

Московская предпрофессиональная олимпиада

Отборочный тур по физике

11 класс

Вариант 1

Задача 1.

В некоторой исследовательской установке электроны разгоняются прохождением через разность потенциалов 1000 В, а затем отклоняются магнитным полем. При этом входя в поле, электрон описывает в нем окружность радиусом 20 см. Определите величину напряженности магнитного поля. Масса электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

1. $5,45 \cdot 10^{-4}$ Тл
2. $3,77 \cdot 10^{-4}$ Тл
3. $6,33 \cdot 10^{-4}$ Тл
4. $5,33 \cdot 10^{-4}$ Тл
5. $4,28 \cdot 10^{-4}$ Тл

Решение

Наличие разности потенциалов в некоторой точке пространства создает электрическое поле, вся работа которого пойдет на увеличение кинетической энергии электрона. Таким образом, можно записать:

$$qU = \frac{m\Delta v^2}{2}$$

Радиус окружности, по которому в магнитном поле будет двигаться электрон

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Скорость выразим через первое уравнение, а из выражения для радиуса найдем величину В:

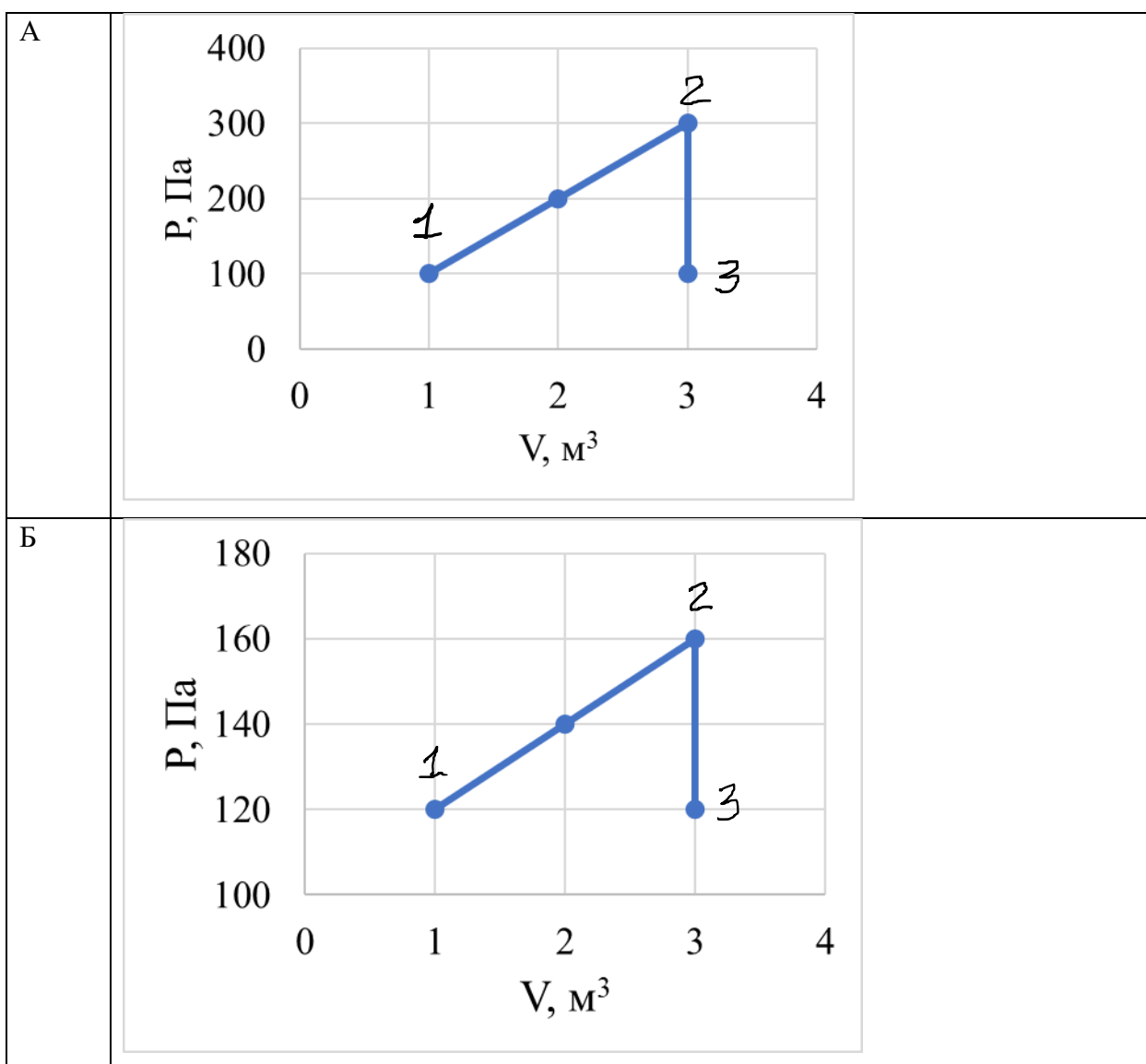
$$B = \frac{mv}{qR} = \frac{m\sqrt{\frac{2qU}{m}}}{qR} = \sqrt{\frac{2qUm^2}{mq^2R^2}} = \sqrt{\frac{2mU}{qR^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1000}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,2^2}} = 5,33 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

Ответ 4

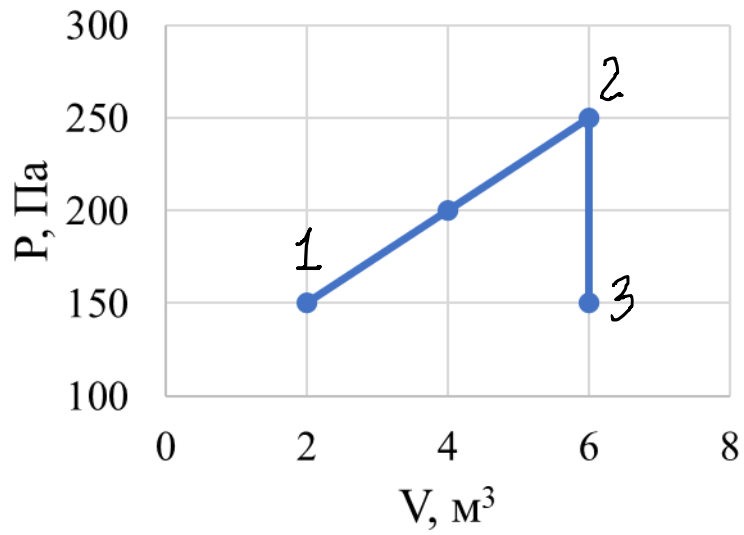
Задача 2

На графиках представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Соотнесите график и количество теплоты, полученное в процессе перехода из состояния 1 в состояние 3?

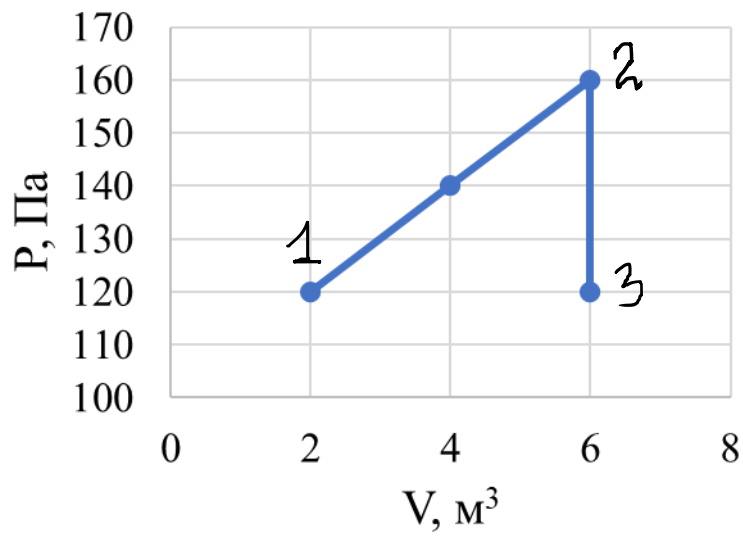
1. 1280 Дж
2. 1700 Дж
3. 3040 Дж
4. 700 Дж
5. 640 Дж



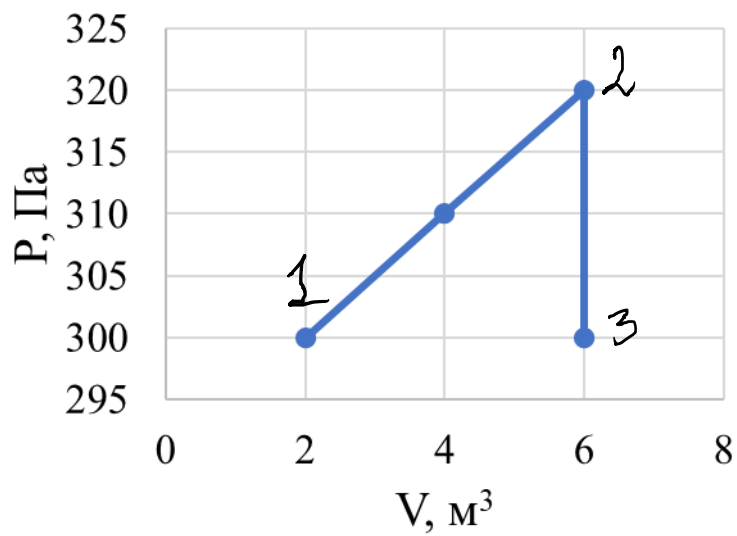
В



Г



Д



Решение

При переходе из начального в конечное состояние объем газа увеличился, газ совершил работу A . Выполняется первый закон термодинамики: переданное газу количество теплоты Q равно сумме изменения внутренней энергии газа ΔU и работы A , совершенной газом.

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = U_3 - U_1 + A$$

Внутренняя энергия идеального газа в состояниях 1 и 3 выражается через давление и объем газа:

$$U_1 = \frac{3}{2}p_1V_1, U_3 = \frac{3}{2}p_3V_3$$

Работа A при переходе газа из состояния 1 в состояние 3 равна площади фигуры под графиком диаграммы в координатах (p, V) :

$$A = \frac{(p_1 + p_2)\Delta V}{2}$$

В результате получаем количество теплоты:

$$Q = \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) + \frac{(p_1 + p_2)\Delta V}{2}$$

Ответ: 1-Г 2-В 3-Д 4-А 5-Б

Задача 3

Луна – естественный спутник Земли имеет в 81 раз меньшую массу, а радиус составляет 0,273 земных. В какой точке (на каком расстоянии от центра Земли) на линии между Землей и Луной исследовательский зонд не будет испытывать притяжения ни к Земле ни к Луне, если расстояние между центрами планеты и её спутника в 60 раз больше ее радиуса? Радиус R Земли равен 6371 км. Определите величину ускорения свободного падения на Луне, если известно, что ускорение свободного падения на земле равно $9,81 \text{ м/с}^2$?

Решение

1) По закону всемирного тяготения $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$. Предположим, что исследовательский зонд имеет массу m и находится от Земли на расстоянии n радиусов Земли R . Тогда расстояние до Луны равно $(60 - n)R$. В точке равновесия силы притяжения будут компенсировать друг друга, значит будут равны:

$$\frac{GmM_3}{(nR)^2} = \frac{GmM_л}{((60 - n)R)^2}$$

$$\frac{M_3}{n^2} = \frac{M_л}{(60 - n)^2}$$

$$(60 - n)^2 81 M_л = M_л n^2$$

$$(60 - n)^2 81 = n^2$$

$$9(60 - n) = n \Rightarrow n = \frac{540}{10} = 54$$

Таким образом, точка равновесия находится на расстоянии 54 радиусов Земли, то есть 344034 км.

2) Сила тяготения, действующая на объекты со стороны Луны, сообщает им ускорение, равное

$$a = \frac{F_g}{m} = G \frac{M_л}{R^2}$$

На уровне поверхности это ускорение будет равно ускорению свободного падения, таким образом находим:

$$g_л = G \frac{M_л}{R_л^2} = G \frac{M_л}{R_л^2} = G \frac{M_л}{(0,273R_3)^2}$$

Массу Земли определим из известного ускорения свободного падения g

$$g = G \frac{M_3}{R_3^2} \Rightarrow M_3 = \frac{gR_3^2}{G}$$

Тогда получим:

$$g_{л} = G \frac{1/81 M_3}{(0,273R_3)^2} = \frac{1}{81} \frac{g}{(0,273)^2} = \frac{1}{81} \frac{9,81}{(0,273)^2} = \frac{0,121}{0,074529} = 1,625 \text{ м/с}^2 \approx 1,6 \text{ м/с}^2$$

Ответ:

1) 344034 км

2) 1,6 м/с²

Задача 4

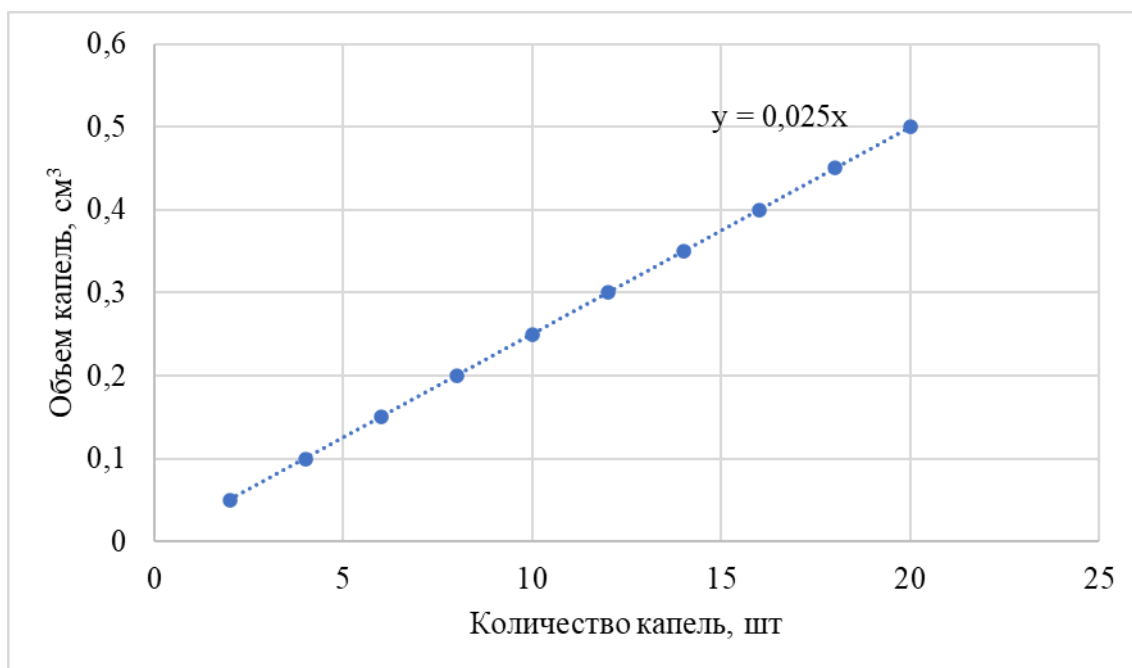
При исследовании термодинамических характеристик нового антисептика, а именно его коэффициента поверхностного натяжения, экспериментатор Семён определил зависимость количества падающих из шприца капель жидкости от суммарного объема этих капель. Полученные им данные приведены в таблице

V, см ³	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
N	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

Если считать, что диаметр шейки капли равен диаметру выходного отверстия шприца $d = 2$ мм, плотность антисептика составляет $\rho = 800$ кг/м³, а ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², определите величину коэффициента поверхностного натяжения антисептика. Ответ запишите в Н/м и округлите до сотых.

Решение

Для нахождения результата необходимо понять вид зависимости $V(N)$. Из таблицы, или из построенного графика видно, что эта зависимость линейная, значит возможно найти ее угловой коэффициент



На каплю действует сила поверхностного натяжения, которая удерживает её на весу и направлена строго вверх. Величина этой силы определяется формулой

$$F = \sigma \cdot l = \sigma \pi d$$

Где d – диаметр шейки капли, приближенно равный диаметру выходного отверстия шприца.

Капля падает под действием силы тяжести, соответственно по 2-му закону Ньютона

$$mg = \sigma \pi d$$

Отсюда получаем, что

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d} = \frac{\rho V_0 g}{\pi d}$$

В данном уравнении m – масса одной капли. Для вычисления этой величины необходимо разделить весь объем капель на их количество $V_0 = \frac{V}{N}$

Отсюда получаем зависимость $V(N)$ найденную экспериментатором

$$V = N \cdot \frac{\sigma \pi d}{\rho g}$$

По таблице (или построенному графику) определим угловой коэффициент, равный 0,025

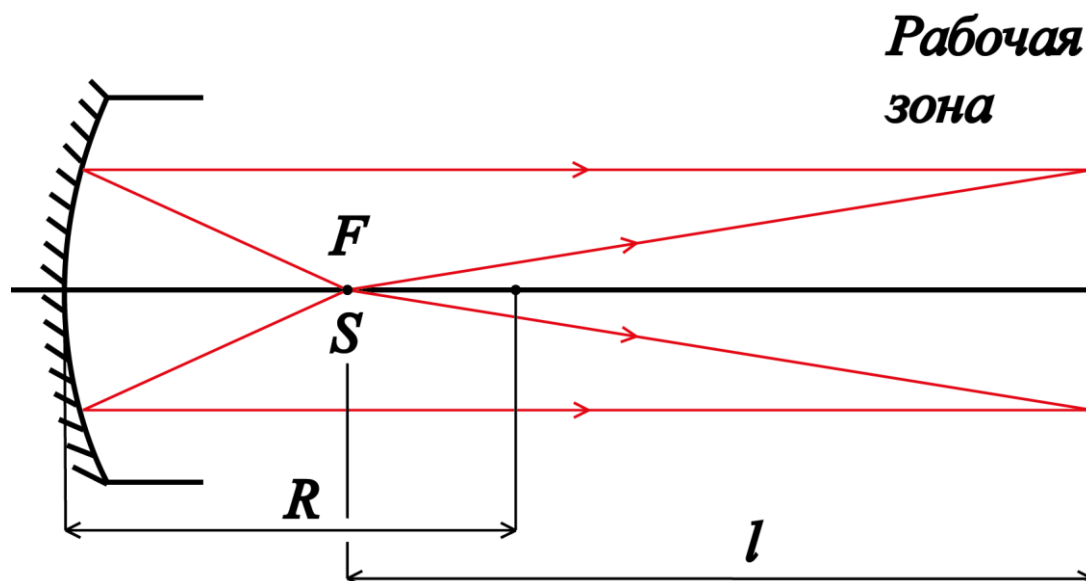
Далее найдем коэффициент поверхностного натяжения

$$k = \frac{\sigma \pi d}{\rho g}$$

$$\sigma = \frac{k \rho g}{\pi d} = \frac{0.025 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 10}{3.14 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0.032 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 0,03 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ: $0,03 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Задача 5



Прожектор с радиусом кривизны зеркала $R = 2$ м расположен на расстоянии $l = 5$ м от рабочей зоны цеха, требующей по нормативным документам освещенности 300 лк. В фокусе прожектора расположена лампа накаливания мощностью 100 Вт, имеющая силу света 100 кд (см. рисунок). Считая, что освещенность измеряется в точке, лежащей на оптической оси зеркала, а также то, что потери световой энергии при отражении составляют 25% от всей падающей на зеркало световой энергии, определите, во сколько раз необходимо увеличить мощность лампы для освещения рабочей зоны?

Вычислите амплитудное значение тока в этой системе освещения. Сопротивление лампы принять постоянным и равным $R=10$ Ом. Ответ округлить до десятых.

Сколько в неделю платит за освещение рабочей зоны завод, подключенный к сети 15 кВ, если инженер работает там в течение 8 часов, с 8:00 до 17:00 (с перерывом на обед с 13:00 до 14:00) 3 раза в неделю, а стоимость электроэнергии определяется по таблице 1? Ответ представьте в рублях и округлите до целого

Таблица 1. Предельный уровень нерегулируемых цен для трех зон суток, руб./МВт·ч

№ п/п	Группа тарифов	Уровень напряжения			
		ВН	СН I	СН II	НН
1	ночная зона (23:00 – 7:00)	2 619,91	3 137,66	3 599,73	4 705,74
2	полупиковая зона (10:00 – 17:00 и 21:00 – 23:00)	4 467,23	4 984,98	5 447,05	6 553,06

3	пиковая зона (с 7:00 до 10:00 и с 17:00 до 21:00)	9 004,20	9 521,95	9 984,02	11 090,03
---	---	----------	----------	----------	-----------

Уровни напряжения:

- низкое напряжение (НН) – 0,4 киловольт и ниже
- среднее напряжение второе (СН2) – от 1 до 20 киловольт
- среднее напряжение первое (СН1) – 35 киловольт
- высокое напряжение (ВН) – 110 киловольт и выше

Решение:

Для решения задачи необходимо определить, какую освещенность рабочей зоны дает 1 прожектор. Для удобства рассмотрения задачи будем считать, что напротив прожектора стоит экран, перпендикулярный оптической оси (см. рисунок). Так как измерения проводятся в точке, лежащей на оптической оси, то она равна сумме двух освещенностей: $E = E_1 + E_2$, где E_1 – освещенность, создаваемая светом, падающим непосредственно из источника света (в задаче не указано, что лампа со стороны рабочей зоны закрыта), а E_2 – освещенность, создаваемая отраженным светом. $E_1 = I/l^3$, $E_2 = \frac{\Phi'}{\sigma} = \frac{(1-\alpha)\Phi}{\sigma}$, где Φ – световой поток, падающий на зеркало от источника света. σ – малая площадку у оптической оси прожектора. Световой поток, падающий на соответствующую площадку прожектора $\Phi = \Omega l$, где Ω – телесный угол, численно равный отношению поверхности сегмента шара, имеющего радиус, равный фокусному расстоянию $R/2$ к квадрату этого расстояния. При малой площадке площадь поверхности можно считать равной этой площадке, в таком случае

$$\Omega = \frac{\sigma}{(R/2)^2} = \frac{4\sigma}{R^2}, E_2 = \frac{4(1-\alpha)I}{R^2}$$

Полная освещенность от одного прожектора в этом случае:

$$E = I \left(\frac{1}{l^3} + \frac{4(1-\alpha)}{R^2} \right) = 79 \text{ лк}$$

Таким образом, данного прожектора для освещения рабочей зоны не хватит и мощность лампы необходимо увеличить минимум в:

$$N = \frac{300}{79} \approx 3.79 \approx \text{в } 4 \text{ раза}$$

2) В системе включен прожектор с мощностью лампы, увеличенной в 4 раза, то есть равной 400 Вт.

$$P = \frac{I_m^2 R}{2}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{2P}{R}} = 8,9 \text{ А}$$

3) Посчитаем, сколько электричества потребляет в день система освещения на заводе. Завод подключен к сети 15 кВ, это категория СН2 в таблице. С учетом, что стоимость электроэнергии разная в зависимости от времени работы, получаем, что инженер работал в пиковой (2 часа) и полупиковой зонах (6 часов). Определим потребление энергии в час:

$$Q = Pt = 400 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ час} = 400 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 0,0004 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

За 2 часа, соответственно, завод потребляет 0,0008 МВт · ч. В пиковом режиме стоимость электроэнергии составит

$$\frac{9\,984,02 \text{ руб} \cdot 0,0008 \text{ МВт} \cdot \text{ч}}{1 \text{ МВт} \cdot \text{ч}} = 7,99 \approx 8 \text{ руб}$$

За 6 часов, соответственно, завод потребляет 0,0024 МВт · ч

$$\frac{5\,447,05 \text{ руб} \cdot 0,0024 \text{ МВт} \cdot \text{ч}}{1 \text{ МВт} \cdot \text{ч}} = 13,07 \approx 13 \text{ руб}$$

Итоговая стоимость за день составит 21 руб. и за неделю, соответственно, 63 руб.

Ответ:

1) 4

2) 8,9 А

3) 63 руб

Задача 6

Астронавт находится на полюсе неизвестной планеты (радиус планеты $R = 6000$ км, масса планеты $M = 15 \cdot 10^{15}$ кг), над данной планетой летит естественный спутник по радиусу ($R_{ec} = 6500$ км), находящийся в данный момент в зените относительно астронавта, который находится на полюсе неизвестной планеты.

Чему равна линейная скорость вращения спутника вокруг Земли относительно центра планеты? Ответ представьте в м/с и округлите до десятых.

Через какое время естественный спутник и астронавт будут находиться на одной прямой, перпендикулярной нормали к поверхности планеты в местоположении? Ответ представьте в сутках и округлите до десятых.

С какой постоянной скоростью необходимо двигаться астронавту, чтобы попасть на спутник, двигаясь вдоль этой прямой, если он стартует, когда спутник был в зените относительно космонавта? Ответ представьте в м/с и округлите до сотых.

Решение:

1.

$$a = V_c^2/R_{ec} = G \cdot \frac{M}{R_{ec}^2} \Rightarrow V_c = \sqrt{\left(G \cdot \frac{M}{R_{ec}}\right)} = \sqrt{\left(6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{15 \cdot 10^{15}}{6500000}\right)} = 0,392 = 0,4 \text{ м/с}$$

2.

$$L = \sqrt{R_{ec}^2 - R_1^2} = \sqrt{6500^2 - 6000^2} = 2500 \text{ км.}$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{L}{R_{ec}}\right) = \arcsin\left(\frac{2500}{6500}\right) = 0.394 = 0.39$$

$$L_{AB} = R_{ec} \cdot \varphi = 6500 * \arcsin\left(\frac{L}{R_{ec}}\right) = 6500 * \arcsin\left(\frac{2500}{6500}\right) = 2566,1 \text{ км.}$$

$$t = \frac{L_{AB}}{V_c} = \frac{2566100}{0,4} = 6415250 \text{ сек} = 74,3 \text{ суток}$$

3.

$$V_k = \frac{L}{t} = \frac{6000000}{6415250} = 0.39 \text{ м/с}$$

Ответ:

1) 0,4 м/с

2) 74,3 суток

3) 0.39 м/с

Московская предпрофессиональная олимпиада

Отборочный тур по физике

11 класс

Вариант 2

Задача 1.

В некоторой исследовательской установке электроны разгоняются прохождением через разность потенциалов 500 В, а затем отклоняются магнитным полем. При этом входя в поле, электрон описывает в нем окружность радиусом 20 см. Определите величину напряженности магнитного поля. Масса электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

1. $5,45 \cdot 10^{-4}$ Тл
2. $3,77 \cdot 10^{-4}$ Тл
3. $6,33 \cdot 10^{-4}$ Тл
4. $5,33 \cdot 10^{-4}$ Тл
5. $4,28 \cdot 10^{-4}$ Тл

Решение

Наличие разности потенциалов в некоторой точке пространства создает электрическое поле, вся работа которого пойдет на увеличение кинетической энергии электрона. Таким образом, можно записать:

$$qU = \frac{m\Delta v^2}{2}$$

Радиус окружности, по которому в магнитном поле будет двигаться электрон

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Скорость выразим через первое уравнение, а из выражения для радиуса найдем величину В:

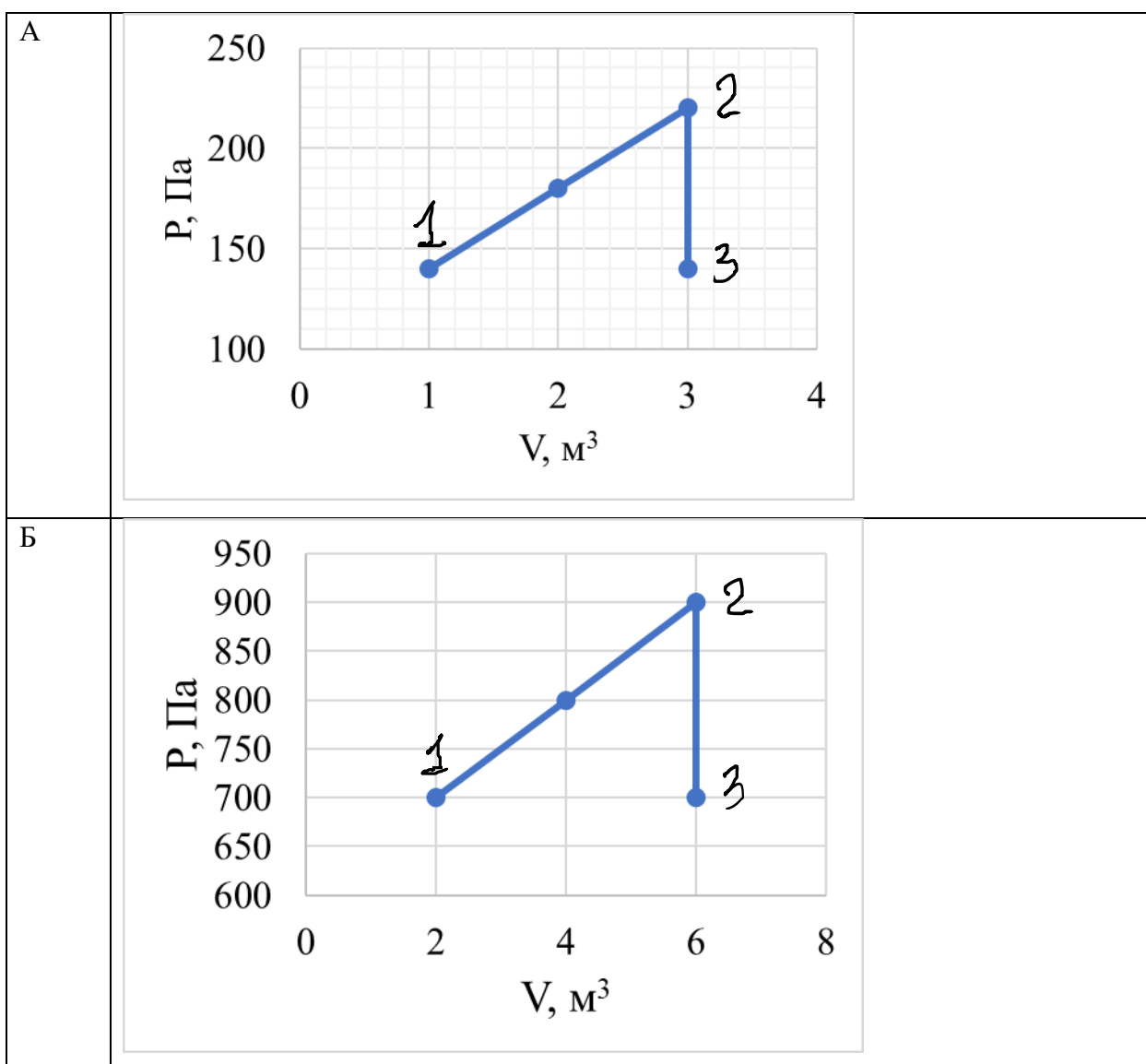
$$B = \frac{mv}{qR} = \frac{m\sqrt{\frac{2qU}{m}}}{qR} = \sqrt{\frac{2qUm^2}{mq^2R^2}} = \sqrt{\frac{2mU}{qR^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 500}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,2^2}} = 3,77 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

Ответ 2

Задача 2

На графиках представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Соотнесите график и количество теплоты, полученное в процессе перехода из состояния 1 в состояние 3?

1. 780 Дж
2. 1280 Дж
3. 2550 Дж
4. 7400 Дж
5. 6900 Дж



В	<p>Graph showing Pressure P (Pa) versus Volume V (m^3) for process B. The y-axis ranges from 600 to 900 Pa, and the x-axis ranges from 0 to 8 m^3. The process consists of three states: 1 (2, 650), 2 (6, 850), and 3 (6, 650). The path is 1-2-3.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>State</th> <th>Volume V (m^3)</th> <th>Pressure P (Pa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> <td>850</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6</td> <td>650</td> </tr> </tbody> </table>	State	Volume V (m^3)	Pressure P (Pa)	1	2	650	2	6	850	3	6	650	
State	Volume V (m^3)	Pressure P (Pa)												
1	2	650												
2	6	850												
3	6	650												
Г	<p>Graph showing Pressure P (Pa) versus Volume V (m^3) for process G. The y-axis ranges from 100 to 1300 Pa, and the x-axis ranges from 0 to 4 m^3. The process consists of three states: 1 (1, 350), 2 (3, 1150), and 3 (3, 350). The path is 1-2-3.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>State</th> <th>Volume V (m^3)</th> <th>Pressure P (Pa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>350</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>1150</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>350</td> </tr> </tbody> </table>	State	Volume V (m^3)	Pressure P (Pa)	1	1	350	2	3	1150	3	3	350	
State	Volume V (m^3)	Pressure P (Pa)												
1	1	350												
2	3	1150												
3	3	350												
Д	<p>Graph showing Pressure P (Pa) versus Volume V (m^3) for process D. The y-axis ranges from 100 to 170 Pa, and the x-axis ranges from 0 to 8 m^3. The process consists of three states: 1 (2, 120), 2 (6, 160), and 3 (6, 120). The path is 1-2-3.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>State</th> <th>Volume V (m^3)</th> <th>Pressure P (Pa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>	State	Volume V (m^3)	Pressure P (Pa)	1	2	120	2	6	160	3	6	120	
State	Volume V (m^3)	Pressure P (Pa)												
1	2	120												
2	6	160												
3	6	120												

Решение

При переходе из начального в конечное состояние объем газа увеличился, газ совершил работу A . Выполняется первый закон термодинамики: переданное газу количество теплоты Q равно сумме изменения внутренней энергии газа ΔU и работы A , совершенной газом.

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = U_3 - U_1 + A$$

Внутренняя энергия идеального газа в состояниях 1 и 3 выражается через давление и объем газа:

$$U_1 = \frac{3}{2}p_1V_1, U_3 = \frac{3}{2}p_3V_3$$

Работа A при переходе газа из состояния 1 в состояние 3 равна площади фигуры под графиком диаграммы в координатах (p, V) :

$$A = \frac{(p_1 + p_2)\Delta V}{2}$$

В результате получаем количество теплоты:

$$Q = \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) + \frac{(p_1 + p_2)\Delta V}{2}$$

Ответ: 1-А 2-Д 3-Г 4-Б 5-В

Задача 3

Луна – естественный спутник Земли имеет в 81 раз меньшую массу, а радиус составляет 0,273 земных. В какой точке (на каком расстоянии от центра Земли) на линии между Землей и Луной исследовательский зонд не будет испытывать притяжения ни к Земле ни к Луне, если расстояние между центрами планеты и её спутника в 60 раз больше ее радиуса? Радиус R Земли равен 6371 км. Определите величину ускорения свободного падения на Луне, если известно, что ускорение свободного падения на земле равно $9,81 \text{ м/с}^2$?

Решение

1) По закону всемирного тяготения $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$. Предположим, что исследовательский зонд имеет массу m и находится от Земли на расстоянии n радиусов Земли R . Тогда расстояние до Луны равно $(60 - n)R$. В точке равновесия силы притяжения будут компенсировать друг друга, значит будут равны:

$$\frac{GmM_3}{(nR)^2} = \frac{GmM_л}{((60 - n)R)^2}$$

$$\frac{M_3}{n^2} = \frac{M_л}{(60 - n)^2}$$

$$(60 - n)^2 81 M_л = M_л n^2$$

$$(60 - n)^2 81 = n^2$$

$$9(60 - n) = n \Rightarrow n = \frac{540}{10} = 54$$

Таким образом, точка равновесия находится на расстоянии 54 радиусов Земли, то есть 344034 км.

2) Сила тяготения, действующая на объекты со стороны Луны, сообщает им ускорение, равное

$$a = \frac{F_g}{m} = G \frac{M_л}{R^2}$$

На уровне поверхности это ускорение будет равно ускорению свободного падения, таким образом находим:

$$g_л = G \frac{M_л}{R_л^2} = G \frac{M_л}{R_л^2} = G \frac{M_л}{(0,273R_3)^2}$$

Массу Земли определим из известного ускорения свободного падения g

$$g = G \frac{M_3}{R_3^2} \Rightarrow M_3 = \frac{gR_3^2}{G}$$

Тогда получим:

$$g_{л} = G \frac{1/81 M_3}{(0,273R_3)^2} = \frac{1}{81} \frac{g}{(0,273)^2} = \frac{1}{81} \frac{9,81}{(0,273)^2} = \frac{0,121}{0,074529} = 1,625 \text{ м/с}^2 \approx 1,6 \text{ м/с}^2$$

Ответ:

1) 344034 км

2) 1,6 м/с²

Задача 4

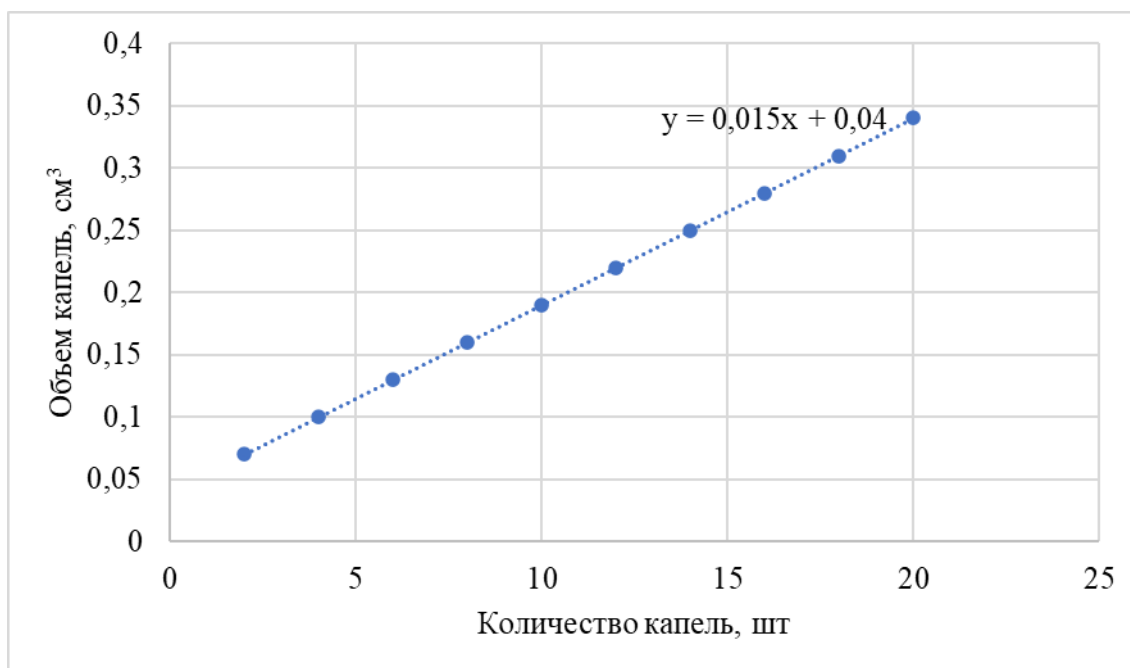
При исследовании термодинамических характеристик нового антисептика, а именно его коэффициента поверхностного натяжения, экспериментатор Семён определил зависимость количества падающих из шприца капель жидкости от суммарного объема этих капель. Полученные им данные приведены в таблице

V, см ³	0,07	0,1	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34
N	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

Если считать, что диаметр шейки капли равен диаметру выходного отверстия шприца $d = 2$ мм, а плотность антисептика составляет $\rho = 800$ кг/м³, а ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с², определите величину коэффициента поверхностного натяжения антисептика. Ответ запишите в Н/м и округлите до сотых.

Решение

Для нахождения результата необходимо понять вид зависимости $V(N)$. Из таблицы, или из построенного графика видно, что эта зависимость линейная, значит возможно найти ее угловой коэффициент



На каплю действует сила поверхностного натяжения, которая удерживает её на весу и направлена строго вверх. Величина этой силы определяется формулой

$$F = \sigma \cdot l = \sigma \pi d$$

Где d – диаметр шейки капли, приближенно равный диаметру выходного отверстия шприца.

Капля падает под действием силы тяжести, соответственно по 2-му закону Ньютона

$$mg = \sigma \pi d$$

Отсюда получаем, что

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d} = \frac{\rho V_0 g}{\pi d}$$

В данном уравнении m – масса одной капли. Для вычисления этой величины необходимо разделить весь объем капель на их количество $V_0 = \frac{V}{N}$

Отсюда получаем зависимость $V(N)$ найденную экспериментатором

$$V = N \cdot \frac{\sigma \pi d}{\rho g}$$

По таблице (или построенному графику) определим угловой коэффициент, равный 0,015

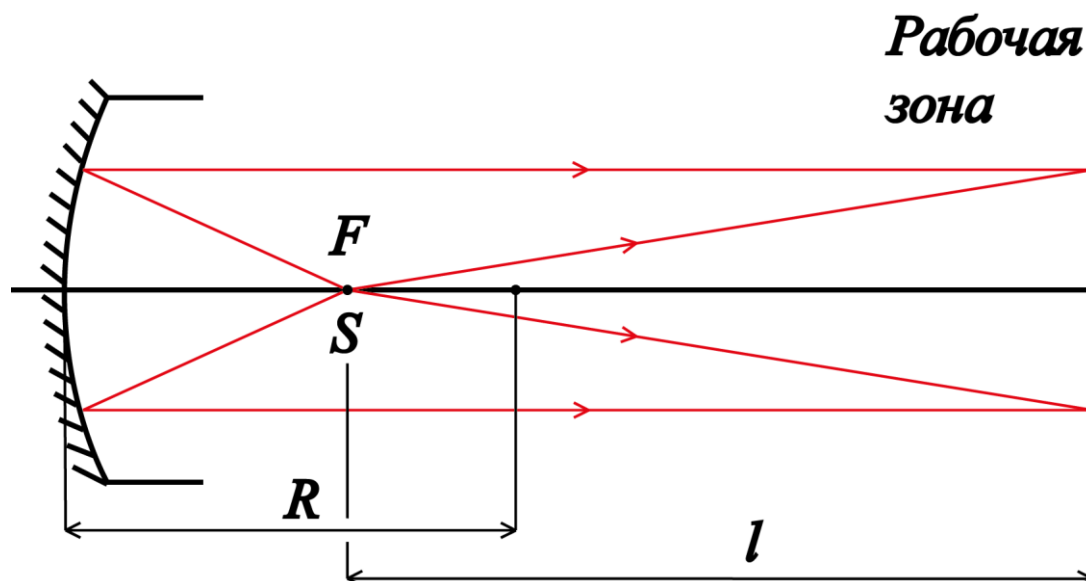
Далее найдем коэффициент поверхностного натяжения

$$k = \frac{\sigma \pi d}{\rho g}$$

$$\sigma = \frac{k \rho g}{\pi d} = \frac{0.015 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 9.8}{3.14 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0.019 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 0,02 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ $0,02 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Задача 5



Прожектор с радиусом кривизны $R = 4$ м расположен на расстоянии $l = 10$ м от рабочей зоны цеха, требующей по нормативным документам освещенности 300 лк. В фокусе прожектора расположена лампа мощностью 100 Вт, имеющая силу света 100 кд (см. рисунок). Считая, что освещенность измеряется в точке, лежащей на оптической оси зеркала, а также то, что потери световой энергии при отражении составляют 25% от всей падающей на зеркало световой энергии, определите, во-сколько раз необходимо увеличить мощность лампы для освещения рабочей зоны?

Вычислите амплитудное значение тока в этой системе освещения. Сопротивление лампы принять постоянным и равным $R=10$ Ом. Ответ округлить до десятых.

Сколько в неделю платит за освещение рабочей зоны завод, подключенный к сети 35 кВ, если инженер работает там в течение 8 часов, с 8:00 до 17:00 (с перерывом на обед с 13:00 до 14:00) 3 раза в неделю, а стоимость электроэнергии определяется по таблице 1? Ответ представьте в рублях и округлите до десятых.

Таблица 1. Предельный уровень нерегулируемых цен для трех зон суток, руб./МВт·ч

№ п/п	Группа тарифов	Уровень напряжения			
		ВН	СН I	СН II	НН
1	ночная зона (23:00 – 7:00)	2 619,91	3 137,66	3 599,73	4 705,74
2	полупиковая зона (10:00 – 17:00 и 21:00 – 23:00)	4 467,23	4 984,98	5 447,05	6 553,06

3	пиковая зона (с 7:00 до 10:00 и с 17:00 до 21:00)	9 004,20	9 521,95	9 984,02	11 090,03
---	---	----------	----------	----------	-----------

Уровни напряжения:

- низкое напряжение (НН) – 0,4 киловольт и ниже
- среднее напряжение второе (СН2) – от 1 до 20 киловольт
- среднее напряжение первое (СН1) – 35 киловольт
- высокое напряжение (ВН) – 110 киловольт и выше

Решение:

Для решения задачи необходимо определить, какую освещенность рабочей зоны дает 1 прожектор. Для удобства рассмотрения задачи будем считать, что напротив прожектора стоит экран, перпендикулярный оптической оси (см. рисунок). Так как измерения проводятся в точке, лежащей на оптической оси, то она равна сумме двух освещенностей: $E = E_1 + E_2$, где E_1 – освещенность, создаваемая светом, падающим непосредственно из источника света (в задаче не указано, что лампа со стороны рабочей зоны закрыта), а E_2 – освещенность, создаваемая отраженным светом. $E_1 = I/l^3$, $E_2 = \frac{\Phi'}{\sigma} = \frac{(1-\alpha)\Phi}{\sigma}$, где Φ – световой поток, падающий на зеркало от источника света. σ – малая площадку у оптической оси прожектора. Световой поток, падающий на соответствующую площадку прожектора $\Phi = \Omega l$, где Ω – телесный угол, численно равный отношению поверхности сегмента шара, имеющего радиус, равный фокусному расстоянию $R/2$ к квадрату этого расстояния. При малой площадке площадь поверхности можно считать равной этой площадке, в таком случае

$$\Omega = \frac{\sigma}{(R/2)^2} = \frac{4\sigma}{R^2}, E_2 = \frac{4(1-\alpha)I}{R^2}$$

Полная освещенность от одного прожектора в этом случае:

$$E = I \left(\frac{1}{l^3} + \frac{4(1-\alpha)}{R^2} \right) = 20 \text{ лк}$$

Таким образом, данного прожектора для освещения рабочей зоны не хватит и мощность лампы необходимо увеличить минимум в:

$$N = \frac{300}{20} = \text{в } 15 \text{ раз}$$

2) В системе включен прожектор с мощностью лампы, увеличенной в 15 раз, значит его мощность равна 1500 Вт.

$$P = \frac{I_m^2 R}{2}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{2P}{R}} = 12,2 \text{ A}$$

3) Посчитаем, сколько электричества потребляет в день система освещения на заводе. Завод подключен к сети 35 кВ, это категория СН1 в таблице. С учетом, что стоимость электроэнергии разная в зависимости от времени работы, получаем, что инженер работал в пиковой (2 часа) и полупиковой зонах (6 часов). Определим потребление энергии в час:

$$Q = Pt = 1500 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ час} = 1500 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 0,0015 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

За 2 часа, соответственно, завод потребляет 0,0030 МВт · ч. В пиковом режиме стоимость электроэнергии составит

$$\frac{9\,521,95 \text{ руб} \cdot 0,0030 \text{ МВт} \cdot \text{ч}}{1 \text{ МВт} \cdot \text{ч}} = 28,6 \text{ руб}$$

За 6 часов, соответственно, завод потребляет 0,009 МВт · ч

$$\frac{4\,984,98 \text{ руб} \cdot 0,009 \text{ МВт} \cdot \text{ч}}{1 \text{ МВт} \cdot \text{ч}} = 44,9 \text{ руб}$$

Итоговая стоимость за день составит 73,5 руб. и за неделю, соответственно, 220,5 руб.

Ответ:

1) 15

2) 12,2 А

3) 220,5 руб

Задача 6

Астронавт находится на полюсе неизвестной планеты (радиус планеты $R = 6000$ км, масса планеты $M = 15 \cdot 10^{15}$ кг), над данной планетой летит естественный спутник по радиусу ($R_{ec} = 6500$ км), находящийся в данный момент в зените относительно астронавта, который находится на полюсе неизвестной планеты.

Чему равна линейная скорость вращения спутника вокруг Земли относительно центра планеты? Ответ представьте в м/с и округлите до десятых.

Через какое время естественный спутник и астронавт будут находиться на одной прямой, перпендикулярной нормали к поверхности планеты в местоположении? Ответ представьте в сутках и округлите до десятых.

С какой постоянной скоростью необходимо двигаться астронавту, чтобы попасть на спутник, двигаясь вдоль этой прямой, если он стартует, когда спутник был в зените относительно космонавта? Ответ представьте в м/с и округлите до сотых.

Решение:

1.

$$a = V_c^2 / R_{ec} = G \cdot \frac{M}{R_{ec}^2} \Rightarrow V_c = \sqrt{\left(G \cdot \frac{M}{R_{ec}}\right)} = \sqrt{\left(6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{15 \cdot 10^{15}}{6500000}\right)} = 0,392 = 0,4 \text{ м/с}$$

2.

$$L = \sqrt{R_{ec}^2 - R_1^2} = \sqrt{6500^2 - 6000^2} = 2500 \text{ км.}$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{L}{R_{ec}}\right) = \arcsin\left(\frac{2500}{6500}\right) = 0.394 = 0.39$$

$$L_{AB} = R_{ec} \cdot \varphi = 6500 * \arcsin\left(\frac{L}{R_{ec}}\right) = 6500 * \arcsin\left(\frac{2500}{6500}\right) = 2566,1 \text{ км.}$$

$$t = \frac{L_{AB}}{V_c} = \frac{2566100}{0,4} = 6415250 \text{ сек} = 74,3 \text{ суток}$$

3.

$$V_k = \frac{L}{t} = \frac{6000000}{6415250} = 0.39 \text{ м/с}$$

Ответ:

1) 0,4 м/с

2) 74,3 суток

3) 0.39 м/с