

Физика.10 класс

Решения и критерии оценивания

Вариант 1

Задача 1. Тело бросили под углом к горизонту. Спустя время $t=1$ с модуль радиус вектора равен $r=5\sqrt{13}$ м. Под каким углом к горизонту бросили тело, если его начальная скорость $v_0 = 20$ м/с.

Решение:

Первый способ. Векторный

На рис. 1 представлен радиус вектор равный сумме двух векторов:

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (1)$$

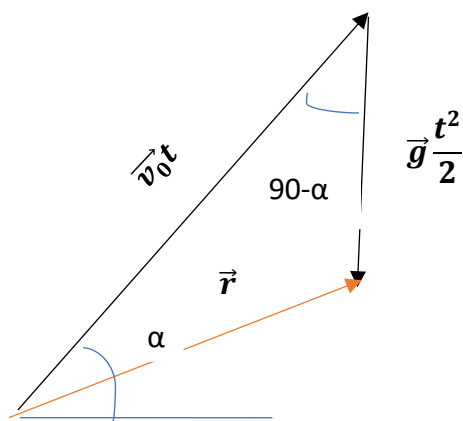


Рис. 1

По теореме косинусов значение модуля вектора перемещения:

$$r^2 = (v_0 t)^2 + \left(\frac{g t^2}{2}\right)^2 - 2 v_0 t \frac{g t^2}{2} \cos(90 - \alpha) \quad (2)$$

$$\sin \alpha = \cos(90 - \alpha) = \frac{r^2 - (v_0 t)^2 - \left(\frac{g t^2}{2}\right)^2}{-2 v_0 t \frac{g t^2}{2}} = 0,5 \quad (3)$$

$$\alpha = 30^\circ \quad (4)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Сделан рисунок сложения векторов	7
2	Записана теорема косинусов	5
3	Получен результат	3
	Итого:	15

Второй метод Координатный

$$x = v_0 \cos \alpha t \quad (4)$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad (5)$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (6)$$

$$r^2 = (v_0 \cos \alpha t)^2 + (v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2})^2 \quad (7)$$

$$\sin \alpha = \frac{v_0^2 t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - r^2}{v_0 g t^3} = 0,5 \quad (8)$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 4	2
2	Записано уравнение 5	2
3	Записана формула для радиуса вектора	4
4	Получена формула 8 Если считали не в общем виде, то 2 из 4	4
5	Получен результат	3
	Итого	15

Задача 2. Определите расстояние ℓ между Луной и Землей считая, что они вращаются вокруг общего центра с периодом обращения $T=27,2$ суток.

Считать: систему Луна-Земля изолированной, расстояние между ними остается величиной постоянной, космические объекты считать материальными точками.

Гравитационная постоянная $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$. Масса Земли $M=5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, масса Луны $m=7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$.

Решение:

Поместим начало координат в центре масс Земли, тогда координата центра масс, вокруг которого вращаются два тела

$$r_c = \frac{m}{m+M} \ell \quad (9)$$

Гравитационная сила между двумя телами, образовавших двойную систему, уравновешивается центробежной силой:

$$\text{для Земли: } M\omega^2 r_c = G \frac{mM}{\ell^2} \quad (10)$$

$$\text{для Луны } m\omega^2 (\ell - r_c) = G \frac{mM}{\ell^2} \quad (11)$$

Подставив (9) в (10) получаем:

$$\ell = \left(G \frac{(m+M)}{\omega^2} \right)^{1/3} = \left(G \frac{(m+M)T^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} \quad (12)$$

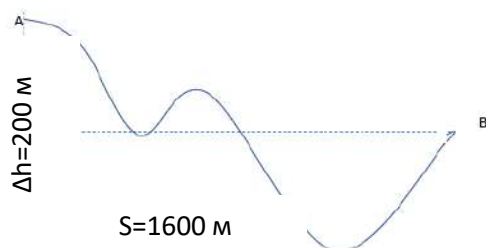
$$\ell = 3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 9	3
2	Записано уравнение 10 или 11	5
3	Выведена формула 12 для расчета расстояния	5
4	Получен результат	2
Итого		15

Задача 3. На рисунке 1 представлен профиль горного склона. С вершины (точка А) без усилий начинает скатываться лыжник. В точке В он останавливается. Определите коэффициент трения лыж о поверхность склона. Коэффициент трения считать постоянным, сопротивлением воздуха пренебречь.

Разность высот между точкой А и В составляет 200 м, перемещение вдоль оси х равно $S = 1600$ м.



Решение:

Если система не замкнута, то происходит изменение энергии системы за счет диссипативных сил (в нашем случае за счет работы силы трения).

$$E_{p2} - E_{p1} = A_{\text{тр}} \quad (13)$$

При движении по наклонной плоскости сила трения равна

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \quad (14)$$

Элементарная работа силы трения на бесконечно малом участке равна

$$\Delta A_i = -\mu mg \cos \alpha \Delta \ell_i = -\mu mg \Delta x_i \quad (15)$$

Полная работа на всем участке движения равна сумме элементарных работ:

$$A = \sum \Delta A_i = -\sum \mu mg \Delta x_i = -\mu mg S \quad (16)$$

Используя уравнение 13 и 16, а также что $E_p = mgh$ получаем

$$mg \Delta h = \mu mg S \quad (17)$$

Коэффициент трения скольжения лыж о поверхность склона

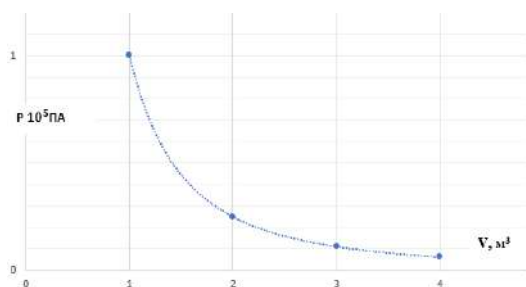
$$\mu = \frac{\Delta h}{s} = 0,125 \quad (18)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 13 Если указана причина остановки лыжника, но нет в явной форме уравнения 13, то 1 балл	3
2	Записано уравнение 14 Если сделан рисунок с силами, записан закон Ньютона то 5 баллов Если просто записана формула, то 2 балла	5
3	Выведена формула 16 для работы сил трения, связанная с перемещением вдоль оси x	7
	Выведена формула 18	3
4	Получен результат	2
Итого		20

Задача 4 Одноатомный газ в количестве $\nu = 20$ молей совершает политропический процесс с показателем политропы n . Определите:

1. показатель политропы n ;
2. теплоёмкость газа;
3. изменение температуры;
4. количество теплоты;
5. изменение внутренней энергии;
6. работу, совершённую газом.



Указание: политропическим процессом называется процесс с постоянной теплоёмкостью. Давление и объём в нем связаны следующим соотношением:

$$PV^n = \text{const}$$

где $n = \frac{C - C_P}{C - C_V}$ – постоянная политропы.

Решение:

Запишем значение давление в каждой точке

	1	2	3
$V, \text{ л}$	1	2	4
$P \cdot 10^5 \text{ Па}$	1	0,25	0,06

1. Определим показатель политропы из данных в таблице.

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \quad (19)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^n = 2^n = 4 \quad (20)$$

При увеличении объёма в 2 раза давление уменьшилось в 4 раза, значит $n=2$.

2. Найдём теплоёмкость газа для одного моля вещества по показателю политропы n :

$$C = \frac{nC_v - C_p}{n-1}, \quad (21)$$

$$\text{т.к. } C_p = C_v + R, \quad C_v = \frac{3}{2}R \quad (22)$$

$$C = C_v - \frac{R}{n-1} = \frac{R}{2} \quad (23)$$

3. Изменение температуры

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$T = \frac{PV}{\nu R} \quad (24)$$

$$\text{Температура в первой точке: } T_1 = 1203 \text{ K} \quad (25)$$

$$\text{Температура в конечной точке: } T_2 = 300,8 \text{ K} \quad (26)$$

$$\text{Изменение температуры: } \Delta T = T_2 - T_1 = -902,5 \text{ K} \quad (27)$$

4. количество теплоты;

$$Q = \nu C \Delta T = -37500 \text{ Дж} \quad (28)$$

5. изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 112500 \text{ Дж} \quad (29)$$

6. работу, совершённую газом, найдём из первого начала термодинамики

$$A = Q - \Delta U = 75000 \text{ Дж} \quad (30)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	показатель политропы n : записано уравнение для определения показателя политропы 19 или/и 20-1 балл по графику выбраны оптимальные точки (1 и 2 в таблице) -2 получено значение - 1 балл	4
2	выведено уравнение для определения теплоёмкость газа 23 – 2 балла записано чему равно C_p – 1 балл C_v – 1 балл Получено значение C – 1 балл	5
3	Записано уравнение для определения температуры 24 - 1балла Записано значение T_1 – 1 балла T_2 - 1 балл Найдено изменение температуры – 1 балл	4
5	Записано уравнение для определения количества теплоты 28 -2 балла Получено значение – 1 балл	3

5	Записано уравнение для определения изменения внутренней энергии 29 2 балла Найдено значение 1 балл	3
7	Записана формула для определения работы 30 2 балла, совершённую газом - 1 балл	3
8	Итого	25

Задача 5. Электродвигатель поднимает груз со скоростью $v_1=1\text{ м/с}$, при этом в обмотке якоря возникает ток $I_1= 2\text{ А}$. Этот же груз он опускает груз со скоростью $v_2=1,5\text{ м/с}$, при этом в обмотке якоря возникает ток $I_2= 1\text{ А}$. Определите скорость холостого хода, т.е скорость подъёма нити без груза. Нить считать невесомой.

Указание: при вращении якоря возникает паразитное напряжение (ЭДС индукции) пропорциональное скорости движения нити.

Решение:

1. Падение напряжения на якоре при подъёме груза равно

$$U - \alpha v_1 = I_1 R, \quad (31)$$

где U - напряжение цепи, R - сопротивление обмотки якоря.

2. Падение напряжения на якоре при спуске груза равно

$$U - \alpha v_2 = I_2 R, \quad (32)$$

3. Падение напряжения на якоре в режиме холостого хода равно

$$U - \alpha v_0 = I_0 R, \quad (33)$$

4. Мощность при подъёме или спуске груза равна мощности, выделяемой обмоткой якоря электродвигателя:

$$mgv = I^2 R. \quad (34)$$

В режиме холостого хода масса груза равна 0, а значит $I_0 = 0\text{ А}$.

5. Решая совместно уравнения 31 и 32 определим коэффициент α :

$$\alpha = \frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R \quad (35)$$

6. Найдём падение напряжения, подставив 35 либо в 31, либо в 32

$$U = I_1 R + \frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R v_1 = R \left(\frac{I_1 v_2 - I_2 v_1}{v_2 - v_1} \right) \quad (36)$$

7. Найдём скорость холостого хода:

$$v_0 = \frac{U}{\alpha} = \frac{R \left(\frac{I_1 v_2 - I_2 v_1}{v_2 - v_1} \right)}{\frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R} = \frac{I_1 v_2 - I_2 v_1}{I_1 - I_2} \quad (37)$$

8. Получен результат

$$v_0 = 2\text{ м/с} \quad (39)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Падение напряжения на якоре при подъёме 31 -	4
2	Падение напряжения на якоре при спуске 32	4
3	Падение напряжения на якоре в режиме холостого хода	4
4	Обоснованно, что в режиме холостого хода ток через обмотку равен нулю -	4
5	Получено выражение для коэффициента α - уравнение 35	2
6	Получено выражение для падения напряжения, уравнение 36	2
7	Получено выражение для скорости холостого – выражение 37	4
8	Получено значение скорости -	1

Физика.10 класс

Решения и критерии оценивания Вариант 2

Задача 1. С балкона тело бросили под углом к горизонту. Спустя время $t=2$ с модуль радиус вектора равен $r=20\sqrt{3}$ м. Под каким углом к горизонту бросили тело, если его начальная скорость $v_0 = 20$ м/с.

Решение:

Первый способ. Векторный

Начало координат поместим на балконе. На рис. 1 представлен радиус вектор равный сумме двух векторов:

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (1)$$

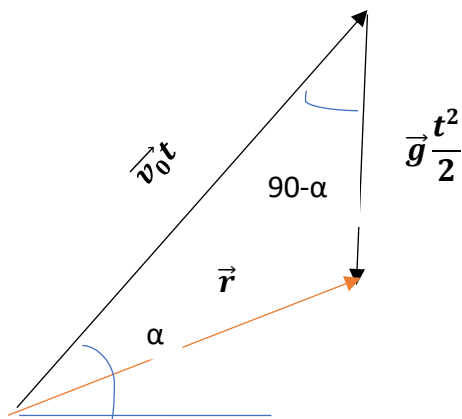


Рис. 1

По теореме косинусов значение модуля вектора перемещения:

$$r^2 = (v_0 t)^2 + \left(\frac{g t^2}{2}\right)^2 - 2 v_0 t \frac{g t^2}{2} \cos(90 - \alpha) \quad (2)$$

$$\sin \alpha = \cos(90 - \alpha) = \frac{r^2 - (v_0 t)^2 - \left(\frac{g t^2}{2}\right)^2}{-2 v_0 t \frac{g t^2}{2}} = 0,5 \quad (3)$$

$$\alpha = 30^\circ \quad (4)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Сделан рисунок сложения векторов	7
2	Записана теорема косинусов	5
3	Получен результат	3
	Итого:	15

Второй метод Координатный

$$x = v_0 \cos \alpha t \quad (4)$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad (5)$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (6)$$

$$r^2 = (v_0 \cos \alpha t)^2 + (v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2})^2 \quad (7)$$

$$\sin \alpha = \frac{v_0^2 t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - r^2}{v_0 g t^3} = 0,5 \quad (8)$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 4	2
2	Записано уравнение 5	2
3	Записана формула для радиуса вектора	4
4	Получена формула 8 Если считали не в общем виде, то 2 из 4	4
5	Получен результат	3
	Итого	15

Задача 2. Определите расстояние ℓ между двумя звездами в созвездии альфа Центавра, образующих единую систему, считая, что они вращаются вокруг общего центра с периодом обращения $T=79$ лет.

Считать: систему двойной звезды изолированной, расстояние между звездами остается величиной постоянной, космические объекты считать материальными точками.

Гравитационная постоянная $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$. Масса первой звезды $M=2,39 \cdot 10^{30} \text{ кг}$, масса второй звезды $m=1,79 \cdot 10^{30} \text{ кг}$.

Решение:

Поместим начало координат в центре более тяжелой звезды масс M , тогда координата центра масс, вокруг которого вращаются две звезды:

$$r_c = \frac{m}{m+M} \ell \quad (9)$$

Гравитационная сила между двумя телами, образовавших двойную систему, уравновешивается центростремительной силой:

$$\text{для первой звезды: } M \omega^2 r_c = G \frac{mM}{\ell^2} \quad (10)$$

$$\text{для второй звезды } m\omega^2(\ell - r_c) = G \frac{mM}{\ell^2} \quad (11)$$

Подставив (9) в (10) получаем:

$$\ell^3 = G \frac{(m + M)}{\omega^2} = G \frac{(m + M)T^2}{4\pi^2}$$

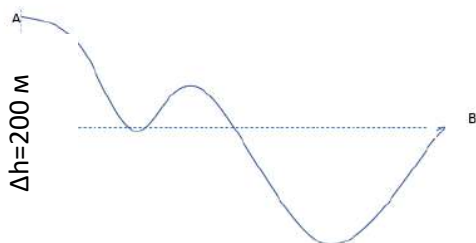
$$\ell = 6,9 \cdot 10^{10} \text{ м}$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 9	3
2	Записано уравнение 10 или 11	5
3	Выведена формула для расчета расстояния на основании 9 и 10 или формул или на основании 9 или 11	5
4	Получен результат	2
Итого		15

Задача 3. На рисунке 1 представлен профиль горного склона. С вершины (точка А) без усилий начинает скатываться лыжник. В точке В он останавливается. Коэффициент трения лыж о поверхность склона $\mu = 0,04$. Коэффициент трения считать постоянным, сопротивлением воздуха пренебречь. Разность высот между точкой А и В составляет 200 м

Определите перемещение вдоль оси х равно S



Решение:

Если система не замкнута, то происходит изменение энергии системы за счет диссипативных сил (в нашем случае за счет работы силы трения).

$$E_{p2} - E_{p1} = A_{\text{тр}} \quad (13)$$

При движении по наклонной плоскости сила трения равна

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \quad (14)$$

Элементарная работа силы трения на бесконечно малом участке равна

$$\Delta A_i = -\mu mg \cos \alpha \Delta \ell_i = -\mu mg \Delta x_i \quad (15)$$

Полная работа на всем участке движения равна сумме элементарных работ:

$$A = \sum \Delta A_i = -\sum \mu mg \Delta x_i = -\mu mg S \quad (16)$$

Используя уравнение 13 и 16, а также что $E_p = mgh$ получаем

$$mg\Delta h = \mu mgS \quad (17)$$

Коэффициент трения скольжения лыж о поверхность склона

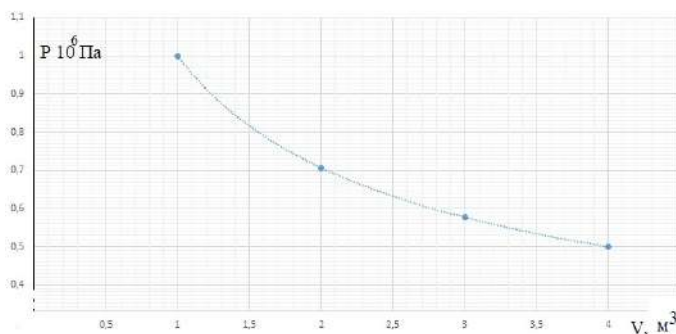
$$S = \frac{\Delta h}{\mu} = 5000 \text{ м} \quad (18)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 13 Если указана причина остановки лыжника, но нет в явной форме уравнения 13, то 1 балл	3
2	Записано уравнение 14 Если сделан рисунок с силами, записан закон Ньютона то 5 баллов Если просто записана формула, то 2 балла	5
3	Выведена формула 16 для работы сил трения, связанная с перемещением вдоль оси x	7
	Выведена формула 18	3
4	Получен результат	2
Итого		20

Задача 4 Одноатомный газ в количестве $\nu = 100$ моль совершает политропический процесс с постоянной политропы n . Определите:

1. показатель политропы n ;
2. теплоёмкость газа;
3. изменение температуры;
4. количество теплоты;
5. изменение внутренней энергии;
6. работу, совершённую газом.



Указание: политропическим процессом называется процесс с постоянной теплоёмкостью. Давление и объём в нем связаны следующим соотношением:

$$PV^n = \text{const}$$

где $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ – постоянная политропы.

Решение:

Запишем значение давление и объёма в трех точках

	1	2	3
V, м ³	1	2	4
P 10 ⁶ Па	1	0,7	0,5

1. Определим показатель политропы из данных в таблице.

$$P_1 V_1^n = P_3 V_3^n \quad (19)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^n = 4^n = 2 \quad (20)$$

При увеличении объёма в 4 раза давление уменьшилось в 2 раза, значит n=0,5

2. Найдём теплоёмкость газа для одного моля вещества по показателю политропы n:

$$C = \frac{nC_v - C_p}{n-1}, \quad (21)$$

$$\text{т.к. } C_p = C_v + R, \quad C_v = \frac{3}{2}R \quad (22)$$

$$C = C_v - \frac{R}{n-1} = \frac{7R}{2} \quad (23)$$

3. Изменение температуры

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$T = \frac{PV}{\nu R} \quad (24)$$

$$\text{Температура в первой точке: } T_1 = 1203,4 \text{ K} \quad (25)$$

$$\text{Температура в конечной точке: } T_3 = 2406,7 \text{ K} \quad (26)$$

$$\text{Изменение температуры: } \Delta T = T_2 - T_1 = 1203,3 \text{ K} \quad (27)$$

4. количество теплоты;

$$Q = \nu C \Delta T = 3500, \text{ кДж} \quad (28)$$

5. изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 1500 \text{ кДж} \quad (29)$$

6. работу, совершённую газом, найдём из первого начала термодинамики

$$A = Q - \Delta U = 2000 \text{ кДж} \quad (30)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	показатель политропы n: записано уравнение для определения показателя политропы 19 или/и 20- 1 балл по графику выбраны оптимальные точки (1 и 2 в таблице) -2 получено значение - 1 балл	4
2	выведено уравнение для определения теплоёмкость газа 23 – 2 балла записано чему равно C_p – 1 балл C_v – 1 балл Получено значение C – 1 балл	5
3	Записано уравнение для определения температуры 24 - 1балла	4

	Записано значение T_1 – 1 балла T_2 - 1 балл Найдено изменение температуры – 1 балл	
5	Записано уравнение для определения количества теплоты 28 -2 балла Получено значение – 1 балл	3
5	Записано уравнение для определения изменения внутренней энергии 29 2 балла Найдено значение 1 балл	3
7	Записана формула для определения работы 30 2 балла, совершённую газом - 1 балл	3
8	Итого	25

Задача 5. Электродвигатель поднимает груз со скоростью $v_1=0,5\text{ м/с}$, при этом в обмотке якоря возникает ток $I_1=3,2\text{ А}$. Этот же груз он опускает груз со скоростью $v_2=1,0\text{ м/с}$, при этом в обмотке якоря возникает ток $I_2=1,6\text{ А}$. Определите скорость холостого хода, т.е скорость подъёма нити без груза. Нить считать невесомой.

Указание: при вращении якоря возникает паразитное напряжение (ЭДС индукции) пропорциональное скорости движения нити.

Решение:

1. Падение напряжения на якоре при подъёме груза равно

$$U - \alpha v_1 = I_1 R, \quad (31)$$

где U - напряжение цепи, R - сопротивление обмотки якоря.

2. Падение напряжения на якоре при спуске груза равно

$$U - \alpha v_2 = I_2 R, \quad (32)$$

3. Падение напряжения на якоре в режиме холостого хода равно

$$U - \alpha v_0 = I_0 R, \quad (33)$$

- 4 Мощность при подъёме или спуске груза равна мощности, выделяемой обмоткой якоря электродвигателя:

$$mgv = I^2 R. \quad (34)$$

В режиме холостого хода масса груза равна 0, а значит $I_0 = 0\text{ А}$.

- 5 Решая совместно уравнения 31 и 32 определим коэффициент α :

$$\alpha = \frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R \quad (35)$$

6. Найдём падение напряжения, подставив 35 либо в 31, либо в 32

$$U = I_1 R + \frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R v_1 = R \left(\frac{I_1 v_2 - I_2 v_1}{v_2 - v_1} \right) \quad (36)$$

7. Найдём скорость холостого хода:

$$v_0 = \frac{U}{\alpha} = \frac{R \left(\frac{I_1 v_2 - I_2 v_1}{v_2 - v_1} \right)}{\frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R} = \frac{I_1 v_2 - I_2 v_1}{I_1 - I_2} \quad (37)$$

8. Получен результат

$$v_0 = 3/2 \text{ м/с} \quad (39)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Падение напряжения на якоре при подъёме 31 -	4
2	Падение напряжения на якоре при спуске 32	4
3	.Падение напряжения на якоре в режиме холостого хода	4
4	Показано, что в режиме холостого хода ток через обмотку равен нулю -	4
5	Получено выражение для коэффициента α - уравнение 35	2
6	Получено выражение для падения напряжения, уравнение 36	2
7	Получено выражение для скорости холостого – выражение 37	4
8	Получено значение скорости -	1
	Итого	25

Физика.10 класс

Решения и критерии оценивания Вариант 3

Задача 1. Тело бросили под углом к горизонту. Спустя время $t=1$ с модуль радиус вектора равен $r=5\sqrt{57}$ м. Под каким углом к горизонту бросили тело, если его начальная скорость $v_0 = 40$ м/с.

Решение:

Первый способ. Векторный

На рис. 1 представлен радиус вектор равный сумме двух векторов:

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (1)$$

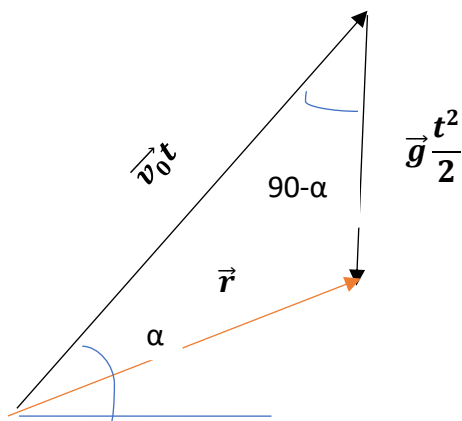


Рис. 1

По теореме косинусов значение модуля вектора перемещения:

$$r^2 = (v_0 t)^2 + \left(\frac{g t^2}{2}\right)^2 - 2 v_0 t \frac{g t^2}{2} \cos(90 - \alpha) \quad (2)$$

$$\sin \alpha = \cos(90 - \alpha) = \frac{r^2 - (v_0 t)^2 - \left(\frac{g t^2}{2}\right)^2}{-2 v_0 t \frac{g t^2}{2}} = 0,5 \quad (3)$$

$$\alpha = 30^\circ \quad (4)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Сделан рисунок сложения векторов	7
2	Записана теорема косинусов	5
3	Получен результат	3
	Итого:	15

Второй метод. Координатный

$$x = v_0 \cos \alpha t \quad (4)$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad (5)$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (6)$$

$$r^2 = (v_0 \cos \alpha t)^2 + (v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2})^2 \quad (7)$$

$$\sin \alpha = \frac{v_0^2 t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - r^2}{v_0 g t^3} = 0,5 \quad (8)$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 4	2
2	Записано уравнение 5	2
3	Записана формула для радиуса вектора	4
4	Получена формула 8 Если считали не в общем виде, то 2 из 4	4
5	Получен результат	3
	Итого	15

Задача 2. Определите расстояние ℓ между двумя звездами в двойной системе Капелла, считая, что они вращаются вокруг общего центра с периодом обращения $T=104$ года.

Считать: систему двойной звезды изолированной, расстояние между ними остается величиной постоянной, космические объекты считать материальными точками.

Гравитационная постоянная $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг². Масса первой звезды $M=5,35 \cdot 10^{30}$ кг, масса второй звезды $m=5,09 \cdot 10^{30}$ кг.

Решение:

Поместим начало координат в центре более тяжелой звезды масс M , тогда координата центра масс, вокруг которого вращаются две звезды:

$$r_c = \frac{m}{m+M} \ell \quad (9)$$

Гравитационная сила между двумя телами, образовавших двойную систему, уравновешивается центробежной силой:

$$\text{для первой звезды: } M\omega^2 r_c = G \frac{mM}{\ell^2} \quad (10)$$

$$\text{для второй звезды } m\omega^2 (\ell - r_c) = G \frac{mM}{\ell^2} \quad (11)$$

Подставив (9) в(10) получаем:

$$\ell^3 = G \frac{(m + M)}{\omega^2} = G \frac{(m + M)T^2}{4\pi^2}$$

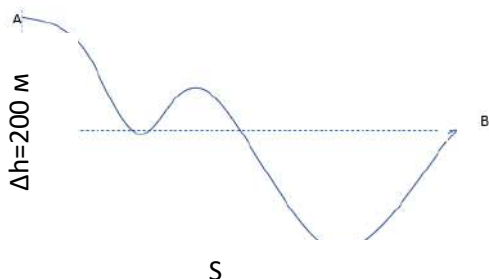
$$\ell = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ м}$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 9	3
2	Записано уравнение 10 или 11	5
3	Выведена формула для расчета расстояния на основании 9 и 10 или формул или на основании 9 или 11	5
4	Получен результат	2
Итого		15

Задача 3. На рисунке 1 представлен профиль горного склона. С вершины (точка А) без усилий начинает скатываться лыжник. В точке В он останавливается. Коэффициент трения лыж о поверхность склона $\mu = 0,5$. Коэффициент трения считать постоянным, сопротивлением воздуха пренебречь. Перемещение вдоль оси х равно $S=2000$ м.

Определите разность высот между точкой А и В



Решение:

Если система не замкнута, то происходит изменеи энергии системы за счет диссипативных сил (в нашем случае за счет работы силы трения).

$$E_{p_2} - E_{p_1} = A_{\text{тр}} \quad (13)$$

При движении по наклонной плоскости сила трения равна

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \quad (14)$$

Элементарная работа силы трения на бесконечно малом участке равна

$$\Delta A_i = -\mu mg \cos \alpha \Delta \ell_i = -\mu mg \Delta x_i \quad (15)$$

Полная работа на всем участке движения равна сумме элементарных работ:

$$A = \sum \Delta A_i = -\sum \mu mg \Delta x_i = -\mu mg S \quad (16)$$

Используя уравнение 13 и 16, а также что $E_p = mgh$ получаем

$$mg \Delta h = \mu mg S \quad (17)$$

Коэффициент трения скольжения лыж о поверхность склона

$$\Delta h = \mu S = 1000 \text{ м} \quad (18)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано уравнение 13 Если указана причина остановки лыжника, но нет в явной форме уравнения 13, то 1 балл	3
2	Записано уравнение 14 Если сделан рисунок с силами, записан закон Ньютона то 5 баллов Если просто записана формула, то 2 балла	5
3	Выведена формула 16 для работы сил трения, связанная с перемещением вдоль оси x	7
	Выведена формула 18	3
4	Получен результат	2
Итого		20

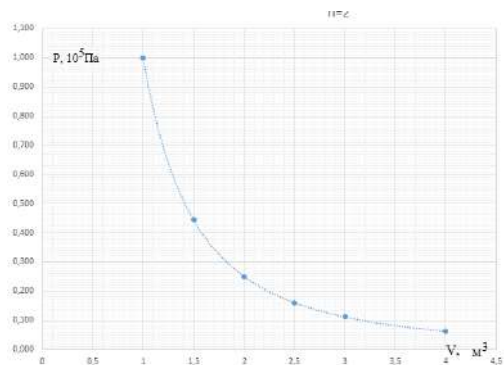
Задача 4 Одноатомный газ в количестве $\nu = 10$ моль совершает политропический процесс с постоянной политропы n . Определите:

1. показатель политропы n ;
2. теплоёмкость газа;
3. изменение температуры;
4. количество теплоты;
5. изменение внутренней энергии;
6. работу, совершённую газом.

Указание: политропическим процессом называется процесс с постоянной теплоёмкостью. Давление и объём в нем связаны следующим соотношением:

$$PV^n = \text{const}$$

где $n = \frac{C - C_P}{C - C_V}$ – постоянная политропы.



Решение:

Запишем значение давление в трех точках

	1	2	3	4
V , л	1	2	3	4

$P \cdot 10^5 \text{ Па}$	1	0,25	1,1	0,06

1. Определим показатель политропы из данных для точек 1 и 2 в таблице.

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \quad (19)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^n = (2)^n = 4 \quad (20)$$

При увеличении объёма в 4 раза давление уменьшилось в 4 раза, значит $n=2$

2. Найдём теплоёмкость газа для одного моля вещества по показателю политропы n :

$$C = \frac{nC_v - C_p}{n-1}, \quad (21)$$

$$\text{т.к. } C_p = C_v + R, \quad C_v = \frac{3}{2}R \quad (22)$$

$$C = C_v - \frac{R}{n-1} = \frac{R}{2} \quad (23)$$

3. Изменение температуры

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$T = \frac{PV}{\nu R} \quad (24)$$

$$\text{Температура в первой точке: } T_1 = 1203,4 \text{ К} \quad (25)$$

$$\text{Температура в конечной точке: } T_2 = 300,8 \text{ К} \quad (26)$$

$$\text{Изменение температуры: } \Delta T = T_2 - T_1 = 902,6 \text{ К} \quad (27)$$

4. количество теплоты;

$$Q = \nu C \Delta T = 37503,0 \text{ Дж} \quad (28)$$

5. изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 11509,1 \text{ Дж} \quad (29)$$

6. работу, совершённую газом, найдём из первого начала термодинамики

$$A = Q - \Delta U = -75006,1 \text{ Дж} \quad (30)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	показатель политропы n : записано уравнение для определения показателя политропы 19 или/и 20- 1 балл по графику выбраны оптимальные точки (1 и 2 в таблице) -2 получено значение - 1 балл	4
2	выведено уравнение для определения теплоёмкость газа 23 – 2 балла записано чему равно C_p – 1 балл C_v – 1 балл Получено значение C – 1 балл	5
3	Записано уравнение для определения температуры 24 - 1 балла Записано значение T_1 – 1 балла T_2 - 1 балл Найдено изменение температуры – 1 балл	4
5	Записано уравнение для определения количества теплоты 28 -2 балла Получено значение – 1 балл	3

5	Записано уравнение для определения изменения внутренней энергии 29 2 балла Найдено значение 1 балл	3
7	Записана формула для определения работы 30 2 балла, совершённую газом - 1 балл	3
8	Итого	25

Задача 5. Электродвигатель поднимает груз со скоростью $v_1=0,5\text{ м/с}$, при этом в обмотке якоря возникает ток $I_1=3,2\text{ А}$. Этот же груз он опускает груз со скоростью v_2 , при этом в обмотке якоря возникает ток $I_2=1,6\text{ А}$. Определите скорость v_2 , если скорость холостого хода $v_0 = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Скорость холостого хода – скорость подъёма нити без груза. Нить считать невесомой.

Указание: при вращении якоря возникает паразитное напряжение (ЭДС индукции) пропорциональное скорости движения нити.

Решение:

1. Падение напряжения на якоре при подъёме груза равно

$$U - \alpha v_1 = I_1 R, \quad (31)$$

где U - напряжение цепи, R - сопротивление обмотки якоря.

2. Падение напряжения на якоре при спуске груза равно

$$U - \alpha v_2 = I_2 R, \quad (32)$$

3. Падение напряжения на якоре в режиме холостого хода равно

$$U - \alpha v_0 = I_0 R, \quad (33)$$

4. Мощность при подъёме или спуске груза равна мощности, выделяемой обмоткой якоря электродвигателя:

$$mgv = I^2 R. \quad (34)$$

В режиме холостого хода масса груза равна 0, а значит $I_0 = 0\text{ А}$.

5. Решая совместно уравнения 31 и 32 определим коэффициент α :

$$\alpha = \frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R \quad (35)$$

6. Найдём падение напряжения, подставив 35 либо в 31, либо в 32

$$U = I_1 R + \frac{I_1 - I_2}{v_2 - v_1} R v_1 = R \left(\frac{I_1 v_2 - I_2 v_1}{v_2 - v_1} \right) \quad (36)$$

7. Найдём скорость v_2 : при спуске:

$$v_2 = \frac{(I_1 - I_2) v_0 + I_2 v_1}{I_1} \quad (37)$$

8. Получен результат

$$v_2 = 1\text{ м/с} \quad (39)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Падение напряжения на якоре при подъёме 31 -	4
2	Падение напряжения на якоре при спуске 32	4
3	.Падение напряжения на якоре в режиме холостого хода	4
4	Показано, что в режиме холостого хода ток через обмотку равен нулю -	4
5	Получено выражение для коэффициента α - уравнение 35	2
6	Получено выражение для падения напряжения, уравнение 36	2
7	Получено выражение для скорости v_2 37	4
8	Получено значение скорости -	1
	Итого	25