



4th International creative competition of teachers and coaches of the Olympic reserve in mathematics, physics and informatics

Математика, физика және информатика пәндері бойынша мұғалімдер мен олимпиадалық резерв жаттықтырушыларының IV халықаралық ашық шығармашылық байқауы

## IMPACT 2022

**Мұғалімдер лигасы.  
Бірінші блок(30 балл)**

**Лига учителей.  
Первый блок (30 баллов)**

**Задача №1 (6 баллов)  
1<sup>st</sup> Problem (6 Points)**

A wax candle has 18 cm length and 10 mm diameter. The time of its complete combustion is 30 minutes. It was lowered into the water and a load was attached to the lower end to ensure its vertical stability. What must be the mass of the load in order to make the burning time of the candle maximum? The density of the candle is  $0.9 \text{ g/cm}^3$ .

Балауыз шамының ұзындығы 18 см, диаметрі 10 мм. Ал онын толық жану уақыты 30 минутты құрайды. Шам суға түсіріледі, оның вертикаль тепе-теңдікте болуын қамтамасыз ету үшін оның төменгі ұшына жүк байланады. Шамның жану уақыты максимал болуы үшін шамға байланатын жүктің массасын анықтаңдар. Балауыз шамның тығыздығы  $0,9 \text{ г/см}^3$ .

Восковая свеча имеет длину 18 см и диаметр 10 мм. Время ее полного сгорания 30 минут. Ее опустили в воду и к нижнему концу прикрепили грузик, чтобы обеспечить ей вертикальную устойчивость. Определите, при какой массе груза время горения свечи будет максимальным. Плотность свечи  $0,9 \text{ г/см}^3$ .

**Задача №2 (7 баллов)  
2<sup>nd</sup> Problem (7 Points)**

A bullet enters into a 0,5m-thick sandbag with a speed of 600m/s and flies out at a speed of 300m/s.. The resistive force to the movement of the bullet inside the sandbag is given as  $F=-$

$kx$ , where  $k$  is a positive number. Determine the time it takes the bullet to pass through the sandbag.

Қалыңдығы  $0,5$  м болатын топырақ қабатына оқ  $600$  м/с жылдамдықпен кіріп,  $300$  м/с жылдамдықпен шығады. Оқтың қозғалысына әсер ететін кедергі күш  $F=-kx$ , мұндағы  $k$ - пропорционалдық коэффициенті. Оқтың топырақ қабатынан өту уақытын анықтаңыз.

Пуля влетает в земленной вал со скоростью  $600$ м/с и вылетает со скоростью  $300$ м/с. Ширина вала  $0,5$ м. Сила сопротивления движению пули  $F=-kx$ , где  $k$  коэффициент пропорциональности. Определить время прохождения пули через вал.

### Задача 3 (8 баллов).

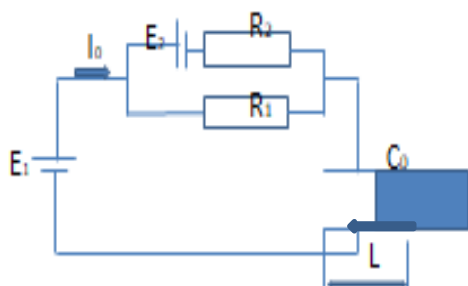
### 3<sup>rd</sup> Problem (8 Points).

A dielectric material with dielectric constant  $\kappa=4$  is pushed into a parallel plate capacitor with a capacitance  $C_0=4$  mF. The capacitor is connected into an electrical circuit. It turned out that the current  $I_0$  flowing through the  $E_1$  is constant and equal to  $5$  A. Both batteries are ideal. How fast is the dielectric plate moving?

When calculating, take  $E_1 = 30$  V,  $E_2= 60$ V,  $R_1=R_2=R=20$   $\Omega$ , the length of the plates  $L= 40$ см

Сыйымдылығы  $C_0=4$ мФ жазық конденсатордың пластиналары арасына диэлектрлік өтімділігі  $\varepsilon=4$  ке тең диэлектрлік пластина кіреді. Конденсатор электр тізбегіне қосылған. Осы кезде  $E_1$  ЭҚК-нен өтетін  $I_0$  ток күші тұрақты және мәні  $5$  А-ге тең. Электр тізбегіндегі екі батарея идеал. Диэлектрлік пластина қандай жылдамдықпен қозғалады?  $E_1 = 30$ В,  $E_2= 60$ В,  $R_1=R_2=R=20$  Ом, пластиналардың ұзындықтары  $L= 40$ см.

В плоский конденсатор емкостью  $C_0=4$ мФ вдвигается диэлектрическая пластина с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon=4$ . Конденсатор включен в электрическую цепь. При этом оказалось, что сила тока  $I_0$  протекающая через ЭДС  $E_1$  постоянна и равна  $5$  А. Обе батареи идеальны. С какой скоростью движется диэлектрическая пластина? При расчетах считать, что  $E_1 = 30$ В  $E_2= 60$ В,  $R_1=R_2=R=20$  Ом, длина  $L$  пластин=  $40$ см.



### 4<sup>th</sup> Problem (9 Points)

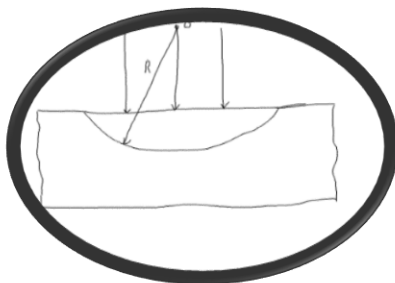
### Задача №4 (9 баллов)

plano-convex lens is completely sunk into the water with its convex side.

The radius of curvature of the lens is 12 cm and the focal length is 16 cm. At what distance from the lens will be seen the image of an object located at infinity on the continuation of the perpendicular to the water surface? Refractive index of water  $n=1.33$

Жазық-дөңес линза дөңес жағымен суға толық батырылады. Линзаның қисықтық радиусы 12 см, ал фокус аралығы 16 см. Алыстағы жарық көзінің су бетіне тұрғызылған перпендикулярмен жалғасатын түзудің бойында жатқан кескіні линза бетінен қандай қашықтықта болады? Судың сыну көрсеткіші  $n=1,33$ .

Плосковыпуклую линзу полностью притопили в воду выпуклой стороной. Радиус кривизны линзы 12 см, фокусное расстояние 16 см. На каком расстоянии от линзы будет находиться изображение удаленного источника, находящегося на продолжении перпендикуляра к поверхности воды. Показатель преломления воды  $n=1,33$ .



### Methodical Part

**Identify the errors in solutions of the problems.**

**Show the correct solutions and answers (15 points).**

**This block consists of three parts that are not related to each other.**

### Әдістемелік блок

**Есептердің шешулеріндегі қателерді анықтаңыздар. Есептердің дұрыс шешімін және дұрыс жауаптарын көрсетіңіздер. (15 балл).**

**Бұл блок бір-бірімен байланысы жоқ үш бөліктен тұрады**

### Методический блок

**Определите ошибки в решениях задач. Покажите правильное решение задач и правильные ответы (15 баллов).**

**Этот блок состоит из трех частей, не связанных друг с другом**

### 1<sup>st</sup> Problem (3 points)

A body with a mass of 1 kg, thrown vertically upwards from the surface of the Earth with an initial speed of 11 m/s, is subjected to a constant resistance force with magnitude of 1 N. Determine the work done by the gravity during the rise of the body to its maximum height.

#### A possible solution for the 1<sup>st</sup> Problem:

Two forces act on a body: gravity and air resistance.

Then the expression for work energy relationship will be:

$$mgh - Fh = mv^2/2 \quad (1)$$

The work done by gravity:  $A = mgh$

From the equation (1)

$$(mg - F)h = mv^2/2$$

$$h = 2mv^2 / (mg - F) \quad (2)$$

$$\text{As a result: } A = 2m^2v^2g / (mg - F) = 2 \cdot 11^2 \cdot 10 / (10 - 1) = 269 \text{ J} \quad (3)$$

### Задача-вопрос №1 (3 балла)

Жер бетінен вертикаль жоғары қарай 11 м/с бастапқы жылдамдықпен массасы 1 кг дене лақтырылады. Денеге модулі 1 Н-ға тең тұрақты кедергі күші әсер етеді. Дененің максимал биіктікке көтерілуіне дейінгі уақыттағы ауырлық күшінің жасаған жұмысының модулін анықтаңыз.

Денеге екі күш әсер етеді: ауырлық күші және ауаның кедергі күші.

$$\text{Сонда оны мына түрде жазсақ болады: } mgh - F \cdot h = mv^2/2 \quad (1)$$

Ауырлық күшінің жұмысының модулі:  $A = mgh$

$$\begin{aligned} (1) \text{ теңдеуден} \quad (mg - F)h &= mv^2/2 \\ h &= 2mv^2 / (mg - F) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{Жауабы: } A = 2m^2v^2g / (mg - F) = 2 \cdot 11^2 \cdot 10 / (10 - 1) = 269 \text{ Дж} \quad (3)$$

На тело массой 1 кг, брошенное с поверхности Земли вертикально вверх с начальной скоростью 11 м/с, действует постоянная сила сопротивления, равная по модулю 1 Н. Определить по модулю работу силы тяжести за время подъема тела до максимальной высоты.

На тело действуют две силы: сила тяжести и сила сопротивления воздуха. Тогда выражение примет вид:

$$mgh - Fh = mv^2/2 \quad (1)$$

Модуль работы силы тяжести:  $A = mgh$

$$\text{Из уравнения (1)} \quad (mg - F)h = mv^2/2$$

$$h=2mv^2/(mg-F) \quad (2)$$

$$В \text{ итоге: } A=2m^2v^2g/(mg-F) =2*11^2*10/(10-1)=269 \text{ Дж} \quad (3)$$

### 2<sup>nd</sup> Problem (5 Points)

A driver travels from point A to point B at a constant speed of 80 km/h. On the way back from point B to A, he initially drives with 30 km/h during a time interval equal to time he traveled from A to B. Then he drives the rest of the section at a speed of 100 km / h. Determine the average speed for the entire journey from A to B and back.

#### A possible solution for the 2<sup>nd</sup> Problem:

Let L be the distance from point A to point B. Then the time spent on the first half of the journey is:

$$t_1=L/2v_1 \quad (1)$$

The distance that the driver travels with speed  $v_3 = 100 \text{ км/ч}$ , is equal to:

$$L_3= (v_2/v_1) L= (3/8)L \quad (2)$$

and it takes time:

$$t_3=L_3/v_3 \quad (3)$$

Average speed for whole journey:

$$V_{av} = L/(2t_1+t_3)=L/(L/v_1+3L/8v_3) \quad (4)$$

$$V_{av} = 1/(1/80 + 1/267) = 60,7 \text{ км/ч} \quad (5)$$

### Задача №2 (5 баллов)

Жүргізуші А бекетінен В бекетіне 80 км/сағ тұрақты жылдамдықпен қозғалды. В бекетінен А бекетіне қайтар жолда 30 км/сағ жылдамдықпен қозғала отырып алғашында А дан В-ға жіберген уақытқа тең уақыт жұмсайды. Содан соң жолдың қалған бөлігін 100 км/сағ жылдамдықпен жүріп өтеді. А дан В -ға және кері қарай барлық жолдағы орташа жылдамдығын анықтаңыз.

#### Шешуі:

L-А мен В бекеттерінің арасындағы қашықтық. Онда жолдың бірінші жартысына жұмсалған уақыт:

$$t_1=L/2v_1 \quad (1)$$

Жүргізушінің  $v_3 = 100 \text{ км/сағ}$  жылдамдықпен жүріп өткен қашықтығы:

$$L_3= (v_2/v_1)L=(3/8)L \quad (2)$$

Оған жұмсалған уақыт:

$$t_3=L_3/v_3 \quad (3)$$

Барлық жолдың орташа жылдамдығы:

$$v_{cp} = L/(2t_1+t_3)=L/(L/v_1+3L/8v_3) \quad (4)$$

$$v_{cp} = 1/(1/80 + 1/267) = 60,7 \text{ км/ч} \quad (5)$$

Из пункта А в пункт В водитель ехал с постоянной скоростью 80 км/ч. На обратном пути из пункта В в А, он вначале затратил столько времени, сколько затратил на путь из А в В, со скоростью 30 км/ч. Затем оставшийся участок он проехал со скоростью 100 км/ч. Определите среднюю скорость на всем пути от А до В и обратно.

**Решение.**

Пусть  $L$ -расстояние от пункта А до пункта В. Тогда время затраченное на первую половину пути равно:

$$t_1 = L/2v_1 \quad (1)$$

Расстояние, которое водитель ехал со скоростью  $v_3 = 100$  км/ч, равно:

$$L_3 = (v_2/v_1) L = (3/8)L \quad (2)$$

На это затрачено время:

$$t_3 = L_3/v_3 \quad (3)$$

Средняя скорость на всем пути:

$$v_{cp} = L/(2t_1+t_3) = L/(L/v_1 + 3L/8v_3) \quad (4)$$

$$v_{cp} = 1/(1/80 + 1/267) = 60,7 \text{ км/ч} \quad (5)$$

### 3<sup>rd</sup> Problem (7 Points).

A cyclic process is carried out with one mole of helium, consisting two isothermal and two isochoric processes. During isochoric heating, the gas receives  $Q_1 = 1000$  J in the form of heat and during the isothermal expansion another  $Q_2 = 500$  J. The minimum temperature of the cyclic process is  $T = 300$  K. Find the maximum temperature of the process and the efficiency of the cycle.

#### A possible solution for the 3<sup>rd</sup> Problem:

The heat given to the gas is used to increase its internal energy.

$$Q_1 + Q_2 = 3/2 \nu R (T_{max} - T) \Rightarrow T_{max} = (2Q_1 + 2Q_2)/3R + T \quad (1)$$

$$T_{max} = 3000/24,9 + 300 = 420 \text{ K} \quad (2)$$

The efficiency of the cycle is:  $\eta = A/(Q_1 + Q_2)$ , where  $A$  is the work done by the gas per cycle, and  $Q_1 + Q_2$  - heat given to the gas per cycle. Let  $A_2$  - the work done by the during isothermal expansion at  $T_{max}$ ,  $A_1$  - work done by the gas during isothermal expansion at  $T$  (the change in volume is the same for both cases), then:

$$A = A_2 + A_1 \quad (3)$$

For the work done by the gas during isothermal process, we can write:

$$A_1 = \nu RT \ln v_2/v_1 \text{ и } A_2 = \nu RT_{max} \ln v_2/v_1 \Rightarrow$$

$$A_1/A_2 = T_{max}/T \quad (4)$$

By the first law of thermodynamics, taking into account that the internal energy of the gas does not change during isothermal expansion, we obtain:

$$A_2 = Q_2 \Rightarrow A = A_2 + A_1 = A_2 + A_2 T/T_{max} = Q_2 (1 + T/T_{max}) \quad (5)$$

$$\eta = \{Q_2 / (Q_1 + Q_2)\} (1 + T/T_{max}) \quad (6)$$

$$\eta = (500/1500) (1+300/380) = 59\% \quad (7)$$

### Задача №3 (7 баллов).

Гелийдің бір молымен екі изотермадан және екі изохорадан тұратын циклдік процесс жасалынады. Изохоралық қыздыру кезінде газ  $Q_1=1000$  Дж жылу мөлшерін және изотермиялық ұлғаю кезінде тағы  $Q_2=500$  Дж жылу мөлшерін алады. Егер процесс кезіндегі минимал температура  $T=300$  К -тең болса, онда газдың максимал температурасын және циклдің ПӘК-ін анықтаңыз.

#### Шешуі:

Газға берілген жылу оның ішкі энергиясын өзгертуге жұмсалады.

$$Q_1 + Q_2 = 3/2 \nu R (T_{\max} - T) \Rightarrow T_{\max} = (2Q_1 + 2Q_2) / 3R + T \quad (1)$$

$$T_{\max} = 3000 / 24,9 + 300 = 420 \text{ К} \quad (2)$$

Циклдің ПӘК-і:  $\eta = A / (Q_1 + Q_2)$ , мұндағы  $A$  – газдың бір циклдағы жасаған жұмысы,  $Q_1 + Q_2$  – бір циклда газға берілген жылу.  $A_2$  – газдың  $T_{\max}$  температурасында изотермиялық ұлғаюы кезінде атқарған жұмысы,  $A_1$  – газдың  $T$  температурада изотермиялық ұлғаюы кезінде атқарған жұмысы (көлемнің өзгерісі екі жағдайда да бірдей), онда:

$$A = A_2 + A_1 \quad (3)$$

Изотермиялық процесс кезіндегі газдың жұмысы:

$$A_1 = \nu RT \ln v_2 / v_1 \quad \text{және} \quad A_2 = \nu RT_{\max} \ln v_2 / v_1 \Rightarrow$$

$$A_1 / A_2 = T_{\max} / T \quad (4)$$

Термодинамиканың бірінші заңы бойынша, изотермиялық ұлғаю кезінде газдың ішкі энергиясы өзгермейтінін ескере отырып, мынадай теңдеулерді жазамыз:

$$A_2 = Q_2 \Rightarrow A = A_2 + A_1 = A_2 + A_2 T / T_{\max} = Q_2 (1 + T / T_{\max}) \quad (5)$$

$$\eta = \{ Q_2 / (Q_1 + Q_2) \} (1 + T / T_{\max}) \quad (6)$$

$$\eta = (500/1500)(1+300/380) = 59\% \quad (7)$$

С одним молем гелия проводят циклический процесс, состоящий из двух изотерм и двух изохор. При изохорическом нагревании газ получает  $Q_1=1000$  Дж в виде тепла, при изотермическом расширении еще  $Q_2=500$  Дж. Минимальная температура в процессе составляет  $T=300$  К. Найти максимальную температуру газа и КПД цикла.

#### Решение:

Тепло, переданное газу, идет на изменение его внутренней энергии.

$$Q_1 + Q_2 = 3/2 \nu R (T_{\max} - T) \Rightarrow T_{\max} = (2Q_1 + 2Q_2) / 3R + T \quad (1)$$

$$T_{\max} = 3000 / 24,9 + 300 = 420 \text{ К} \quad (2)$$

КПД цикла равен:  $\eta = A / (Q_1 + Q_2)$ , где  $A$  – работа газа за цикл,  $Q_1 + Q_2$  – тепло, переданное газу за цикл. Пусть  $A_2$  – работа газа при изотермическом расширении при  $T_{\max}$ ,  $A_1$  – работа газа при изотермическом расширении при  $T$  (изменение объема в обоих случаях одинаково), тогда:

$$A = A_2 + A_1 \quad (3)$$

Для работы газа при изотермическом процессе имеем:

$$A_1 = \nu RT \ln v_2/v_1 \text{ и } A_2 = \nu RT_{\max} \ln v_2/v_1 \Rightarrow$$

$$A_1 / A_2 = T_{\max} / T \quad (4)$$

По первому закону термодинамики, учитывая, что при изотермическом расширении внутренняя энергия газа не изменяется, получим:

$$A_2 = Q_2 \Rightarrow A = A_2 + A_1 = A_2 + A_2 T / T_{\max} = Q_2 (1 + T / T_{\max}) \quad (5)$$

$$\eta = \{Q_2 / (Q_1 + Q_2)\} (1 + T / T_{\max}) \quad (6)$$

$$\eta = (500/1500) (1 + 300/380) = 59\% \quad (7)$$