Төмендегіні анықтаңыз,



1. Амперметрдің көрсетуіндегі тоқ күші мен вольтметрдегі кернеудің мәндері неге тең? Жауабыңызды ампер [A] менен вольтпен [В] сәйкесінше белгілеңіз.

Кіші электрик Альтаир тізбекте тұрған тоқ көзімен бірдей қосымша екі тоқ көзін тапты. Вольтметрдегі кернеуді арттыру үшін, аға электрші Арсеннің кеңестерін тыңдап, осы екі тоқ көзін үшіншісіне жалғады да, алдын-ала айтылған тәртіп бойынша астыңғы оң шеттегі суретте көрсетілгендей тоқ көздерінің қосындысын алды.

2. Осы жағдайда вольтметрдегі кернеуі неге тең? Жауабыңызды вольтпен [В] белгілеңіз.

Есеп 3: Бостондағы шай ішу (*Қайроллаев Е.*)

Асқар Қыйталық шайханадан сатып алған шайын шығарғысы келген. Сатушының айтуынша көк шайды 80°C -тан 85°C -қа дейінгі температурада шығарған жөн. Ең алдымен, ол $t_r = 25^\circ\text{C}$ бөлме температурасындағы $V_w = 1$ л суды шәйнекке құйып, қайната бастайды. Бұл есепте сыртқы ортамен жылу алмасуды ескермесек болады.

1. Шәнектің қуаты $P = 2500$ Вт болса, қанша секундта су қайнайды? Судың меншікті жылу сыйымдылығы $c_w = 4200$ Дж/(кг · К), судың тығыздығы $\rho_w = 1000$ кг/м³.

Содан соң, ол сол суды ұзақ уақыт бойы шкафта тұрған ақманға құйды да термометр салған кезде ол $t_0 = 95^\circ\text{C}$ көрсетті. Одан әрі, Асқар шыдамсыз болғандықтан ол істі тездеткісі келіп салқын сумен бірге араластыралы.

2. Жылу алмасу тек ақман мен су арасында өтсе, ақманның жылу сыйымдылығы неге тең? Жауабын [Дж/К] түрінде келтіріңіз.
3. Ішкі қоспасының орныққан температурасы $t_m = 85^\circ\text{C}$ болу үшін, бөлме температурасындағы судың қандай көлемін араластыру қажет? Жауабыңызды [мл] түрінде келтіріңіз.

Есеп 4: Метатұрақтылық (*Еркебаев А.*)

Суды қоспалардан тазартып және тыңғылықты суытылған жағдайда, оны мұздың еру температурасынан төменірек түсіруге болады екен! Температурсы $T_0 = -2^\circ\text{C}$ болатын асқын салқындатылған суды қамтитын ыдысты қарастырайық. Судың меншікті жылу сыйымдылығы $c = 4200$ Дж/(кг · К), мұздың меншікті балқу жылуы $\lambda = 332$ кДж/кг, су мен мұздың тығыздықтары сәйкесінше $\rho_w = 1000$ кг/м³ және $\rho_i = 900$ кг/м³, атмосфералық қысым $P_a = 10^5$ Па.

1. Суы бар ыдысты кенет шайқағанда, су лезде қата бастады да тұрақты су мен мұздың қоспасына айналды. Судың қандай үлесі (пайызбен) мұзға айналды? Жауапты пайыздың ондық үлесіне дейін жуықтаңыз.

Теориялық тұрғыдан сұйықтықты аса үлкен қысымның астында балқу нүктесін нөлден төменірек жеткізуге болады. Сыртқы қысымды ΔP -ға арттырған кезде балқу нүктесінің ауытқуы ΔT Клапейрон-Клаузиус заңымен сипатталады:

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\lambda}{(T^\circ\text{C} + 273) (1/\rho_w - 1/\rho_i)}$$

2. Су мен мұздың тепе-теңдік жағдайын T_0 температурасында болатындай қандай P қысым керек екенін белгілеңіз? Жауабыңызды ондық үлеске дейін жуықтап атмосфера [атм] арқылы белгілеңіз.

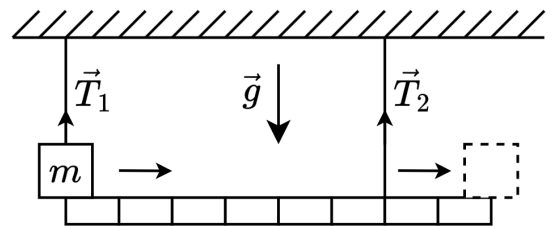
Есеп 5: Су перісі – Бату хан (Еркебаев А.)

Бату хан ауданы $S = 200 \text{ см}^2$, суы бар цилиндр тәрізді ыдысқа қыры $a = 10 \text{ см}$ мұз текшені салған. Бату хан мұздың батпағанын көріп, көңілі мұңлы болды. Көп ұзамай текшенің бетіне массасы m жүкті қойған. Судың тығыздығын $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ деп, мұздың тығыздығын $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ деп, ыдыста су жеткілікті болған үшін текше ыдыстың түбіне тимейді және ыдыс биік болған үшін су төгілмейді деп есептеңіз.

1. Ыдысқа тек мұз текшені қойған соң, су деңгейінің өзгеруін Δh_1 табыңыз. Жауабын сантиметрмен [см] беріңіз.
2. Мұз текше суға толық батуы үшін жүктің минималды массасын m_{\min} табыңыз. Жауабын граммен [г] беріңіз.
3. Мұз текшенің бетіне массасы m_{\min} (алдыңғы тармақтан анықталған) жүкті қойғаннан соң, су деңгейінің өзгеруін Δh_2 табыңыз (жүйенің бастапқы күйіне қатысты). Жауабын сантиметрмен [см] беріңіз .

Есеп 6: Ауырсың ғой! (Еркебаев А.)

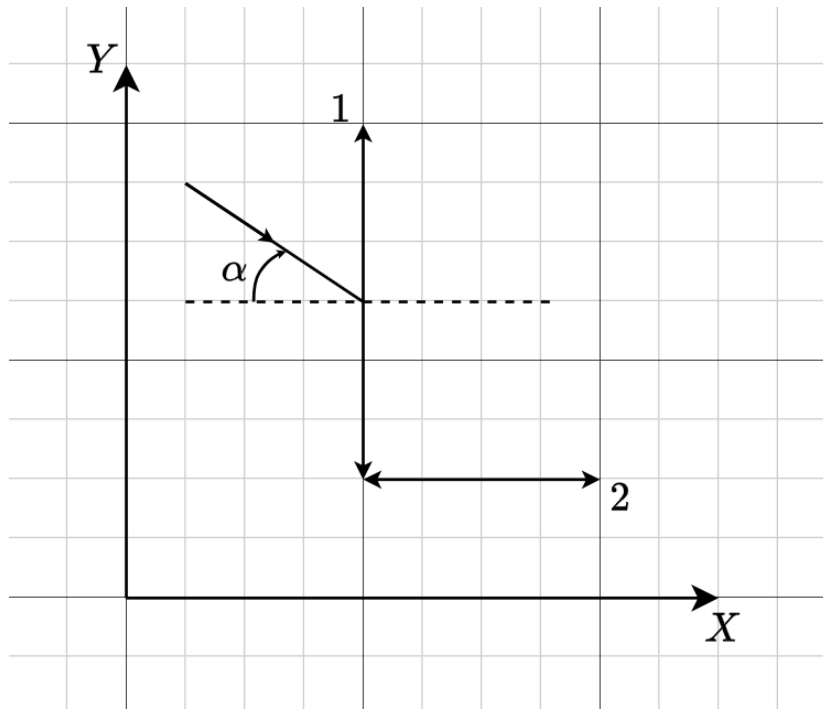
Берілген суретте массасы $m = 3 \text{ кг}$ жүк массасы M белгісіз біртекті рычагтың шетінде орналасқан (ыңғайлы болу үшін рычагтың бөліктері масштабпен көрсетілген). Жүкті бір шеттен екінші шетке жылжытып, кейін сол жақ жіп кесілді. Жүйе әлі тепе-теңдікте екені белгілі болды. Еркін түсу үдеуі $g = 10 \text{ Н/кг}$.



1. Есептегі рычагтың массасын M тауып, жауапты килограмммен беріңіз.
2. Ең басында жіптердің керілу күштерін T_1 және T_2 тауып, жауабын ньютонмен беріңіз.
3. Жүкті жылжытқан соң, сол және оң жіптердің керілу күштерінің неше ньютонға өзгергенін ΔT_1 және ΔT_2 сәйкесінше табыңыз. Берілген мәннің төмендеуін көрсету үшін жауапқа минус белгісін қосыңыз.

Есеп 7: Бейнелеу өнері (Қайроллаев Е.)

Берілген есепте 1 торкөз қабырғаның ұзындығы 1 бірлікке тең. Даниал өзінің оптикалық тәжірибесінде сызбада көрсетілгендей фокустық ара қашықтықтары бірдей $F = 4$ болатын екі линзадан тұратын жүйені құрастырды (қуанышқа орай, лорд Кельвинге қарағанда Даниал өзінің сызбаларын сақтай алды). Ең алдымен ол екі линзадан сынбай өтетін сәулені түсіру арқылы жүйенің құрастыру дәлдігін тексерді.



1. Сәуле бірінші линзаның оптикалық центрінен (ОЦ) қандай қашықтықта өтуі керек? Егер нүкте ОЦ-ден “төмен” болса, қашықтықты теріс деп есептеңіз.
2. Бірінші линзаның бас оптикалық осінен сәуле қандай бұрышта өтуі керек? Бұрыш суреттегі стрелка арқылы өлшенеді; егер бұрыш қарама-қарсы бағытта өлшенсе, онда оны теріс деп есептеңіз.

$S(-2, 7)$ нүктеде Даниал нүктелік жарық көзін қойды.

3. Бірінші линзадан пайда болған кескіннің x координатасы қандай?
4. Бірінші линзадан пайда болған кескіннің y координатасы қандай?
5. Екінші линзадан пайда болған кескіннің x координатасы қандай?
6. Екінші линзадан пайда болған кескіннің y координатасы қандай?

Есеп 8: C–F–C (Қайроллаев Е.)

Әрине, тақырыпты оқығаннан кейін сіз әйгілі Гаусстың сантиметр-грам-секунды жүйесімен жұмыс істейміз деп ойлауыңыз мүмкінсіз. Дегенмен, оның аббревиатурасы “СГС” деп жазылған және мұқият оқырмандар аббревиатурадағы әріптер арасындағы н-сызығын (дәлірек “n-dash”) байқаған, ол шын мәнінде “су сиыры–ғажайып балық–скорпион”. Төменде осы жүйенің негізгі бірліктері берілген:

- Су сиырының орташа массасы [сом] — $m_u = 1480$ кг;
- Ғажайып балықтың ұзындығы [ғбұ] — $l_u = 1.4$ м;
- Scorpions рок группаның бірінші өленнің ұзындығы 292 секунд [бөұ] — $t_u = 292$ с;

Бұл есепте кейбір физикалық шамалар үшін СИ мен C–F–C арасындағы байланысты қарастырамыз. **Назар аударыңыз:** $a \cdot 10^k$ стандартты түрінде сандарды жазыңыз, мұнда $1 \leq a < 10$, k - бүтін сан. Барлық элементтерде дөңгелектеу ережелерін қолдана отырып, a санын үтірден кейін **үш** цифрға дейін дәл көрсетіңіз; Енгізілген жауап тек *шамамен* дұрыс болса, бұл тармақ үшін 50% дейін шегерілуі мүмкін.

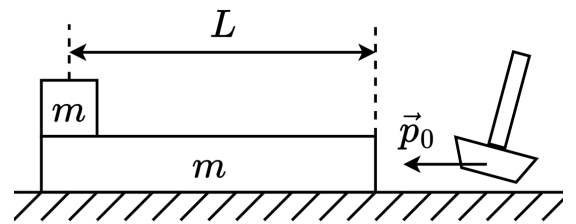
1. Протонның массасын ($1.6726 \cdot 10^{-27}$ кг) [сом] арқылы шығарыңыз;
2. Ауырлық күші үдеуін (9.81 м/с²) [ғбұ/бөұ²]-те жазыңыз;
3. Вейдер күш бірлігін C–F–C арқылы Ньютонмен өрнектеңіз. Басқаша айтқанда, бір Вейдерге қанша Ньютон кіреді?

Калория - бұл бір грамм суды 1°C қыздыру үшін керек жылуға тең энергия бірлігі. Кофе кесесі (қысқаша кк) — C–F–C энергия бірлігі. Судың меншікті жылу сыйымдылығы $c = 4200$ Дж/(кг · м).

4. Бір [кк]-да қанша калория бар екенін анықтаңыз?

Есеп 9: Өз басыңнан соқ *** (Еркебаев А.)**

Массасы $m = 1$ кг жүкті салмағы $m = 1$ кг және ұзындығы $L = 15$ см тақтайдың шетінде орналасқан. Екінші шетінен тақтаны мерзімді түрде балғамен ұрып, $p_0 = 0.8$ Н·с импульс береді және жүйе тепе-теңдікке жеткенше күтеді. Тақта мен үстелдің, сондай-ақ жүк пен тақтайдың арасындағы үйкеліс коэффициенттері бірдей және $\mu = 0.4$ тең. Ауырлық күшінің үдеуі $g = 10$ м/с².



1. Бір соққыдан кейінгі тақта жылдамдығы v_1 мен жүк жылдамдығы v_2 мәндері нешеге тең?
2. Бір соққыдан кейін, қозғалыс кезінде жүк мен тақтаның арасындағы сырғанау аяқталғанда, тақтаның жылдамдығы v нешеге тең болады?
3. Салмақ тақтадан сырғып кетуі үшін қанша n соққы қажет?

Есеп 10: Елес кептеліс (*Бисимби Д.*)

Бір күні Алматыда кезекті орыс тілі олимпиадасы өткен, мектеп оқушысы Ілияс оған тағы да кешігіп жатты. Ол жерге тезірек жету үшін жолды заңсыз жерден кесіп өтуді шешті. Оған қарай $V = 15$ м/с тұрақты жылдамдықпен, арақашықтығы $d = 8$ м болатын бірнеше көлік келе жатты. Жаңбырлы күн болды, дөңгелектер мен асфальт арасындағы үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,2$. Ауырлық күшінің үдеуі $g = 10$ м/с².

Бірінші жүргізуші Ілиясты көріп, жылдамдығын бәсеңдете бастады. Бірақ Ілияс оптималды жолды таңдағанын және ешқандай қауіп жоқ екенін түсінді. Сондықтан жүргізуші бар болғаны 1 секундқа тежеген, содан кейін тұрақты жылдамдықпен әрі қарай жүруді жалғастырды. Екінші жүргізуші де біріншісінің тежеуіне әрекет етіп жылдамдығын төмендете бастады, ол жылдамдығын теңестіріп, әрі қарай жүруді жалғастырды - ары қарай белгілі болғандай, бірінші жүргізушіге қарағанда сәл төмен жылдамдықпен жүрген. Үшінші жүргізуші де солай істеген, төртінші де және ары қарай жалғасқанша. Осылайша, көліктердің тұтас қатары баяулады, бірінші жүргізуші жылдамдығын сәл төмендеткендіктен ғана, елес кептеліс пайда болды.

Адамдардың реакция уақытына байланысты әрбір жүргізуші алдыңғы көліктің тежелуіне 0,5 секундтан кейін ғана әрекет етеді. Сондай-ақ, оның жылдамдығы алдыңғы көліктің жылдамдығына тең болғаннан кейін жүргізуші бар болғаны 0,5 секундтан кейін тежеуді тоқтатады. Тежеуден кейін автомобильдердің жылдамдығы өзгермейді деп есептеңіз.

1. Ілиястың әрекеті нәтижесінде сериядағы қай көлік толық тоқтайтынын табыңыз. Автокөліктер санауы, баяулай бастаған бірінші көліктен басталады; ешбір көлік соқтығысқан жоқ деп есептейік.
2. 5 және 6 көліктер тежеуді тоқтатқаннан кейін, автомобильдер арасындағы орнатылған қашықтықты табыңыз.
3. Көліктердің ешқайсысы соқтығыспауы үшін олардың арасындағы ең аз d_{\min} қашықтық қандай болуы керек?

Кіші лига есептерінің шешімі

Есеп 1: Біртүрлі саяхат (Қайроллаев Е.)

1. Қашықтық – $v(t)$ графигі астындағы аудан. Бір торкөздің ауданын табайық:

$$S = v_0 t_0 = 5 \text{ м.} \quad (1.1)$$

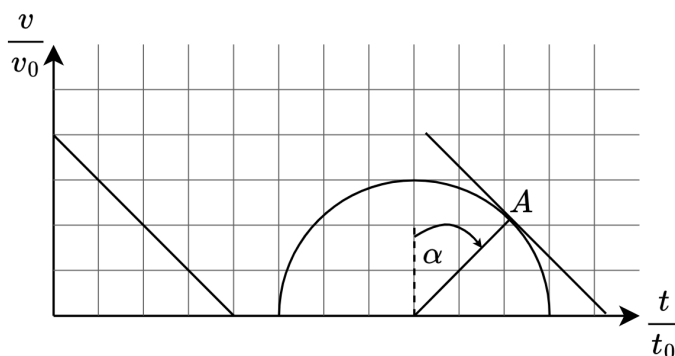
График астындағы ауданды табу үшін жарты шеңбердің ауданын және үшбұрыштың ауданын қосу керек:

$$S = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 4 + 0.5 \cdot \pi \cdot 3^2 = 8 + 4.5\pi = 40 \text{ м} + 22.5\pi \text{ м} \approx 110.7 \text{ м.} \quad (1.2)$$

2. Максималды жылдамдықты табу үшін ординатасы ең үлкен нүктені қарастыру керек: $(0, 4)$. Осыдан табатынымыз:

$$v_{\max} = 4 \cdot 5 \text{ м/с} = 20 \text{ м/с.} \quad (1.3)$$

3. Шеңберге $[t_0], [4t_0]$ нүктесіндегі жылдамдық графигімен сәйкес болатын жанама жүргізейік. Көріп отырғаныңыздай, ол шеңберге A нүктесінде жанасып тұр. Бұрыштық коэффициенті -1 болғандықтан, альфа бұрышы $\alpha = 45^\circ$ болады. Шеңбердің радиусы бірге тең екенін біле отырып, табатынымыз:



$$t_A = 8 + 3 \sin 45^\circ \approx 10.1 \text{ с.} \quad (1.4)$$

Егер қате белгілермен кетсе және:

$$t_A = 8 - 3 \sin 45^\circ \approx 5.9 \text{ с,} \quad (1.5)$$

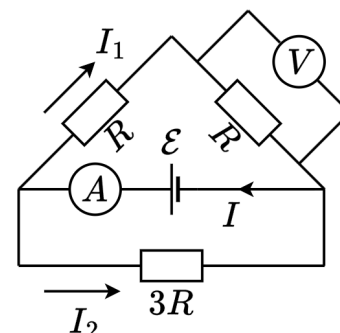
онда осы тармақ үшін тек 2 ұпай беріледі.

Мазмұны	Ұпайлар
$S = 110.7 \text{ м}$	4
$v_{\max} = 20 \text{ м/с}$	2
$t_A = 10.1 \text{ с}$	4
Немесе, егер $t_A = 5.9 \text{ с}$	2

Есеп 2: Кіші электрик Альтаир (Еркебаев А.)

1. Берілген схеманы қарастыра отырып, біз $I_1 + I_2 = I$ деп жаза аламыз, сонымен қатар Кирхгофтың екінші заңының екі теңдеуі тізбектің жоғарғы және төменгі айналма жолдарына сәйкес келеді:

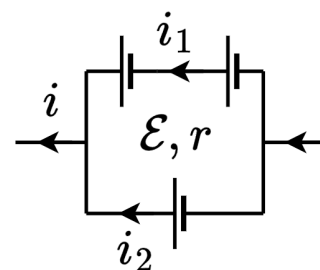
$$\mathcal{E} = 2I_1R, \quad \mathcal{E} = 3I_2R. \quad (2.1)$$



Осыдан өлшеуіш құралдардағы ток күші мен кернеуді анықтай аламыз:

$$I = \frac{5\mathcal{E}}{6R} = 0.1 \text{ A}, \quad V = I_1R = \frac{\mathcal{E}}{2} = 6 \text{ V}. \quad (2.2)$$

2. Енді ток көздері жүйесінің құрылымын қарастырайық. Мұндай масштабта ЭҚК-нің ішкі кедергілерін ескеру қажет. Бұл тармақтың мақсаты эквивалентті ЭҚК \mathcal{E}^* және (міндетті емес) ішкі кедергі r^* мәндерін таңдау. Басқаша айтқанда, төмендегі формуланы негізге алып,



$$U = \mathcal{E}^* - ir^*, \quad (2.3)$$

үш ЭҚК-нің жалпы әсерін тәуелділіктің осы түріне келтіру қажет. Сонымен, тізбекті айналып өту және ондағы кернеудің оңнан солға төмендеуі бізге төмендегі формулаларды береді

$$2\mathcal{E} - \mathcal{E} = 2i_1r - i_2r, \quad i_1 + i_2 = i, \quad U = \mathcal{E} - i_2r, \quad (2.4)$$

формулаларды шеше отырып

$$i_2 = \frac{2}{3}i - \frac{\mathcal{E}}{3r}, \quad \Rightarrow \quad U = \frac{4\mathcal{E}}{3} - \frac{2}{3}ir. \quad (2.5)$$

Нәтижесінде

$$\mathcal{E}^* = \frac{4}{3}\mathcal{E}, \quad r^* = \frac{2}{3}r. \quad (2.6)$$

$r \ll R$ болғандықтан, екіншісі бізді қызықтырмайды - бірақ енді жалпы ЭҚК $4/3$ есе өсетінін білеміз (бірақ Альтаир оны үш есе көбейте алады!), сонда вольтметрдегі жаңа көрсеткіш

$$V_{\text{new}} = \frac{4}{3} \cdot 6 \text{ V} = 8 \text{ V}. \quad (2.7)$$

Мазмұны	Ұпайлар
----------------	----------------

$I = 0.1 \text{ A}$	2
$V = 6 \text{ B}$	2
$V_{\text{new}} = 8 \text{ B}$	6

Есеп 3: Бостондағы шай ішу (Қайроллаев Е.)

τ уақыт ішінде шәйнек $P\tau$ энергиясын бөліп, оның барлығы суды жылытуға жұмсаларды, себебі қоршаған ортамен жылу алмасу жоқ. Онда, жылу балансының теңдеуін жазып, аламыз:

$$P\tau = c_w \rho V_w (t_b - t_r), \tag{3.1}$$

мұндағы t_b — судың қайнау температурасы. Бұл теңдеуді шеше отырып, суды жылытуға кететін уақытты табамыз:

$$\tau = \frac{c_w V_w \rho (t_b - t_r)}{P} = 126 \text{ c}. \tag{3.2}$$

Жылу алмасу тек су мен ақман арасында болғандықтан, жылу балансының теңдеуі мынандай болады:

$$c_w \rho V_w (t_b - t_0) = C(t_0 - t_r), \tag{3.3}$$

Мұндағы C – ақманның жылу сыйымдылығы, ол шкафта ұзақ жатқандықтан температурасы бөлме температурасына тең. Жылу сыйымдылығының теңдеуін шешіп, аламыз:

$$C = \frac{c_w \rho V (t_b - t_0)}{t_0 - t_r} = 300 \frac{\text{Дж}}{\text{°C}}. \tag{3.4}$$

Асқар ақманға салқын су құйып, оны да, ішіндегі суды да суытады

$$c_w \rho V_w (t_0 - t_m) + C(t_0 - t_m) = c_w \rho V (t_m - t_r). \tag{3.5}$$

Осыдан судың көлемін табамыз:

$$V = \frac{c_w \rho V_w (t_0 - t_m) + C(t_0 - t_m)}{c_w \rho (t_m - t_r)} \approx 179 \text{ мл}. \tag{3.6}$$

Мазмұны	Ұпайлар
$\tau = 126 \text{ c}$	3
$C = 300 \text{ Дж/°C}$	3
$V \approx 179 \text{ мл}$	4

Есеп 4: Метатұрақтылық (Ержебаев А.)

1. Кенет шайқаған кезде суда кристалдану нүктелері пайда болады. Сол жерлерде мұз пайда болады. Су қатқан кезде бөлінген жылу оның қалған бөлігін қыздыру үшін беріледі - осылайша теңдеу құрастырып, аламыз.

$$\lambda m_i = cm(0^\circ\text{C} - T_0) \Rightarrow \frac{m_i}{m} = \frac{c|T_0|}{\lambda} = 2.5\%. \quad (4.1)$$

2. Клапейрон-Клаузиус теңдеуіне шамаларды қою арқылы жауапты сандық түрде аламыз.

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{3.32 \cdot 10^5}{271(1/1000 - 1/900)} = -1.1 \cdot 10^7 \frac{\text{Па}}{^\circ\text{C}}. \quad (4.2)$$

Абсолюттік температура шкала бойынша $\Delta T \ll T_0$ екенін көріп, аламыз

$$P = P_a + \frac{\Delta P}{\Delta T} \cdot T_0 = 221.5 \text{ атм}. \quad (4.3)$$

Мазмұны	Ұпайлар
$m_i/m = 2.5\%$	6
$P \in (218; 222) \text{ атм}$	4

Есеп 5: Су перісі – Бату хан (Ержебаев А.)

1. Текшенің тепе-теңдігін қарастырайық:

$$\rho a^3 g = \rho_0 g V, \quad (5.1)$$

мұндағы V – суға батырылған бөліктің көлемі. Суға батқан бұл бөліктің арқасында су деңгейі сәйкесінше артады:

$$V = S \Delta h_1. \quad (5.2)$$

Тағы бір әдіс - ыдыстың түбінде қосымша қысымның пайда болуын ескеру

$$\Delta F = \rho_0 g \Delta h_1 \cdot S, \quad (5.3)$$

Ал қысымның өсуі сол қысымды су арқылы жеткізетін текшенің салмағының болуына байланысты, яғни

$$\Delta F = \rho a^3 g. \quad (5.4)$$

Сонымен, соңғы жауабымыз

$$\Delta h_1 = \frac{\rho a^3}{\rho_0 S} = 4.5 \text{ см}. \quad (5.5)$$

2. Текше толығымен батырылған кезде қосымша архимед күші пайда болады

$$\Delta F_A = \rho_0 g(a^3 - V), \quad (5.6)$$

Бұл күш қосымша жүкті ұстап тұрады, яғни $\Delta F_A = mg$. Сонымен,

$$m = (\rho_0 - \rho)a^3 = 100 \text{ г}. \quad (5.7)$$

3. Су деңгейінің толық өзгеруі Δh_2 көлемі a^3 текшенің толық батуына сәйкес келеді:

$$\Delta h_2 = a^3/S = 5 \text{ см}. \quad (5.8)$$

Мазмұны	Ұпайлар
$\Delta h_1 = 4.5 \text{ см}$	4
$m = 100 \text{ г}$	4
$\Delta h_2 = 5 \text{ см}$	2

Есеп 6: Ауырсың ғой! (Еркебаев А.)

1. Сол жақ жіпті кескеннен кейінгі сәтті қарастырайық. Жүк те, рычагтің ауырлық центрі де оң жақ жіптен бірдей қашықтықта (екі бірлік) орналасқан. Оң жақ жіптің айналасында рычаг айналуы мүмкін – демек,

$$M = m = 3 \text{ кг}. \quad (6.1)$$

2. Жүйенің тепе-теңдік теңдеуін жазайық. Жүгі бар рычагтың жалпы салмағы жіптермен теңестіріледі:

$$T_1 + T_2 = (M + m)g = 2mg. \quad (6.2)$$

Енді күш моменттердің теңдігін қарастырайық – тірек нүктесі ретінде сол жақ жіпті алу ыңғайлы. Мұндай жағдайда

$$Mg \cdot 4 = T_2 \cdot 6 \Rightarrow T_2 = 20 \text{ Н}. \quad (6.3)$$

Бірінші теңдеуден осы нәтижені алып тастайық

$$T_1 = 2mg - T_2 = 40 \text{ Н}. \quad (6.4)$$

3. Енді жаңа керілу күштері $T_1 + \Delta T_1$ және $T_2 + \Delta T_2$ тең. Рычагқа әсер ететін күштердің теңдігінен керілу күштің толық өзгерісі жоқ екенін түсінеміз, сондықтан

$$\Delta T_1 + \Delta T_2 = 0. \quad (6.5)$$

Рычагтің сол жақ шетіне қатысты айналууды қарастырайық

$$Mg \cdot 4 + mg \cdot 8 = (T_2 + \Delta T_2) \cdot 6. \quad (6.6)$$

Бұл теңдеуді шығарып, аламыз

$$\Delta T_2 = \left(\frac{2}{3}M + \frac{4}{3}m \right) g - T_2 = 40 \text{ Н}, \quad \Delta T_1 = -40 \text{ Н}. \quad (6.7)$$

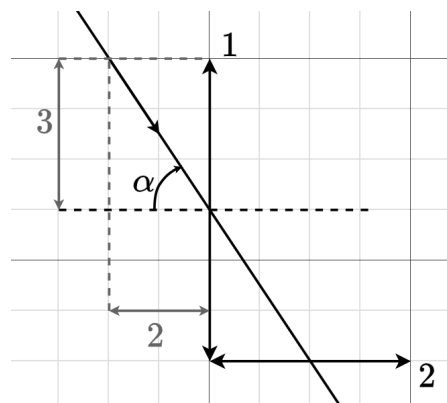
Мазмұны	Ұпайлар
$M = 3 \text{ кг}$	2
$T_1 = 40 \text{ Н}$	2
$T_2 = 20 \text{ Н}$	2
$\Delta T_1 = -40 \text{ Н}$	2
$\Delta T_2 = 40 \text{ Н}$	2

Есеп 7: Бейнелеу өнері (Қайроллаев Е.)

Линзадан өткенде жарық сәулелері оптикалық центрден өткенде ғана сынбайды. Сәйкесінше, сәуле $l_1 = 0$ қашықтықта өтуі керек.

Сәуле екі линзадан да сынбай өтетіндіктен, екінші линзаны да оптикалық центрде қиып өтеді. Төмендегі суреттегідей сызба салып, біз бұрышты табамыз

$$\alpha = \arctan \frac{3}{2} = 56.3^\circ. \quad (7.1)$$

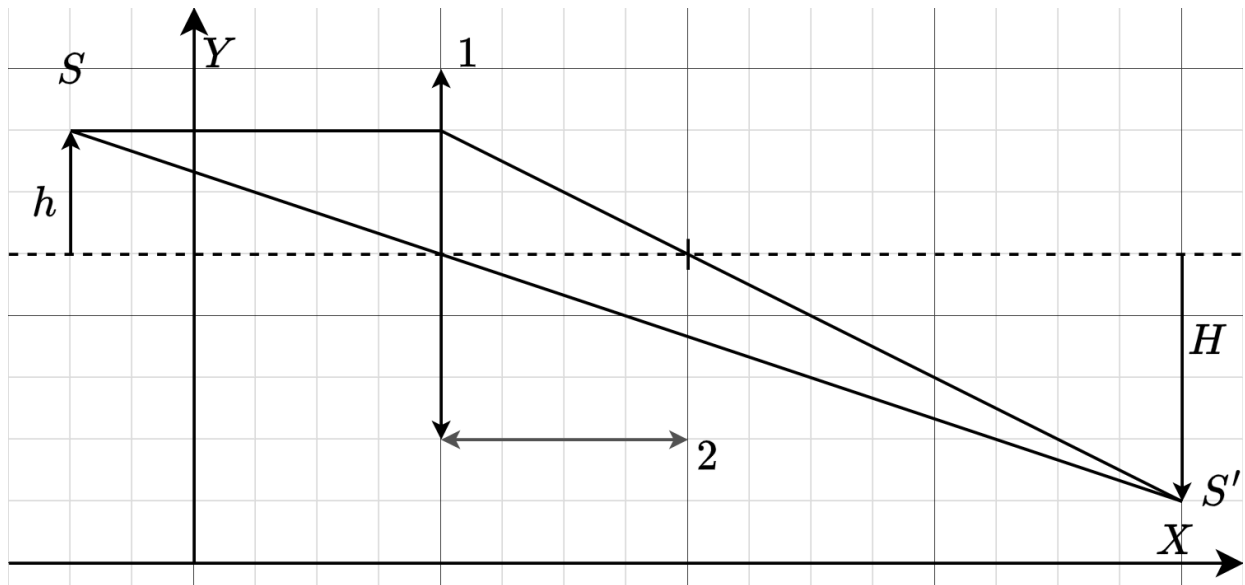


Линзадан алынған кескінді екі жолмен табуға болады. Біріншісі – кескеінді салу арқылы, екіншісі – линзаның теңдеуін шешу арқылы. Бірінші және екінші линзалардың оптикалық центрлерінің координаталары сәйкесінше $(x_1, y_1) = (4, 5)$ және $(x_2, y_2) = (6, 2)$ екенін ескеріңіз. Біріншіден, кескінді салмас бұрын біз екі фактіні қолданамыз:

- ОЦ арқылы өтетін сәуле сынбайды;
- БОО-ке параллель өтетін сәуле сынудан кейін линзаның фокусы арқылы өтеді.

Ережелерді сақтай отырып, кескінді салу арқылы біз сызба аламыз (мұндағы S' — бірінші кескін орналасқан нүкте, h — дененің БОО үстіндегі биіктігі, H — БОО үстіндегі кескіннің биіктігі:

Осы жерден кескін координаттары $S'(16, 1)$ екенін табу қиын емес.



Альтернативті шешім ретінде жұқа линза формуласы қолдануға болады:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \quad (7.2)$$

мұндағы $d = x_1 - x_S$ — ОЦ-ден объектіге дейінгі қашықтық, $f = x_i - x_1$ — ОЦ-ден кескінге дейінгі қашықтық. Осы мәндерді формулаға қойып, координаталық түрдегі линзаның теңдеуін аламыз:

$$\frac{1}{x_1 - x_S} + \frac{1}{x_i - x_1} = \frac{1}{F}. \quad (7.3)$$

Бұл теңдеуді шешіп, кескіннің x_i координатасын табамыз:

$$x_i = x_1 + \frac{(x_1 - x_S)F}{x_1 - x_S - F} = 16. \quad (7.4)$$

Сол сияқты линзаның ұлғайтуы формуласын бейімдейміз:

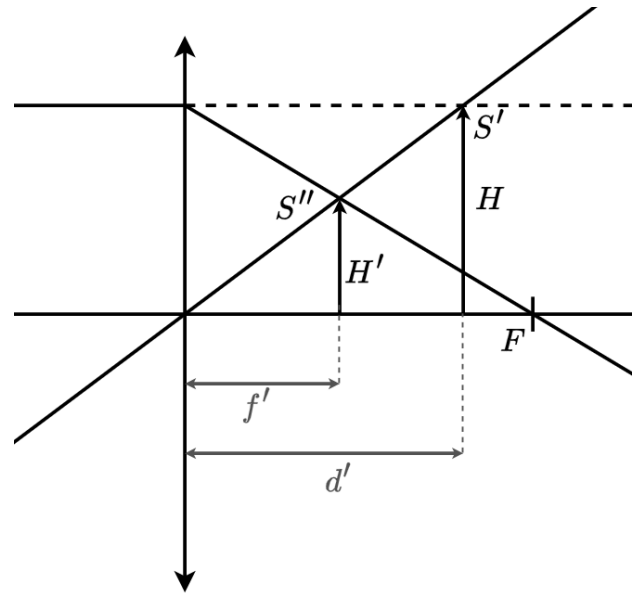
$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{y_1 - y_i}{y_S - y_1} \quad (7.5)$$

Үшбұрыштардың ұқсастығын пайдаланып, кескіннің y_i координатасын табамыз:

$$y_i = y_1 - (y_S - y_1) \frac{f}{d} = y_1 - (y_S - y_1) \frac{x_i - x_1}{x_1 - x_S} = 1. \quad (7.6)$$

Көріп отырғаныңыздай, екі әдіс те $S'(16, 1)$ жауабын береді.

Шарттағы суреттен көріп тұрғаныңыздай, сәулелер бірінші линзадан өтпей екінші линзадан өте алмайды. Бұл екінші линзаның объектісі тек бірінші линзаның кескіні болатынын білдіреді. Анық болу үшін масштабты сақтамай, негізгі нәрселерді сақтай отырып, екінші линза арқылы өтетін сәулелердің жолын сызып көрейік. Шарт бойынша сәулелердің өзі тұтас сызықпен, ал сәулелердің жалғасы нүктелі сызықпен сызылады.



S' -те фокустау алдында сәулелер екінші линзадан өтеді (линза жазықтығынан S' -ке дейінгі қашықтық линзаның фокустық арақашықтығынан аз). Сонымен бірге олар сынған және $S''(x_I, y_I)$ -ға бағытталған. Жұқа линзаның формуласын жазайық

$$\frac{1}{d'} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F}, \quad (7.7)$$

мұндағы $d' = y_i - y_2 = -1$ — екінші линзадан бірінші линзаның кескініне дейінгі қашықтық. Мәндерді формулаға қойып, табамыз:

$$f' = \frac{-1 \cdot 4}{-1 - 4} = 0.8. \quad (7.8)$$

Назар аударыңыз, біз **3** және **4** тармақтардағыдай жалпы формуланы таппадық, себебі бұл жағдай бізге азырақ таныс (сонымен қатар әдеттен тыс вертикаль осьте), сондықтан белгілермен қажетсіз қателерді болдырмау үшін сандарды формулаға дереу ауыстыру туралы шешім қабылданды. $f' > 0$ болғандықтан, кескін линзаның артында (яғни оның астында) пайда болады. Сонда табатынымыз

$$y_I = y_2 - f = 1.2. \quad (7.9)$$

Бірінші тапсырмада сияқты біз линзаның ұлғайту формуласын жазамыз (кескін мен объект БОО-тің бір жағында екенін ескере отырып):

$$\Gamma = \frac{H'}{H} = \frac{x_I - x_2}{x_i - x_2} = \frac{|f'|}{|d'|} = 0.8, \quad (7.10)$$

және екінші линзаның кескінінің горизонталь координатасын табамыз:

$$x_I = x_2 + (x_i - x_2) \cdot \Gamma = 6 + (16 - 6) \cdot 0.8 = 14. \quad (7.11)$$

Мазмұны	Ұпайлар
$l_1 = 0$	1
$\alpha = 56.3^\circ$	1
$x_i = 16$	2
$y_i = 1$	2
$x_I = 14$	2
$y_I = 1.2$	2

Есеп 8: С–Ғ–С (Қайроллаев Е.)

Алдымен СИ-дегі өлшем бірліктерін С–Ғ–С өлшем бірліктері арқылы көрсетейік:

- $[M] = \frac{5}{7} [\text{ҒбҰ}] \approx 0.714 [\text{ҒбҰ}];$
- $[KГ] = \frac{1}{1480} [\text{СОМ}] \approx 6.757 \cdot 10^{-4} [\text{СОМ}];$
- $[c] = \frac{1}{292} [\text{бөҰ}] \approx 3.4 \cdot 10^{-3} [\text{бөҰ}];$

Осы деректерді пайдалана отырып, тармақтарды шешуге кірісе аламыз.

1. Протонның массасын табайық:

$$m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1.6726 \cdot 10^{-27} \cdot \frac{1}{1480} \text{ СОМ} = 1.130 \cdot 10^{-30} \text{ СОМ}. \quad (8.1)$$

2. Бірінші тармаққа ұқсас, еркін түсу үдеуі:

$$\begin{aligned} g &= 9.81 \text{ м/с}^2 = 9.81 \cdot \frac{5}{7} \text{ ҒбҰ} \cdot 292^2 \text{ бөҰ}^{-2} = \\ &= 597457.0286 \text{ ҒбҰ/бөҰ}^2 = 5.975 \cdot 10^5 \text{ ҒбҰ/бөҰ}^2. \end{aligned} \quad (8.2)$$

3. Бір Вейдердегі Ньютон санын табу үшін шарт бойынша салыстыруды қолдана-мыз:

$$1 \text{ вдр} = 1 \text{ СОМ} \cdot \text{ҒбҰ/бөҰ}^2 = 1480 \text{ кг} \cdot 1.4 \text{ м} / (292^2 \text{ с}^2) = 2.430 \cdot 10^{-2} \text{ Н}. \quad (8.3)$$

4. Алдымен, калориядағы Джоуль санын табайық:

$$1 \text{ кал} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}) \cdot 0.001 \text{ кг} \cdot 1^\circ \text{С} = 4.2 \text{ Дж}. \quad (8.4)$$

Әрі қарай, кофе кеселерін Джоуль түрінде көрсетейік:

$$1 \text{ кк} = 1 \text{ ҒбҰ} \cdot 1 \text{ вдр} = 1.4 \text{ м} \cdot 2.430 \cdot 10^{-2} \text{ Н} = 3.402 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}. \quad (8.5)$$

Калория мәнін қойып, аламыз:

$$1 \text{ кк} = 4.762994933 \text{ Дж} = 8.100 \cdot 10^{-3} \text{ кал.} \quad (8.6)$$

Өлшем бірліктерін салыстыру мәселесі үлкен ғылыми-техникалық маңызға ие, сондықтан мұнда жуық мағыналар қабылданбайды. Сондықтан қателері бар есептеулер үшін айыппұл коэффициенттер жүйесі енгізілді (тек осы есеп үшін):

- $k = 1$, егер жауабыңыз мыңдық үлеске дейін сәйкес келсе;
- $k = 0.8$, егер жауабыңыз жүздік үлеске дейін сәйкес келсе;
- $k = 0.5$, егер жауабыңыз ондық үлеске дейін сәйкес келсе;

Ұпайларды есептеу үшін бонус коэффициентін тармақ үшін берілген ұпайға көбейту керек.

Мазмұны	Ұпайлар
$m_p = 1.130 \cdot 10^{-30} \text{ сом}$	2
$g = 5.975 \cdot 10^5 \text{ ғбҰ/бөҰ}^2$ немесе $g = 5.974 \cdot 10^5 \text{ ғбҰ/бөҰ}^2$	2
1 вдр = $2.430 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$	2
1 кк = $8.100 \cdot 10^{-3} \text{ кал} = 8.10 \cdot 10^{-3} \text{ кал} = 8.1 \cdot 10^{-3} \text{ кал}$	4

Есеп 9: Өз басыңнан соқ *** (Еркебаев А.)**

1. Соққыдан кейін бірден тақта балғадан p_0 импульс алады және сәйкесінше жылдамдық

$$v_1 = p_0/m = 0.8 \text{ м/с.} \quad (9.1)$$

Соққы қысқа уақытта болғандықтан жүк қозғала алмайды, сондықтан $v_2 = 0$.

2. Тақта мен жүк арасындағы сырғанау тоқтаған кезде $v_1 = v_2 = v$. Тақта мен жүктің жылдамдықтары үйкеліс күштері әсерінен өзгереді, ал тақта үйкелісті сезінеді

$$f_1 = \mu(N_1 + N_2) = \mu(mg + 2mg) = 3\mu mg, \quad (9.2)$$

мұндағы $N_1 = mg$ және $N_2 = 2mg$ – сәйкесінше тақта мен жүктің және тақта мен үстелдің арасындағы нормаль реакция күштері. Жүкке әсер ететін үйкеліс оған үдеу береді

$$f_2 = \mu N_1 = \mu mg. \quad (9.3)$$

Енді теңдеулер жүйесі арқылы

$$\begin{cases} v = v_1 - \frac{f_1}{m} \cdot \tau; \\ v = \frac{f_2}{m} \cdot \tau, \end{cases} \quad (9.4)$$

сырғанау уақытын тауып, аламыз

$$\tau = \frac{mv_1}{f_1 + f_2} = \frac{v_1}{4\mu g}, \quad (9.5)$$

және оны жоғарыдағы екі теңдеудің біреуіне қойып, табамыз

$$v = v_1 \cdot \frac{f_2}{f_1 + f_2} = \frac{1}{4}v_1 = 0.2 \text{ м/с}. \quad (9.6)$$

3. Алдымен, бір соққыдан кейін жүк тақтаға қатысты қандай қашықтыққа жылжитынын анықтайық. Жүктің өзі (шарттағы суретке сәйкес) солға қарай жүріп, өткен қашықтық

$$s_2 = \frac{f_2 \cdot \tau^2}{2m} = \frac{v_1^2}{32\mu g}. \quad (9.7)$$

Ал тақта жүріп өткен қашықтық

$$s_1 = v_1\tau - \frac{f_1 \cdot \tau^2}{2m} = \frac{5v_1^2}{32\mu g} \quad (9.8)$$

Жүйенің одан әрі тежеуі бізге қызық емес, өйткені салыстырмалы қозғалыс аяқталады. Бір соққыдағы орын ауыстыру

$$s = s_1 - s_2 = \frac{v_1^2}{8\mu g} = 2 \text{ см}, \quad (9.9)$$

және $L = 15$ см екенін ескере отырып,

$$n = 8 \quad (9.10)$$

соққыда жүк тақтадан сырғанап кететінін түсінеміз.

Мазмұны	Ұпайлар
$v_1 = 0.8 \text{ м/с}$	1
$v_2 = 0 \text{ м/с}$	1
$v = 0.2 \text{ м/с}$	4
$n = 8$	4

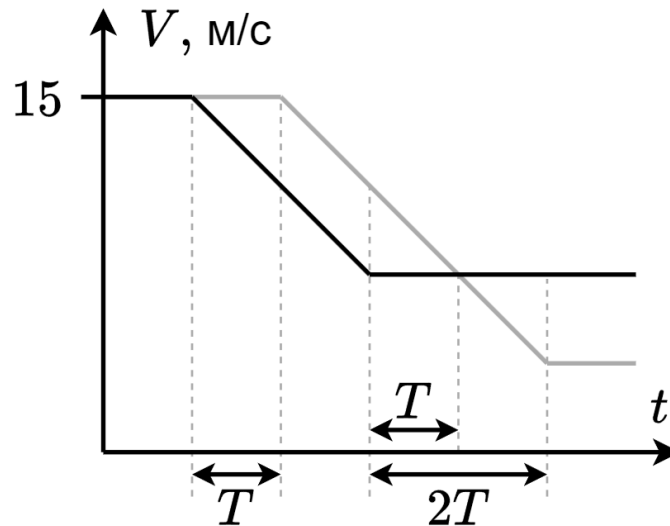
Есеп 10: Елес кептеліс (*Бисимби Д.*)

1. Үйкеліс әсері арқылы автомобильдер баяулайды, сондықтан олардың үдеуі:

$$a = \frac{F}{m}, \quad F = \mu N = \mu mg \quad \Rightarrow \quad a = \mu g = 2 \text{ м/с}. \quad (10.1)$$

Әрбір жүргізуші алдындағы жүргізушіге қарағанда 0.5 секундқа ұзағырақ тежейді. Сондықтан тежеуден кейінгі жылдамдық қатардағы әрбір келесі машина үшін 1 м/с төмендейді. Тежеуден кейінгі бірінші машинаның жылдамдығы 13 м/с, екіншісі 12 м/с, үшіншісі 11 м/с және т.б. Көліктің нөмірі $N = 14$ және одан кейінгі әрбір көліктің соңғы жылдамдығы 0 болады.

2. Уақыт өте келе көлік жылдамдығы қалай өзгередінін жақсы түсіну үшін көршілес екі көліктің жылдамдықтарының уақытқа тәуелді графигін жасаған дұрыс. Бірінші және екінші автомобильдер үшін:



Графиктегі T барлық уақыт интервалдары есептің шарттарына сәйкес бірдей және 0.5 секундқа тең. Біз графиктің көліктердің жылдамдығы өзгередінін бөлігін қарастырамыз. График бірінші машинаның бастапқы жылдамдығынан соңғы жылдамдығына дейін баяулайтынын және соңғы жылдамдықпен 1 секунд қозғалатынын көрсетеді. Ал екінші машина алдымен 0.5 секунд бастапқы жылдамдықпен жүреді, содан кейін соңғы жылдамдығына дейін баяулайды.

Біз автомобильдердің соңғы жылдамдығын V_n белгісімен белгілейміз, мұнда n - көлік нөмірі. Сонда автомобильдер жүріп өткен арақашықтықтар мәні:

$$d_n = \frac{V^2 - V_n^2}{2a} + V_n \cdot 2T, \quad d_{n+1} = V \cdot T + \frac{V^2 - V_{n+1}^2}{2a}. \quad (10.2)$$

$V_n = V_{n+1} + 1$ екенін ескере отырып, көліктер арасындағы қашықтық өзгеруі:

$$\Delta d = d_n - d_{n+1}, \quad \Delta d = -V \cdot T - \frac{V_n^2 - V_{n+1}^2}{2 \cdot a} + V_n \cdot 2T, \quad (10.3)$$

$$\Delta d = \frac{2V_n - 29}{4}. \quad (10.4)$$

Бұл n және $n + 1$ автомобильдер арасындағы қашықтығының өзгеруі формуласы

2-тармақтың жауабы:

$$d_5 = 8 + \frac{2 \cdot 9 - 29}{4} = 5.25 \text{ м.} \quad (10.5)$$

3. Үшінші тармақта көрсетілген сұраққа жауап беру үшін автомобильдер арасындағы қашықтықтың максималды қысқаруын табу керек.

Екінші тармақтан алынған графикте бұл жолы автомобильдер арасындағы қашықтықтың азаятын уақыт кезеңін, яғни бастапқы сәттен бастап автомобильдердің жылдамдықтары теңестірілетін сәтке дейін қарастырамыз.

Осыны ескере отырып:

$$d_n = \frac{V^2 - V_n^2}{2a} + V_n \cdot T, \quad d_{n+1} = V \cdot T + \frac{V^2 - V_n^2}{2a}. \quad (10.6)$$

Арақашықтық өзгеруі:

$$\Delta d = d_n - d_{n+1}, \quad \Delta d = (V_n - V)T. \quad (10.7)$$

Мәндерді орнына қойғанда:

$$\Delta d = \frac{V_n - 15}{2}. \quad (10.8)$$

(10.8) теңдеуінен, бізге арақашықтықтың максималды өзгерісі минимальды $V_n = 0$ мәніне тең болғанда анық:

$$\Delta d = \frac{0 - 15}{2} = 7.5 \text{ м.} \quad (10.9)$$

Сонда көліктер арасындағы ең аз қашықтық 7.5 метр болуы керек

Мазмұны	Ұпайлар
$N = 14$	3
$d_5 = 5.25 \text{ м}$	4
$\Delta d = 7.5 \text{ м}$	3