

24. Автотрансформатор, понижающий напряжение с $U_1 = 5\text{кВ}$ до $U_2 = 110\text{В}$, содержит в первичной обмотке $N_1 = 3000$ витков. Сопротивление вторичной обмотки $R_2 = 0,5\text{ Ом}$, а сопротивление внешней цепи (в сети пониженного напряжения) $R = 10\text{ Ом}$. Пренебрегая сопротивлением первичной обмотки, определите число витков N_2 во вторичной обмотке трансформатора.

Дано:

$$U_1 = 5\text{кВ} = 5 \cdot 10^3\text{ В}$$

$$U_2 = 110\text{ В}$$

$$N_1 = 3000$$

$$R_2 = 0,5\text{ Ом}$$

$$R = 10\text{ Ом}$$

Найти:

$$N_2 - ?$$

Решение:

Коэффициент трансформации k связан с количеством витков и ЭДС проводника из которого сделан трансформатор выражением

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1}, \quad N_2 = \frac{E_2 N_1}{E_1}, \quad E_1 = U_1$$

ЭДС во вторичной обмотке трансформатора

$$E_2 = U_2 + I_2 R_2$$

Сила тока во вторичной цепи:

$$I_2 = \frac{U_2}{R + R_2} \quad (1 \text{ балл})$$

$$E_2 = U_2 + \frac{U_2 R_2}{R + R_2} = \frac{U_2 (R + R_2)}{R + R_2} + \frac{U_2 R_2}{R + R_2} =$$

$$= \frac{R U_2 + R_2 U_2 + U_2 R_2}{R + R_2} = \frac{R U_2 + 2 R_2 U_2}{R + R_2} = \frac{(R + 2 R_2) U_2}{R + R_2}$$

$$N_2 = \frac{\frac{(R + 2 R_2) U_2}{R + R_2} N_1}{E_1} = \frac{(R + 2 R_2) U_2 N_1}{(R + R_2) E_1} = \frac{(R + 2 R_2) U_2}{(R + R_2) U_1} \cdot N_1 \quad (1 \text{ балл})$$

Вычисления:

$$N_2 = \frac{(R + 2 R_2) U_2}{(R + R_2) U_1} \cdot N_1 = \frac{(10\text{ Ом} + 2 \cdot 0,5\text{ Ом}) 110\text{ В}}{(10\text{ Ом} + 0,5\text{ Ом}) 5 \cdot 10^3\text{ В}} \cdot 3000 = \frac{(10 + 2 \cdot 0,5) 110}{(10 + 0,5) 5 \cdot 10^3} \cdot 3000 =$$

$$= \frac{11 \cdot 110}{10,5 \cdot 5 \cdot 10^3} \cdot 3000 = \frac{1210}{52,5 \cdot 10^3} \cdot 3000 = 69 \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: 69 витков

Для выполнения олимпиадной работы по физике отводится 3 часа (180 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 24 задания.

Часть I содержит 7 заданий (1 – 7). Каждое задание является качественной задачей для которой необходимо путем логических умозаключений, базирующихся на законах физики записать на листе решений ответ на поставленный вопрос.

Часть II содержит 8 заданий (8 – 15). Каждое задание является экспериментальной задачей, для которой необходимо предложить способ экспериментального определения физических величин, для решения которых требуется смекалка, творческая фантазия, гибкость и нестандартность мышления.

Часть III содержит 9 вычислительных заданий (16 – 24), на которые следует дать развернутое решение. Необходимо записать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения. Решение заданий необходимо записать на листе решений.

Внимательно прочитайте каждое задание. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий начисляются баллы. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 9,8 \text{ м/с}^2$
газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
элементарный заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273,15^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность

воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
масло	800 кг/м^3	меди	8930 кг/м^3
парафина	900 кг/м^3	ртути	13600 кг/м^3
бетона	2200 кг/м^3	снега	200 кг/м^3
дрова березовые	700 кг/м^3	дрова сосновые	600 кг/м^3

Удельная

теплоемкость воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
теплоемкость алюминия	$900 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
теплоемкость железа	$640 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
теплоемкость меди	$380 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
теплота сгорания (дрова сухие)	$1 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$
теплота парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
теплоемкость льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

Нормальные условия

давление 10^5 Па , температура 0°C

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
вода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

23. Медный шарик радиусом $r = 0,5 \text{ см}$ помещен в масло. Определите заряд Q шарика, если в однородном электростатическом поле он оказался взвешенным в масле. Электростатическое поле направлено вертикально вверх, и его напряженность $E = 4,25 \text{ кВ/см}$

Дано:

$$\rho_M = 8,93 \text{ г/см}^3 = 8,93 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_1 = 0,8 \text{ г/см}^3 = 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$$

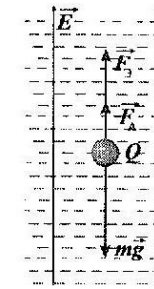
$$r = 0,5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$E = 4,25 \text{ кВ/см} = 4,25 \cdot 10^5 \text{ В/м}$$

Найти:

Q ?

Решение:



На медный шарик помещенный в масло и находящемся во взвешенном состоянии действуют силы: $m\vec{g}$ - сила тяжести; \vec{F}_A - выталкивающая Архимедова сила; \vec{F}_3 - сила действующая на шарик со стороны электростатического поля. Согласно второго закона Ньютона

$$m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_3 = 0 \quad (1 \text{ балл})$$

$$\text{Масса шарика: } m = \rho_M \cdot V = \rho_M \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

$$\text{Сила Архимеда: } \vec{F}_A = \rho_1 \cdot g \cdot V_m = \rho_1 \cdot g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

Сила, действующая на шарик со стороны электростатического поля: $F_3 = Q \cdot E$ (1 балл)

Согласно условию задачи шарик взвешен в масле (находится в равновесии) в проекции второй закон Ньютона запишем в виде

$$mg = F_3 + F_A. \quad (1 \text{ балл})$$

Используя выражения для массы шарика, силы Архимеда и силы действующей на шарик со стороны электростатического поля, получим выражение, из которого найдем заряд шарика:

$$\rho_M \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot g = Q \cdot E + \rho_1 \cdot g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

$$\rho_M \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot g - \rho_1 \cdot g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = Q \cdot E$$

$$\frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot g \cdot (\rho_M - \rho_1) = Q \cdot E$$

$$Q = \frac{4\pi \cdot r^3 \cdot g \cdot (\rho_M - \rho_1)}{3E}. \quad (1 \text{ балл})$$

Вычисления:

$$Q = \frac{4\pi \cdot r^3 \cdot g \cdot (\rho_M - \rho_1)}{3E} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot (8,93 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 - 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3)}{3 \cdot 4,25 \cdot 10^5 \text{ В/м}}$$

$$= \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 9,8 \cdot (8,93 \cdot 10^3 - 8 \cdot 10^2)}{3 \cdot 4,25 \cdot 10^5} = \frac{1570 \cdot 10^{-9} \cdot 9,8 \cdot 8,13 \cdot 10^3}{12,76 \cdot 10^5}$$

$$= \frac{125088,2 \cdot 10^{-6}}{12,76 \cdot 10^5} = 9803 \cdot 10^{-11} = 98 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 98 \text{ нКл} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: заряд шарика равен 98 нКл

22. Колебательный контур приемника состоит из слюдяного конденсатора, площадь пластин которого 800 см^2 , а расстояние между ними 1 мм , и катушки. На какую длину волны резонирует этот контур, если максимальное значение напряжения на пластинах конденсатора в 100 раз больше максимального значения силы тока в катушке? Активным сопротивлением контура пренебречь. Диэлектрическая проницаемость среды равна 7

Дано:
 $S = 800 \text{ см}^2 = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$

$$d = 1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\epsilon = 7$$

$$\frac{U_m}{I_m} = 100 \frac{\text{В}}{\text{А}}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Найти:

$$\lambda = ?$$

Решение:

Решение: искомая длина волны зависит от периода колебания заданного контура:

$$\lambda = cT$$

где $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость распространения электромагнитных волн.

Период колебания:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (1 \text{ балл})$$

По условию задачи можно найти значение электроёмкости конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

Так как активным сопротивлением можно пренебречь, то выполняется закон сохранения энергии, согласно которому максимальная энергия электрического поля конденсатора равна максимальной энергии магнитного поля катушки $\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$

(1 балл)

Из этого следует, что: $L = C \frac{U_m^2}{I_m^2}$. Используя полученные выражения, можем найти период электромагнитных колебаний, а затем и искомую длину волны

$$T = 2\pi\sqrt{\left(\frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}\right)^2 \frac{U_m^2}{I_m^2}} = 2\pi \frac{U_m}{I_m} \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

$$\lambda = c \cdot 2\pi \frac{U_m}{I_m} \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \quad (1 \text{ балл})$$

Вычисления:

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \frac{\text{В}}{\text{А}} \cdot \frac{7 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2}{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}} =$$

$$= 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot \frac{7 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{-3}} = 1884 \cdot 10^8 \cdot 495,6 \cdot 10^{-11} = 933710 \cdot 10^{-3} = 933,7 \text{ м}$$

(1 балл)

Ответ: контур резонирует на длину волны равную $933,7 \text{ м}$.

1. Танкер «река-море» из реки переходит в море. Как изменится сила Архимеда?

Решение: Сила Архимеда не изменится, т.к. при плавании тела на поверхности жидкости сила Архимеда равна силе тяжести. (1 балл)

2. Почему ночью лужа на неосвещенной дороге кажется водителю темным пятном на светлом фоне?

Решение: Лужу и дорогу освещают только фонари автомобиля. От гладкой поверхности воды свет отражается зеркально, т.е. вперед, а от дороги – диффузно, т.е. отраженный свет частично попадает в глаза водителю. При появлении встречного автомобиля ситуация может измениться. (1 балл)

3. На весах установлены два одинаковых сосуда. Один заполнен сухим воздухом, а другой – влажным. Температура и давление в обоих сосудах одинаковы. Какой из сосудов легче? Почему?

Решение: Согласно уравнению $PV = NkT$ в сосудах одинаковое число молекул. (1 балл) Значит во влажном воздухе молекулы воды заменили молекулы воздуха. Молярная масса воздуха $\mu_{\text{воздуха}} = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, молярная масса воды $\mu_{\text{воды}} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$. Молекула воды легче, сосуд с влажным воздухом легче. (1 балл)

4. Почему открытое ведро с водой оставленное на морозе, начинает замерзать с поверхности?

Решение: Причин может быть несколько:

1. Соприкосновение с холодным воздухом; (1 балл)
2. процесс испарения, при котором вода охлаждается; (1 балл)
3. в силу аномальных свойств воды (плотность воды максимальна при 4°C) охлаждающаяся вода имеет меньшую плотность и остается на поверхности, не погружаясь на глубину. (1 балл)

5. Как будут идти часы секундным маятником, установленным для Ярославля, на полюсе и на экваторе?

Решение: Согласно формуле описывающей период колебаний математического маятника $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ (1 балл) и учтя, что $g_{\text{полюс}} > g_{\text{экв}}$, при анализе задачи приходим к однозначному ответу, что на полюсе будут спешить, на экваторе отставать. (1 балл)

6. Как, прилетев на незнакомую планету, космонавты могут с помощью чувствительного гальванометра и мотка проволоки определить, обладает планета магнитным полем или нет?

Решение: Изготовить из проволоки катушку, подсоединить к гальванометру и поворачивать. Если магнитное поле есть, гальванометр зафиксирует индукционный ток в катушке. (1 балл)

7. Как узнать, намагничено ли старое ножовочное полотно, или нет, не пользуясь никакими приборами или другими телами?

Решение: Разломить его пополам, если части полотна будут взаимодействовать, значит, полотно намагничено. (1 балл)

Часть II

8. Предложите способ определения с помощью динамометра массу тела, вес которого больше предела измерения динамометра, но не более чем вдвое. Приборы, которые имеются для проведения эксперимента – динамометр, измеряемое тело, нитка.

Решение: Измеряемое тело необходимо подвесить на две нити, к одной из которых прикрепить динамометр. Используя формулы $F = \frac{mg}{2}$; $m = \frac{2F}{g}$. (1 балл)

9. Известно, что некоторые вещества при затвердевании увеличивают свою плотность (большинство), а некоторые уменьшают. Каким образом можно, не проводя специальных измерений, определить какое вещество относится к первой группе, а какое ко второй?

Решение: Расплавить кусочек вещества. Если нерасплавленная часть плавает в расплавленной части, значит плотность этого вещества в твердом состоянии меньше плотности в жидкости, если тонет – все наоборот. (1 балл)

10. На заводах применяют способ контроля целостности поверхности деталей из немагнитных материалов, основанный на свойстве некоторых жидкостей флуоресцировать под действием ультрафиолетовых лучей. Предложите технологию такой дефектоскопии.

Решение: Деталь опускают в ванну с флуоресцирующей жидкостью. Потом смывают эту жидкость с поверхности детали и в темном помещении освещают деталь ультрафиолетовыми лучами. Жидкость, оставшаяся в щелях, ярко светится. (1 балл)

11. Как надо перестроить оптику микроскопа, чтобы можно было сфотографировать наблюдаемое?

Решение: Достаточно выдвинуть окуляр настолько, чтобы получилось действительное изображение предмета. (1 балл)

12. Предложите способ определения знаков полюсов автомобильной аккумуляторной батареи, располагая только двумя медными проводами и сырой картошкой.

Решение: Присоединить медные провода к клеммам аккумулятора, а свободные концы воткнуть в картошку. Ток вызовет электролиз содержащейся в картошке воды. Вблизи проводника, присоединенному к отрицательному полюсу, будет выделяться водород, а около положительного – кислород. При взаимодействии с медью кислород образует окись меди, ионы которого окрашивают проводник в голубой цвет. (1 балл)

13. Как экспериментально доказать, не пользуясь никакими приборами, что коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора меньше, чем чистой воды?

Решение: Частицы мыльной пены, упавшие на чистую воду, разбегаются в разные стороны. Это объясняется уменьшением силы поверхностного натяжения. (1 балл)

14. Предложите способ определения высоты горы с помощью нагревателя, кастрюли с водой и точного термометра.

Решение: Температура кипения уменьшается на $0,3^\circ\text{C}$ на каждые 100 м подъема. (1 балл)

15. Как, не разбирая кофемолки, определить направление вращения ротора ее двигателя?

Решение: Повесить кофемолку на шнуре и включить ее в сеть. Она будет вращаться в сторону, противоположную вращению ротора. (1 балл)

$$\rho_n = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$h = 0,6 \text{ м}$$

Найти:

$$H = ?$$

Работа против этой силы

$$A = \Delta E = E_2 - E_1 = -mg(H + h)$$

По определению, механическая работа по перемещению тела под действием силы равна

$$A = F_A \cdot h \cdot \cos \alpha$$

угол между вектором силы и вектором перемещения $\alpha = 180^\circ$ (1 балл)

Сила Архимеда действующая на тело, погруженное в жидкость

$$F_A = \rho_n \cdot V \cdot g$$

Объем тела погруженного в жидкость найдем используя формулу $V = \frac{m}{\rho_r}$ (1 балл)

$$V = \frac{m}{\rho_r} \text{ (1 балл)}$$

(1 балл)

Объединяя все записанные выражения, получим

$$F_A \cdot h \cdot \cos \alpha = -mg(H + h), \quad h \cdot \rho_n \cdot V \cdot g \cdot \cos \alpha = -mg(H + h)$$

$$h \cdot \rho_n \cdot \frac{m}{\rho_r} \cdot g \cdot \cos \alpha = -mg(H + h), \text{ учтем что } \cos 180^\circ = -1, \text{ тогда}$$

$$-h \cdot \frac{\rho_n}{\rho_r} \cdot m \cdot g = -mg(H + h) - \text{ из этого выражения найдем значение искомой величины}$$

$$h \cdot \frac{\rho_n}{\rho_r} = H + h \Rightarrow h \cdot \frac{\rho_n}{\rho_r} - h = H \Rightarrow H = h \left(\frac{\rho_n}{\rho_r} - 1 \right) \text{ (1 балл)}$$

Вычисления:

$$H = h \left(\frac{\rho_n}{\rho_r} - 1 \right) = 0,6 \text{ м} \cdot \left(\frac{1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}{0,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} - 1 \right) = 0,6 \left(\frac{1 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 10^3} - 1 \right) = 0,6(2,5 - 1) = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ м}$$

(1 балл)

Ответ: Тело падало с высоты 0,9 м

18. Машинист пассажирского поезда, движущегося со скоростью $v_{нас} = 108$ км/ч заметил на расстоянии $l_0 = 180$ м впереди движущийся в ту же сторону со скоростью $v_{тов} = 32,4$ км/ч товарный поезд. Машинист сразу включил тормоз, благодаря чему пассажирский поезд стал двигаться с ускорением $a = -1,2$ м/с². Достаточно ли этого, чтобы поезда не столкнулись?

Дано:

$$v_{нас} = 108 \text{ км/ч} = 30 \text{ м/с}$$

$$v_{тов} = 32,4 \text{ км/ч} = 9 \text{ м/с}$$

$$s_0 = 180 \text{ м}$$

$$a = -1,2 \text{ м/с}^2$$

Найти:

Решение:

Первый способ (физический):

Перейдем в систему отсчета, связанную со вторым поездом.

Относительная скорость поездов $v = v_{нас} - v_{тов}$

Скорость пассажирского поезда в этой системе будет $v = 108 \text{ км/ч} - 32,4 \text{ км/ч} = 75,6 \text{ км/ч}$ или 21 м/с . (1 балл)

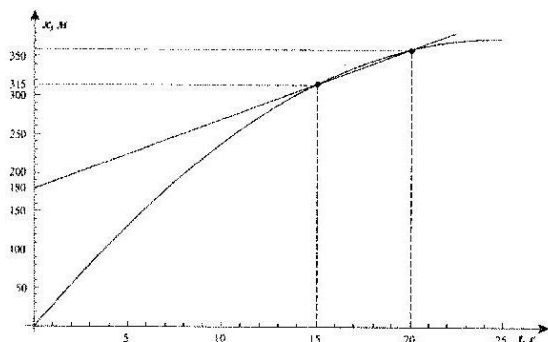
При торможении с замедлением $1,2 \text{ м/с}^2$ пройденный путь (до нулевой скорости в выбранной системе отсчета) будет

$$s = \frac{v^2}{2a} = \frac{21^2}{2 \cdot 1,2} = \frac{441}{2,4} = 183,5 \text{ м. а есть только } 180 \text{ м. т.е. } 180$$

метров не хватит, чтобы не столкнуться (1 балл)

Ответ: недостаточно

Второй способ (графический):



Начертим графики зависимости координат поездов от времени. За начало отсчета выберем точку, в которой началось торможение пассажирского поезда, а за направление оси координат примем направление скоростей поездов. Момент начала торможения выберем за начало отсчета времени. (1 балл)

В такой системе отсчета координаты поездов в момент времени t выражаются так

$$x_{нас} = v_{нас} t + \frac{at^2}{2}, \quad x_{тов} = v_{тов} t + s_0, \quad \text{где } v_{нас} = 108 \text{ км/ч} = 30 \text{ м/с}, \quad v_{тов} = 32,4 \text{ км/ч} = 9 \text{ м/с}. \quad (1 \text{ балл})$$

Из графиков видно, что в момент времени t' и t'' координаты обоих поездов равны между собой. Это означает, что в момент времени $t = t'$ произойдет столкновение поездов. Из графика находим значения $t' = 15 \text{ с}$, $t'' = 20 \text{ с}$. В момент столкновения координата поездов равна $x_{нас} = x_{тов} = 315 \text{ м}$. Вывод — поезда столкнутся, т.к. такого ускорения недостаточно, чтобы поезда не столкнулись. (1 балл)

Ответ: недостаточно

Третий способ (алгебраический)

По условию задачи поезда должны столкнуться и в этой точке их координаты должны совпасть $x_{нас} = x_{тов}$ тогда уравнения описывающие изменение координат движения

имеют вид $x_{нас} = v_{нас} t + \frac{at^2}{2}$ и $x_{тов} = v_{тов} t + s_0$. Можно записать, что $v_{нас} t + \frac{at^2}{2} = v_{тов} t + s_0$,

(1 балл) тогда

$v_{нас} t + \frac{at^2}{2} - v_{тов} t - s_0 = 0$, $\frac{at^2}{2} + t(v_{нас} - v_{тов}) - s_0 = 0$, получаем квадратное уравнение, из решения которого сделаем вывод о достаточности или не достаточности времени.

$$\frac{at^2}{2} + t(v_{нас} - v_{тов}) - s_0 = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = (v_{нас} - v_{тов})^2 - 4 \cdot \frac{a}{2} \cdot (-s_0) = (v_{нас} - v_{тов})^2 + 2as_0$$

$$t' = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a} = \frac{-(v_{нас} - v_{тов}) + \sqrt{(v_{нас} - v_{тов})^2 + 2as_0}}{a} = \frac{-(30 - 9) + \sqrt{(30 - 9)^2 - 2 \cdot 1,2 \cdot 180}}{-1,2} =$$

$$= \frac{-21 + \sqrt{441 - 432}}{-1,2} = \frac{-21 + 3}{-1,2} = 15 \text{ с}$$

$$t'' = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a} = \frac{-(v_{нас} - v_{тов}) - \sqrt{(v_{нас} - v_{тов})^2 + 2as_0}}{a} = \frac{-(30 - 9) - \sqrt{(30 - 9)^2 - 2 \cdot 1,2 \cdot 180}}{-1,2} =$$

$$= \frac{-21 - \sqrt{441 - 432}}{-1,2} = \frac{-21 - 3}{-1,2} = 20 \text{ с} \quad (1 \text{ балл})$$

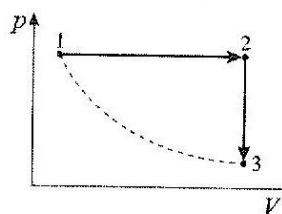
Подставим значение времени t' в любое из уравнений описывающих положение поездов. Пассажирский поезд догонит товарный через 15 секунд после начала торможения и произойдет столкновение поездов. Такого ускорения не достаточно для предотвращения столкновения, т.к. в момент столкновения координата поездов равна $x_{нас} = x_{тов}$, $x_{тов} = 9 \text{ м/с} \cdot 15 \text{ с} + 180 \text{ м} = 315 \text{ м}$ (1 балл)

Ответ: недостаточно

19. Моль идеального газа нагревается при постоянном давлении, а затем при постоянном объеме переводится в состояние с температурой, равной начальной температуре $T_0 = 300$ К. Оказалось, что в итоге газу передано количество теплоты $Q = 5000$ Дж. Во сколько раз изменился объем, занимаемый газом?

Дано:
 $T_1 = 300$ К
 $Q = 5000$ Дж
 $\nu = 1$ моль

Найти:
 $\frac{V_2}{V_1} - ?$



Решение:
 По условию задачи конечная температура газа равна начальной

$$T_1 = T_3$$

Это означает, что внутренняя энергия газа не изменилась, а все подведенное количество теплоты Q пошло на совершение газом работы A по расширению во время нагревания при постоянном давлении p_1 (при изохорном охлаждении работа газа равна нулю): (1 балл)

$$Q = A = p_1(V_2 - V_1) = \frac{p_1}{V_1} \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) = RT_1 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{Q}{RT_1} + 1 \quad (1 \text{ балл})$$

Вычисления:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{5000 \text{ Дж}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} + 1 = \frac{5000}{2493} + 1 = 2,006 + 1 \approx 3, \quad \frac{V_2}{V_1} \approx 3 \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: $V_2 \approx 3V_1$ — объем газа увеличился приблизительно в 3 раза.

20. Напряженность электрического поля E у поверхности Земли в среднем равна 120 В/м и направлена по вертикали. Определить электрический заряд Земли, учитывая, что она имеет форму шара, радиус которого 6400 км.

Дано:
 $E = 120$ В/м
 $R = 6,4 \cdot 10^3$ км =
 $= 6,4 \cdot 10^6$ м

Найти:
 $Q - ?$

Решение:

Напряженность поля заряженной сферы

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}, \text{ тогда } Q = 4\pi\epsilon_0 R^2 \cdot E \quad (1 \text{ балл})$$

Вычисления:

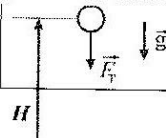
$$Q = 4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot (6,4 \cdot 10^6 \text{ м})^2 \cdot 120 \frac{\text{В}}{\text{м}} =$$

$$= 12,56 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 40,96 \cdot 10^{12} \cdot 120 = 546354 = 5,5 \cdot 10^6 \text{ Кл} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: Электрический заряд Земли равен $5,5 \cdot 10^6$ Кл

21. С какой высоты должно падать тело, плотность материала которого $0,4 \cdot 10^3$ кг/м³, чтобы оно погрузилось в воду на глубину 0,6 м? Сопротивление воды и воздуха при движении тела не учитывать.

Дано:
 $\rho_T = 0,4 \cdot 10^3$ кг/м³



Решение.

На тело действует только одна внешняя сила - Архимедова.

16. Два студента (не физики) A и B , живущие в соседних комнатах общежития, решили сэкономить, соединив свои потолочные светильники последовательно. Они договорились, что установят лампочки по 100 Вт и будут оплачивать равные доли счета за электричество. Однако каждый решил попробовать получить лучшее освещение за счет другого: студент A установил лампочку 200 Вт, а студент B — лампочку в 50 Вт. Кто выиграет в освещенности комнаты, а кто в оплате? Считать время работы ламп одинаковым, сопротивление ламп постоянным.

Дано:
 $P = 100$ Вт
 $P_A = 200$ Вт
 $P_B = 50$ Вт

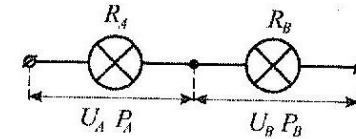
$$t_A = t_B = \text{const}$$

Найти:

$$P'_A - ?$$

$$P'_B - ?$$

Решение:



$$P_A = \frac{U_A^2}{R_A} \quad P_B = \frac{U_B^2}{R_B} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\frac{U_A^2}{R_A} = \frac{U_B^2}{R_B}; \quad U = U_A + U_B \quad (1 \text{ балл})$$

сопротивление по номинальной мощности:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_A} \quad P_2 = \frac{U^2}{R_B}, \quad U = 220 \text{ В}$$

$$P'_A = \frac{P_2 \cdot P_1}{(P_1 + P_2)^2} = 8 \text{ Вт} \quad P'_B = \frac{P_1 \cdot P_2}{(P_1 + P_2)^2} = 32 \text{ Вт} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: в освещенности и оплате выигрывает студент B , т.к. студент A получает 8 Вт, а платит за половину общей мощности $(8+32)/2=20$ Вт. (1 балл)

17. Кастриюлю, в которую налит один литр воды, никак не могут довести до кипения при помощи нагревателя мощностью 100 Вт. За какое время вода остынет на 1°C, если отключить нагреватель?

Дано:
 $P=100$ Вт
 $c=4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)

Найти:

$$t - ?$$

Решение:

Чтобы определить время, за которое вода остынет на 1°C, воспользуемся формулой $P = Q/t$, где P — мощность, теряемая кастрюлей с водой за счет теплообмена с окружающей средой, Q — количество теплоты, выделяющееся при остывании воды, $Q = cm(T_2 - T_1)$, t — искомое время. (1 балл)

Мощность, «уходящая» от кастрюли в окружающую среду, равна мощности нагревателя (по условию задачи).

Значит, $t = \frac{cm(T_2 - T_1)}{P}$, и, вычисляя, получим, что $t = 42$ с. (1 балл)

Вычисления:

$$t = \frac{4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 1 \text{ кг} \cdot 1^\circ \text{C}}{100 \text{ Вт}} = \frac{4,2 \cdot 10^3}{100} = 42 \text{ с} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: $t = 42$ с.