

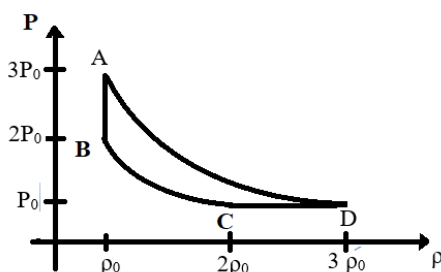
Қазақстан Республикасының оқу-ағарту министрлігі
“Дарын” Республикалық ғылыми-практикалық орталығы және
“Республикалық физика-математика мектебі” коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Математика, физика және информатика пәндері бойынша мұғалімдер мен
олимпиадалық резерв жаттықтырушыларының
VII халықаралық шығармашылық байқауы
Физика. Мұғалімдер лигасы. 14 қаңтар 2025 ж.

Теориялық бөлім (30 ұпай)

№ 1 Есеп (5 ұпай)

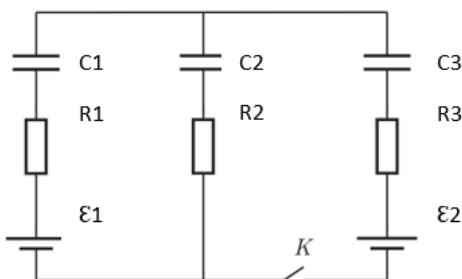
Біратомды идеал газбен жүргізілген цикл $P\rho$ -диаграммасында көрсетілген. Мұндағы: $P_0 = 10^5$ Па, $V_0 = 6$ м³, D–A және B–C процестерін гиперболалық сызықтар сипаттайды.



- a) Берілген циклдің PV -диаграммасын тұрғызыңыз; **(1 ұпай)**
- b) Газдың бір циклде атқарған жұмысын анықтаңыз; **(1 ұпай)**
- c) Қыздырғыштан газға берілген жылу мөлшері қандай? **(1 ұпай)**
- d) Циклдің ПӘК-і және идеал циклдің ПӘК-не қатынасы; **(1 ұпай)**
- e) Тоңазытқышқа берілген жылу мөлшерін анықтаңыз. **(1 ұпай)**

№ 2 Есеп (7 ұпай)

Суретте электр тізбегінің сұлбасы көрсетілген. Мұндағы: $C_1 = 4$ мкФ, $C_2 = 12$ мкФ, $C_3 = 8$ мкФ, $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, $\mathcal{E}_1 = 8$ В, $\mathcal{E}_2 = 16$ В.



Төмендегі жүйе параметрлері шамаларының мәндерін анықтаңыз.

2.1 Кілт тұйықталмаған жағдайдағы

- a) C_1 конденсаторындағы кернеу **(1 ұпай)**
- b) C_1 конденсаторындағы заряд шамасы **(1 ұпай)**

2.2 Кілт тұйықталған кездегі

- c) R_2 резисторынан өтетін ток күшінің шамасы **(1 ұпай)**
- d) R_3 резисторынан өтетін ток күшінің шамасы **(1 ұпай)**
- e) R_1 резисторынан өтетін ток күшінің шамасы **(1 ұпай)**

2.3 Өтпелі процестер тоқтаған кездегі

f) C_1 конденсаторындағы заряд шамасы

(1 ұпай)

g) C_1 конденсаторындағы кернеу

(1 ұпай)

№ 3 Есеп (7 ұпай)

Горизонталь экранның үстінде биіктігі 30 см және радиусы 30 см болатын оптикалық мөлдір тұтас цилиндр орналасқан. Бас оптикалық ось бойымен цилиндрдің жоғарғы жиегінен 15 см қашықтыққа нүктелік деп есептеуге болатын жарық көзін орналастырады.

Цилиндр затының сыну көрсеткіші:

a) $n_1 = 1,48$

b) $n_2 = 1,2$

мәндері үшін цилиндрдің горизонталь экранға түсіретін көлеңкесін және шала көлеңкесінің аудандарын анықтаңыздар.

№ 4 Есеп (11 ұпай)

Ескеріңіз: Әрбір нақты берілген жағдай үшін серіппенің қатаңдық коэффициенті серіппенің ұзындығына тәуелді емес

Екі бірдей өлшемдері кішкене шарлардың массалары $m_1 = m_2 = 20$ г. Оларға шамалары бірдей q зарядтары берілген. Нәтижесінде, гравитациялық тартылыс күші кулондық тартылыс күшінен $0,34 \cdot 10^{12}$ есе кіші болды.

4.1 Шарларды ұзындығы $l_0 = 20$ см деформацияланбаған салмақсыз және өткізбейтін серіппенің екі басына бекітіп, тегіс жылтыр горизонталь бет үстіне орналастырады. Тербеліс процесі кезінде шарлардың арасындағы қашықтық 10 см – ден 40 см – ге дейін өзгереді.

a) Шарлардың зарядын анықтаңыз;

(1 ұпай)

b) Серіппенің k_1 эффективті қатаңдық коэффициентін анықтаңыз;

(2 ұпай)

4.2 Ақырындап тербелістер тоқтайды, нәтижесінде серіппенің ұзындығы $l = 24$ см болады.

c) Серіппенің k_2 эффективті қатаңдық коэффициентін анықтаңыз;

(1 ұпай)

d) Тербелістердің өшуі кезінде жылуға айналған энергия мөлшерін анықтаңыз;

(2 ұпай)

e) Шарларды бір-біріне алғашқы l_0 қашықтыққа дейін жақындату үшін оларға қандай минимал жылдамдық берілуі тиіс?

(2 ұпай)

4.3 Енді осы екі зарядталған шариктің басқа бір салмақсыз және өткізбейтін серіппемен қосылғанын қарастырайық, олар жылтыр тегіс горизонталь бет үстіне орналастырылады. Бір шарик қозғалмайтындай бекітіліп, ал екіншісі қозғала алады. Тербелістер жасау кезінде серіппенің минималды ұзындығы 10 см, ал серіппенің деформацияланбаған кездегі ұзындығы 30 см. Серіппенің ұзындығы 40 см болған мезеттегі тербелетін шариктің максималды жылдамдығын анықтаңыз.

(3 ұпай)

Әдістемелік бөлім (15 ұпай)

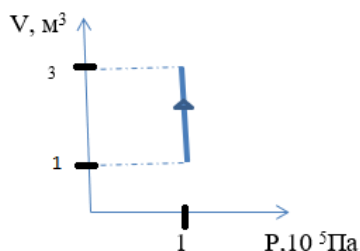
№1 Тапсырма (5 ұпай)

Есептердің шешімінен қателерді немесе есеп шартынан жеткіліксіз ақпараттарды анықтаңыз. Қысқаша түсінік беріңіз.

1.1 Мысал Массасы 390 г дене кедір-бұдыр горизонталь бет үстінде жатыр. Денеге горизонтқа 30° бұрыш жасай бағытталған 2 Н күш әсер етеді. Осы күштің әсерінен дене бет бойымен бірқалыпты 5 м қашықтыққа орын ауыстырады. Үйкеліс күшінің атқарған жұмысын анықтаңыз. Дене мен бет арасындағы үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,6$.

Оқушының шешу жолы: $A_{\text{үйк}} = -\mu NS = -\mu(mg - \sin \alpha) S = -8,5 \text{ Дж}$ (1 ұпай)

1.2 Мысал Суретте біратомды идеал газ көлемінің қысымға тәуелділік графигі бейнеленген. Газдың ішкі энергиясы 100 Дж – ға артты. Газға берілген жылу мөлшерінің шамасы мынаған тең:



Оқушының шешу жолы:

Изобаралық процесс кезінде газдың атқарған жұмысы: $A = \Delta p V$. Графиктен көріп тұрғанымыздай $A = 200 \text{ кДж}$ – ға тең. Термодинамиканың бірінші бастамасы бойынша: $Q = \Delta U + A = 300 \text{ кДж}$. (1 ұпай)

1.3 Мысал Горизонталь бет үстінде болаттан жасалған кубик жатыр. Кубиктің жоғарғы жағына ауада ұшып келе жатқан серпімсіз материалдан жасалған шарик келіп соғылады. Шариктің соқтығыс алдындағы v_0 жылдамдығы горизонтпен $\alpha = 30^\circ$ бұрыш жасайды. Соқтығыс кезінде шарик энергиясының 50% жылуға айналып, кубиктен шағылған шарик өзінің алғашқы энергиясынан үш есе кіші энергиямен горизонтқа қандай бір бұрыш жасай отырып қозғалысын жалғастырады. Осы бұрыш шамасының мәнін анықтаңыз. Кубиктің массасы шариктің массасынан екі есе үлкен. (3 ұпай)

№2 Тапсырма (10 ұпай)

Есеп шешімінде қателер болса анықтаңыз. Қысқаша түсінік беріңіз, қорытынды жасаңыз. Өз шешіміңізді ұсынбаңыз.

2.1 Мысал Пойыз тыныштық қалпынан теңудемелі қозғала отырып қозғалмайтын бақылаушының жанынан өтеді. Пойыздың бірінші вагоны бақылаушының жанынан 6 с – та, ал соңғы вагоны 2 с уақыт аралығында өтеді. Егер алғашқы мезетте бақылаушы пойыздың бас жағында тұрған болса, онда пойыздың

барлық вагондары бақылаушының жанынан неше уақыт аралығында өтеді?

(5 ұпай)

Есептің мүмкін шешімі:

Айталық, пойыздың вагондар саны N және әр вагонның ұзындығы L болсын. Уақыт өткен сайын вагондар жылдам қозғала бастайды.

1) Алғашқы уақыт мезетінде, бірінші вагон бақылаушының жанынан:

$$L = a t_1^2 / 2 \quad (1 \text{ ұпай})$$

2) Соңғы вагон: $L = v_0 t + a t^2 / 2$ **(1 ұпай)**

3) Соңғы вагонның ие болатын жылдамдығы: $v_0 = (t_2 - t_1) a$ **(1 ұпай)**

4) Осы жерден: $a t_1^2 / 2 = (t_2 - t_1) a t + a t^2 / 2$ **(1 ұпай)**

$$t_1^2 = 2 t_2 t - 2 t_1 t + t^2$$

5) $t^2 - 8 t + 36 = 0$ $x = (8 + \sqrt{-80}) / 2 = 4 + 2 i \sqrt{5} = 4.0000 + 4.4721 i$

$$t = 8,4 \text{ с}$$

Қорытынды: $N = t / (t_1 - t_2) = 2,1$ яғни 2 вагон **(1 ұпай)**

2.2 Мысал Қандайда бір T_0 температурадағы ыстық суды үлкен цилиндрлік ыдысқа құяды. Содан кейін суды T температураға дейін салқындатқан. Суды салқындатуға 16 минут уақыт жұмсалды. Үлкен цилиндр тәріздес, 8 кіші цилиндрлерге алғашқы шарттарды ұстана отырып үлкен цилиндрдегі суды кіші цилиндрлердің бетіне дейін құяр болсақ, онда суды салқындатуға қанша уақыт қажет болады? Уақыт бірлігінде беттің бірлік ауданынан берілетін жылудың жылдамдығы су мен қоршаған ортаның температураларының айырымына тура пропорционал екені белгілі. Цилиндрлердің жылусыйымдылығын ескермеңіз және жылу алмасу тек цилиндрлердің ашық беттері арқылы жүреді деп есептеңіз.

Есептің мүмкін шешімі:

Үлкен ыдыстың радиусын және биіктігін R және H деп, ал кіші ыдыстыңкіні r және h белгілейік. Үлкен ыдыстағы судың массасы M , ал көлемі V – ға тең болсын.

Онда кіші ыдыстағы судың массасы $m = M / n = M / 8$. Көлем және масса өзара байланысқан. Ыдыстардың ұқсастығынан, олардың R мен r және H пен h биіктіктері бір – бірінен тура сондай N қатынаста болады:

$$1) m / M = V / v = \pi R^2 H / (\pi r^2 h) = 8 = N \quad (1 \text{ ұпай})$$

Есеп шартынан, әр ыдыс үшін су бетінен жылу берілу құбылысы мына заңға сәйкес жүреді:

$$2) \Delta Q / \Delta t = \alpha (T - T_0) / S \quad (1 \text{ ұпай})$$

мұндағы: $\Delta Q - \Delta t$ уақыт аралығында S аудан бетінен берілетін жылу мөлшері; T және T_0 – судың бастапқы температурасы және қоршаған ортаның температурасы;

α – тұрақты пропорционалдық коэффициент. Басқа жағынан қарағанда, ыстық су ΔT температураға салқындағанда ол: $\Delta Q = c M \Delta T$ жылу мөлшерін береді, мұндағы c – судың меншікті жылусыйымдылығы. Ендеше, мынадай теңдік жаза аламыз:

$$3) c M \Delta T / \Delta t = \alpha (T - T_0) / S. \quad (1 \text{ ұпай})$$

Ыдыстағы су бетінің ауданы оның радиусының квадратына пропорционал, ал судың массасы оның көлеміне пропорционал екенін ескерсек, онда судың салқындау жылдамдығы:

$$4) \Delta T / \Delta t = \alpha (T - T_0) / (c M S) = \alpha (T - T_0) H / (\pi R^2) = (T - T_0) H \quad (1 \text{ ұпай})$$

Демек, бізге мынадай қорытынды жасауға болады: ыдыстағы судың бастапқы температурасы және қоршаған орта температураларының айырымының бірдей мәндерінде судың салқындау жылдамдығы ыдыстың тереңдігіне тура пропорционал болады. Яғни, биіктігі $H = N h$ болатын үлкен ыдыс үшін судың салқындау жылдамдығы кіші ыдысқа қарағанда 8 есе үлкен болады. Осыған сүйене отырып, кіші ыдыстағы судың салқындау уақыты 8 есе кіші болады.

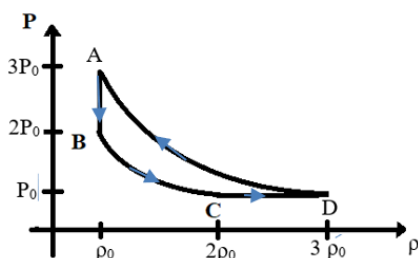
$$5) \tau = t / 8 = 16 / 8 = 2 \text{ мин.} \quad (1 \text{ ұпай})$$

Министерство просвещения Республики Казахстан
Республиканский научно-практический центр «Дарын» и
Некоммерческое акционерное общество
«Республиканская физико-математическая школа»
VII Международный творческий конкурс учителей и тренеров
олимпийского резерва по математике, физике и информатике.
Физика. Лига учителей. 14 января 2025 г.

Теоретическая часть (30 баллов)

Задача № 1 (5 баллов)

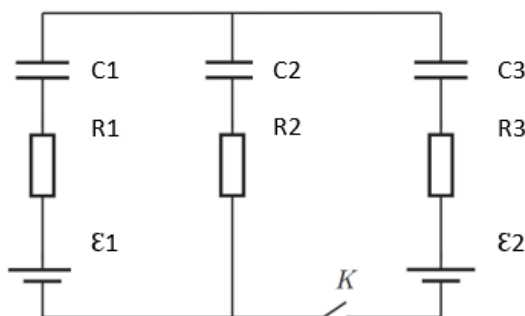
Над одноатомным идеальным газом осуществляется цикл, приведенный на $P\rho$ -диаграмме, где $P_0 = 10^5$ Па и $V_0 = 6$ м³, процессы D–A и B–C представляют собой участки гиперболы.



- a) Постройте PV -диаграмму данного цикла; (1 балл)
- b) Определите работу газа за один цикл; (1 балл)
- c) Какое количество теплоты было подведено к газу от нагревателя; (1 балл)
- d) Определите КПД цикла и соотношение к КПД идеального цикла; (1 балл)
- e) Определите количество теплоты, отданной холодильнику. (1 балл)

Задача № 2 (7 баллов)

Дана электрическая схема, в которой: $C_1 = 4$ мкФ, $C_2 = 12$ мкФ, $C_3 = 8$ мкФ, $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, $\mathcal{E}_1 = 8$ В, $\mathcal{E}_2 = 16$ В.



Определите следующие величины параметров системы:

2.1 В случае, когда ключ разомкнут

- a) напряжение на конденсаторе C_1 (1 балл)
- b) заряд на конденсаторе C_1 (1 балл)

2.2 Ключ замкнули

- c) Ток, который потечёт через R_2 (1 балл)

- d) Ток, который потечёт через R_3 (1 балл)
 e) Ток, который потечёт через R_1 (1 балл)
2.3 Переходные процессы завершились
 f) Заряд на конденсаторе C_1 (1 балл)
 g) Напряжение на конденсаторе C_1 (1 балл)

Задача № 3 (7 баллов)

Сплошной оптически прозрачный цилиндр, высотой 30 см и радиусом 30 см, находится на горизонтальном экране. По главной оси на расстоянии 15 см от верхней грани цилиндра установили источник света, который можно считать точечным. Найдите площади тени и полутени, отбрасываемые цилиндром, на горизонтальный экран, в случае если показатель преломления вещества принять равным:

- a) $n_1 = 1,48$
 b) $n_2 = 1,2$.

Задача № 4 (11 баллов)

Указание: В каждом конкретном случае считать, что коэффициент упругости не зависит от длины пружины

Два одинаковых шарика имеют массы $m_1 = m_2 = 20$ г. Им сообщили одинаковые заряды q . В результате оказалось, что гравитационное притяжение меньше кулоновского притяжения в $0,34 \cdot 10^{12}$.

4.1 Шарики подсоединили к концам недеформированной непроводящей и невесомой пружины, длиной $\ell_0 = 20$ см и установили на гладкую горизонтальную поверхность. В процессе колебаний шариков расстояние между ними меняется от 10 см до 40 см:

- a) Найдите заряды шариков; (1 балл)
 b) Найдите эффективную жесткость k_1 пружины; (2 балла)

4.2 Постепенно колебания прекращаются, длина пружины остается равной $l = 24$ см:

- c) Найдите эффективную жесткость k_2 пружины; (1 балл)
 d) Определите количество энергии, перешедшей в тепло, при затухании колебаний; (2 балла)
 e) Определить минимальную скорость, которую надо сообщить каждому шарiku, чтобы они смогли сблизиться до прежнего расстояния l_0 . (2 балла)

4.3 Рассмотрим те же два заряженных шарика, соединенных с другой непроводящей и невесомой пружиной, расположенных на гладкой горизонтальной поверхности. Один шарик закреплен, другой подвижен и колеблется так, что минимальная длина пружины составляет 10 см, а длина ее в недеформированном состоянии 30 см. Определите максимальную скорость движения колеблющегося шарика, если в этот момент длина пружины 40 см.

(3 балла)

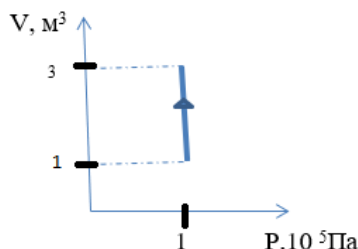
Методическая часть (15 баллов)

Задание №1 Найдите ошибку и/или недостаточные данные в условии. Дать краткое пояснение (5 баллов)

Пример 1.1 На горизонтальной шероховатой поверхности лежит тело массой 390 г. На тело действуют силой 2 Н, направленной вверх под углом 30° к горизонту. Под действием этой силы тело равномерно переместилось вдоль поверхности на 5 м. Определить величину работы, совершённой при этом силой трения. Коэффициент трения между телом и поверхностью $\mu = 0,6$.

Решение ученика: $A_{\text{тр}} = -\mu NS = -\mu(mg \sin \alpha) S = -8,5 \text{ Дж}$ (1 балл)

Пример 1.2 На рисунке приведён график зависимости объёма идеального одноатомного газа от давления. Внутренняя энергия газа увеличилась на 100 кДж. Количество теплоты, сообщённое газу, равно:



Решение ученика: Работа $A = \Delta p V$, совершённая газом в изобарическом процессе. По графику легко видеть, что $A = 200 \text{ кДж}$. По первому началу термодинамики $Q = \Delta U + A = 300 \text{ кДж}$ (1 балл)

Пример 1.3 На горизонтальной поверхности лежит стальной кубик. В верхнюю грань кубика ударяется летящий по воздуху шарик, изготовленный из пластичного материала. Скорость шарика v_0 в момент удара составляла угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. При столкновении 50% энергии шарика переходит в тепло, а сам шарик отражается от кубика и продолжает полёт под некоторым углом к горизонту с энергией, в три раза меньшей первоначальной. Определить величину этого угла. Масса кубика в два раза больше массы шарика. (3 балла)

Задание №2 Найдите ошибки в решении, если они есть. Дать краткое пояснение и вывод. Своё решение не предлагать. (10 баллов)

Пример 2.1 Поезд трогается с места и при равноускоренном движении проходит мимо неподвижного пассажира. Первый вагон прошел мимо него за время 6 с, а последний за время 2 с. За какое время мимо пассажира прошел весь поезд, если изначально пассажир стоял у начала состава? (5 баллов)

Возможное решение: Предположим, у нас N количество вагонов и длина каждого вагона L . С каждым разом каждый вагон все быстрее и быстрее движется.

1) В начальный момент, первый вагон пройдет за время:

$$L = a t_1^2 / 2 \quad (1 \text{ балл})$$

2) Последний вагон: $L = v_0 t + a t^2 / 2$ (1 балл)

3) Последний вагон будет иметь скорость: $v_0 = (t_2 - t_1) a$ (1 балл)

4) Отсюда: $a t_1^2 / 2 = (t_2 - t_1) a t + a t^2 / 2$ (1 балл)
 $t_1^2 = 2 t_2 t - 2 t_1 t + t^2$

5) $t^2 - 8 t + 36 = 0$ $x = (8 + \sqrt{-80}) / 2 = 4 + 2 i \sqrt{5} = 4.0000 + 4.4721 i$
 $t = 8,4$ с Вывод: $N = t / (t_1 - t_2) = 2,1$ т.е. 2 вагона (1 балл)

Пример 2.2 Горячую воду при некоторой температуре T_0 налили в большой цилиндр. Затем ее остудили до температуры T окружающей среды. На это затратили 16 минут. Через какое время можно при тех же условиях остудить воду, если разлить воду по маленьким похожим 8 цилиндрам, которые также заполнены доверху и подобны большой? Известно, что скорость количества тепла, отдаваемое в единицу времени с единицы поверхности пропорционально разности температур воды и окружающей среды. Теплоемкостью цилиндров пренебречь. Теплообмен происходит только через свободную поверхность.

(5 баллов)

Возможное решение: Обозначим радиус и высоту большого сосуда через R и H , а радиус и высоту маленького сосуда через r и h . Пусть масса воды в большом сосуде равна M , а его объём V .

Тогда масса воды в маленьком сосуде $m = M / n = M / 8$. Объемы и массы связаны. Подобие сосудов означает, что их радиусы R и r и глубины H и h отличаются друг от друга в одно и то же число раз N :

1) $m / M = V / v = \pi R^2 H / (\pi r^2 h) = 8 = N$ (1 балл)

По условию задачи, для каждого из сосудов теплоотдача происходит с поверхности воды в соответствии с законом

2) $\Delta Q / \Delta t = \alpha (T - T_0) / S$ (1 балл)

где: ΔQ – это количество теплоты, отдаваемое за время Δt с поверхности площадью S ;

T и T_0 - начальная температура воды и температура окружающей среды;

α - постоянный коэффициент пропорциональности. С другой стороны, известно, что при остывании горячей воды на ΔT градусов она отдаёт количество теплоты $\Delta Q = c M \Delta T$, где c - удельная теплоёмкость воды. Значит, справедливо равенство

3) $c M \Delta T / \Delta t = \alpha (T - T_0) / S$. (1 балл)

Учитывая, что площадь поверхности воды в сосуде пропорциональна квадрату его радиуса, а масса воды пропорциональна его объёму, для скорости остывания воды получаем:

4) $\Delta T / \Delta t = \alpha (T - T_0) / (c M S) = \alpha (T - T_0) H / (\pi R^2) = (T - T_0) H$ (1 балл)

Таким образом, мы установили, что при одинаковой разности начальной температуры воды и температуры окружающей среды скорость остывания воды прямо пропорциональна глубине сосуда, то есть для большого сосуда, высота которого $H = N h$, скорость охлаждения будет в 8 раз больше, чем для маленького. Отсюда следует, что время охлаждения воды в маленьком сосуде будет в 8 раз меньше.

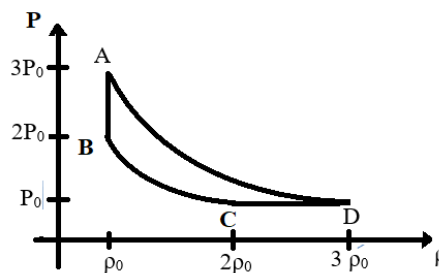
5) $\tau = t / 8 = 16 / 8 = 2$ мин. (1 балл)

**Ministry of education of the Republic of Kazakhstan
 Republican scientific and practical center "Daryn"
 and non-profit joint stock company "Republican physics and mathematics school"
 VII International creative competition for teachers and trainers of the olympiad
 reserve in mathematics, physics, and computer science
 physics.**

**Teachers' League. January 14, 2025
 Theoretical part (30 points)**

Problem 1 (5 Points)

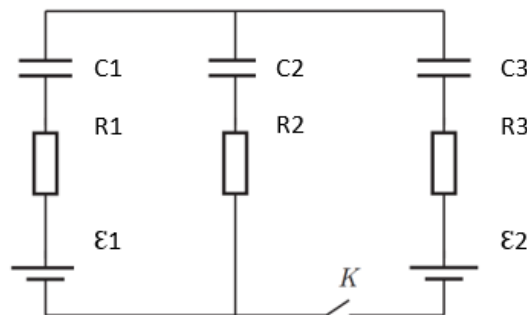
A cyclic process is performed by a monatomic ideal gas, represented on a P- ρ diagram, where $P_0 = 10^5$ Pa and $V_0 = 6$ m³. The processes D \rightarrow A and B \rightarrow C correspond to segments of hyperbolas.



- a) Construct the P-V diagram of the given cycle. **(1 point)**
- b) Determine the work done by the gas during one cycle. **(1 point)**
- c) Calculate the amount of heat supplied to the gas by the heat source. **(1 point)**
- d) Determine the efficiency of the cycle. **(1 point)**
- e) Calculate the amount of heat released to the cold reservoir. **(1 point)**

Problem 2 (7 Points)

An electric circuit is given, in which: $C_1 = 4$ μ F, $C_2 = 12$ μ F, $C_3 = 8$ μ F, $R_1 = 1$ Ω , $R_2 = 3$ Ω , $R_3 = 2$ Ω , $\mathcal{E}_1 = 8$ V, $\mathcal{E}_2 = 16$ V.



2.1 When the switch is open, calculate

- a) Voltage across capacitor C_1 **(1 point)**
- b) Charge on capacitor C_1 **(1 point)**

2.2 When the switch is just closed, calculate

- c) Current flowing through R_2 **(1 point)**
- d) Current flowing through R_3 **(1 point)**
- e) Current flowing through R_1 **(1 point)**

2.3 After the transient processes have completed, calculate

- f) Charge on capacitor C_1 (1 point)
g) Voltage across capacitor C_1 (1 point)

Problem 3 (7 points)

A solid, optically transparent cylinder, with a height of 30 cm and a radius of 30 cm, is placed on a horizontal screen. Along its main axis, a point light source is positioned 15 cm above the top face of the cylinder. Determine the areas of the shadow and penumbra cast by the cylinder onto the horizontal screen, assuming the refractive index of the material is:

- a) $n_1 = 1,48$
b) $n_2 = 1,2$.

Problem 4 (11 points)

Note: In each specific case, assume that the spring constant does not depend on the length of the spring.

Two identical spheres have masses $m_1 = m_2 = 20$ g. They were given identical charges q . As a result, the gravitational force between the spheres was found weaker than the Coulomb's force between them by a factor of 0.34×10^{12} .

4.1 The spheres are connected to the ends of an undeformed, non-conductive, and weightless spring with a length of $l_0 = 20$ cm, and are placed on a smooth horizontal surface. During oscillations, the distance between the spheres changes from 10 cm to 40 cm:

- a) Find the charge q given to the spheres. (1 point)
b) Find the effective spring constant k_1 for the spring. (2 points)

4.2 The oscillations gradually stop, and the spring length stabilizes at $l = 24$ cm:

- c) Find the effective spring constant k_2 . (1 point)
d) Calculate the amount of energy converted to heat during the damping of the oscillations. (2 points)
e) Determine the minimum velocity that must be given to each sphere so that they can approach each other to their original distance l_0 . (2 points)

4.3 Consider the same two charged spheres connected to another non-conductive and weightless spring placed on a smooth horizontal surface. One sphere is fixed, while the other oscillates in such a way that the minimum spring length is 10 cm, and its undeformed length is 30 cm. Determine the maximum velocity of the oscillating sphere at the moment when the spring length is 40 cm. (3 points)

Methodical Part (15 Points)

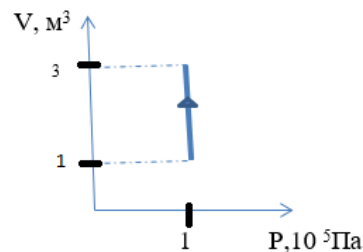
Problem 1 Identify the error and/or insufficient data in the given problem statement. Provide a brief explanation. (5 points)

Example 1.1 An object with a mass of 390 g lies on a horizontal rough surface. A force of 2 N is applied to the object, directed upward at an angle of 30° to the horizontal. Under the action of this force, the object moved uniformly along the surface for $S=5$ m. Determine the amount of work done by the force of friction during this motion. The coefficient of friction between the object and the surface is $\mu = 0.6$.

Student's Solution

$$W_f = -\mu N S = -\mu(mg - \sin \alpha)S = -8,5 \text{ J} \quad (1 \text{ point})$$

Example 1.2 The graph shows the relationship between the volume of an ideal monoatomic gas and its pressure. The internal energy of the gas increased by 100 kJ.



Determine the amount of heat given to the gas.

Student's Solution: Work, $W = \Delta p V$, is performed by the gas in an isobaric process. It is easy to see from the graph, that $A = 200$ kJ. By the 1st Law of thermodynamics

$$Q = \Delta U + A = 300 \text{ kJ} \quad (1 \text{ Point})$$

Example 1.3 A steel cube lies on a horizontal surface. A ball made of a ductile material strikes the top face of the cube. The velocity of the ball v_0 at the moment of impact formed an angle $\alpha = 30^\circ$ with the horizontal. During the collision, 50% of the ball's energy is converted into heat, and the ball rebounds from the cube, continuing its flight at some angle to the horizontal with energy three times less than its initial energy. Determine the magnitude of this angle. The mass of the cube is twice the mass of the ball. (3 points)

Problem 2 Find any errors in the solution, if present. Provide a brief explanation and conclusion. Do not provide your own solution. (10 points)

Example 2.1 A train starts moving from rest and, during uniformly accelerated motion, passes a stationary passenger. The first carriage passes the passenger in 6 seconds, while the last carriage takes 2 seconds. What is the total time it takes for the entire train to pass the passenger, given that the passenger was initially standing at the front of the train?

(5 Points)

Student's Solution: Let's assume that we have N carriages, each with a length L . With each passing moment, each carriage moves faster and faster due to the acceleration of the train.

1) At the initial moment, the first carriage will pass in time:

$$L = a t_1^2 / 2 \quad (1 \text{ point})$$

$$2) \text{ Last carriage: } L = v_0 t + a t^2 / 2 \quad (1 \text{ point})$$

$$3) \text{ Last carriage will have the speed : } v_0 = (t_2 - t_1) a \quad (1 \text{ point})$$

$$4) \text{ Then : } a t_1^2 / 2 = (t_2 - t_1) a t + a t^2 / 2 \quad (1 \text{ point})$$

$$t_1^2 = 2 t_2 t - 2 t_1 t + t^2$$

$$5) t^2 - 8 t + 36 = 0 \quad x = (8 + \sqrt{-80}) / 2 = 4 + 2 i \sqrt{5} = 4.0000 + 4.4721 i$$

$$t = 8,4 \text{ c}$$

$$\text{Conclusion: } N = t / (t_1 - t_2) = 2,1 \text{ i.e. 2 carriages} \quad (1 \text{ point})$$

Example 2.2 An amount of hot water at a certain temperature T_0 was poured into a large cylinder. Then it was cooled to temperature T . This took 16 minutes. In what time can the water be cooled under the same conditions if the water is poured into 8 small similar cylinders, which are also filled to the top and similar to the large one? It is known that the rate of heat released per unit of time from a unit of surface is proportional to the difference in temperature between the water and the environment. Neglect the heat capacity of the cylinders. Heat exchange occurs only through the free surface. **(5 points)**

Student's Solution: Let us denote the radius and height of the large vessel by R and H , and the radius and height of the small vessel by r and h . Let the mass of water in the large vessel be equal to M , and its volume to V .

Then the mass of water in a small vessel $m = M / n = M / 8$. Volumes and masses are related. The similarity of the vessels means that their radii R and r and depths H and h differ from each other by the same number of times N :

$$m / M = V / v = \pi R^2 H / (\pi r^2 h) = 8 = N \quad (1 \text{ Point})$$

According to the problem statement, for each of the vessels, heat transfer occurs from the surface of the water in accordance with the law

$$1) \Delta Q / \Delta t = \alpha (T - T_0) / S \quad (1 \text{ Point})$$

Where : ΔQ – this is the amount of heat released in time Δt from a surface area S ;

T и T_0 - initial water temperature and ambient temperature;

α - constant coefficient of proportionality. On the other hand, it is known that when hot water cools by ΔT degrees, it gives off an amount of heat $\Delta Q = M c \Delta T$, where c is the specific heat capacity of water. Therefore, the equality is true

$$2) c M \Delta T / \Delta t = \alpha (T - T_0) / S. \quad (1 \text{ Point})$$

Considering that the surface area of water in a vessel is proportional to the square of its radius, and the mass of water is proportional to its volume, for the rate of cooling of water we obtain

$$\Delta T / \Delta t = \alpha (T - T_0) / (c M S) = \alpha (T - T_0) H / (\pi R^2) = (T - T_0) H \quad (1 \text{ Point})$$

Thus, we have established that with the same difference between the initial temperature of the water and the ambient temperature, the rate of cooling of the water is directly proportional to the depth of the vessel, that is, for a large vessel, the height of which $H = N h$, the cooling rate will be 8 times greater than for a small one. It follows that the cooling time of water in a small vessel will be 8 times less.

$$3) \tau = t / 8 = 16 / 8 = 2 \text{ minutes} . \quad (1 \text{ Point})$$