

**Методические указания по Отраслевой олимпиаде школьников
«Газпром», профиль физика.**

Учебное пособие для подготовки к олимпиаде

Под редакцией Бурковой Е.Г.

Задания отборочного этапа
9 класс
Вариант 1

1. Два теплохода начали равномерно прямолинейно двигаться из прибрежных пунктов А и В, расположенных на расстоянии 10 км друг от друга; их траектории пересекаются и составляют угол $\alpha = 45^\circ$ с берегом. Определите минимальное расстояние, на которое сблизятся теплоходы, если скорость первого теплохода $v_1 = 30$ км/ч, а скорость второго – $v_2 = 40$ км/ч. Ответ дать в километрах с точностью до десятой.

Раздел: Механика

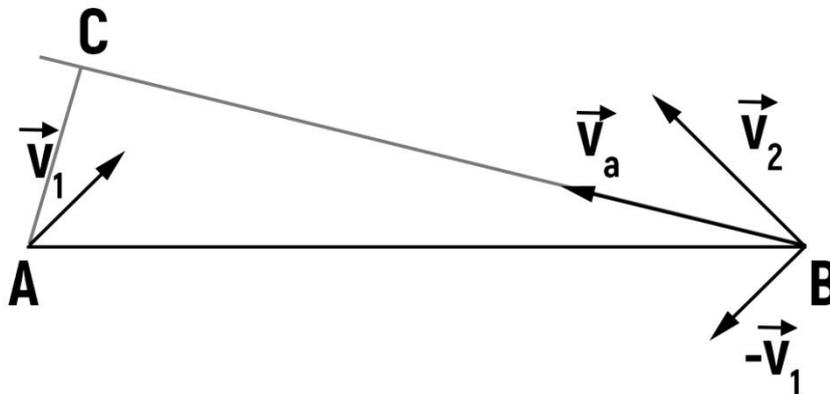
Уровень сложности: 2

Ответ: 1,4 км

Решение:

Возможное решение:

Построим рисунок и перейдём в систему отсчёта, связанную с первым кораблём:



В этой системе отсчёта первый корабль неподвижен, а второй корабль движется со скоростью v_a вдоль луча ВС по закону сложения скоростей. Тогда искомое минимальное расстояние между кораблями – длина перпендикуляра, опущенного из точки А на луч ВС; а скорость v_a может быть посчитана по теореме Пифагора:

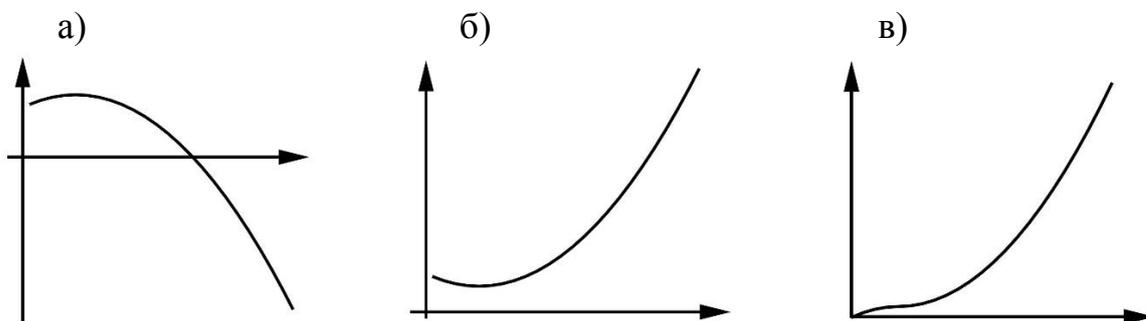
$$AC = AB \cdot \sin \angle ABC,$$
$$v_a = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Угол между скоростью второго корабля относительно берега и берегом 45° , синус угла между v_a и v_2 является отношением v_1 и v_a :

$$\sin \alpha = \frac{v_1}{v_a} = 0,6; \alpha = 37^\circ$$

Тогда $\angle ABC = 8^\circ$, а $AC = 1,4$ км.

2. Какой из графиков зависимости пути от времени $s(t)$ характеризует закон движения $x(t) = 17 + 4t - 5t^2$?



Раздел: Механика

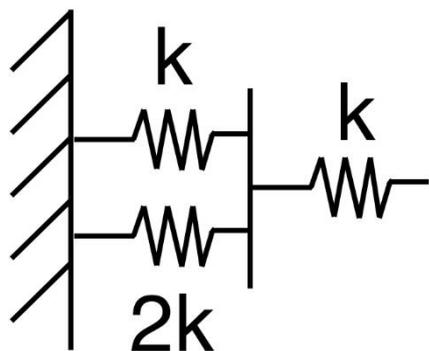
Уровень сложности: 1

Ответ: в

Решение:

График (в) характеризует зависимость пройденного пути от времени и состоит из двух гладко «сшитых» кусков парабол, так как произошло изменение направления движения.

3. Чему равен коэффициент упругости системы пружин, изображённых на рисунке?



а) $4k$

б) $3,5k$

в) $2k$

г) $0,75k$

Раздел: Механика

Уровень сложности: 1

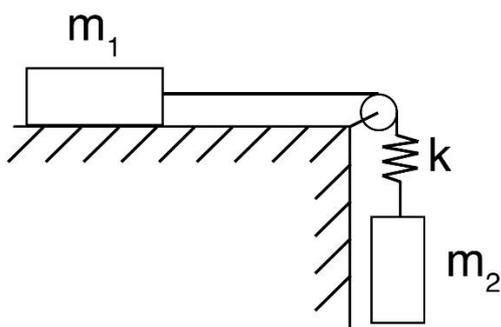
Ответ: г

Решение:

Данную систему пружин можно рассматривать как последовательное соединение двух пружин жёсткостью $3k$ ($k+2k$) - общая жёсткость параллельного соединения пружин слева и k (жёсткость пружины справа):

$$K = \frac{k \cdot 3k}{k + 3k} = 0,75k$$

4. На горизонтальной поверхности с коэффициентом трения μ лежит груз массой m_1 , соединённый через неподвижный блок невесомой нерастяжимой нитью с подвешенным на пружине с жёсткостью k грузом массой m_2 . Какой массой должен обладать второй груз, чтобы первый груз сдвинулся с места?



а) $m_2 = \frac{\mu m_1}{3}$ б) $m_2 = \frac{\mu m_1}{2}$ в) $m_2 = \mu m_1$ г) $m_2 = \frac{3\mu m_1}{4}$

Раздел: Механика

Уровень сложности: 2

Ответ: б

Решение:

Возможное решение:

Для того, чтобы сдвинуть груз на горизонтальной поверхности, нужно приложить к нему силу, превышающую максимальное значение силы трения покоя:

$$F_{\text{макс}} = \mu m_1 g.$$

Сила со стороны натянутой нити, действующая на первый груз, в **отсутствие** пружины будет равна силе тяжести, действующей на второй груз:

$$\mu m_1 g = m_2 g.$$

Однако, из-за наличия пружины после прохождения некоторого количества времени она приобретёт потенциальную энергию, равную потенциальной энергии опустившегося второго груза:

$$\frac{k\Delta x^2}{2} = m_2 g \Delta x,$$

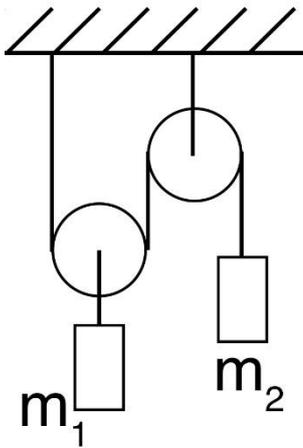
$$\frac{k\Delta x}{2} = m_2 g,$$

$$k\Delta x = 2m_2g.$$

Именно эта сила будет равна силе натяжения нити, приложенной к первому грузу:

$$\begin{aligned}\mu m_1 g &= 2m_2 g, \\ m_2 &= \frac{\mu m_1}{2}.\end{aligned}$$

5. Чему равна масса m_1 груза, который необходимо подвесить к подвижному блоку, чтобы система блоков находилась в равновесии? Масса второго груза $m_2 = 1000$ г. Ответ дать в граммах.



Раздел: Механика

Уровень сложности: 1

Ответ: 500 г

Решение:

Так как система находится в равновесии, а первый груз закреплён на подвижном блоке, то:

$$2m_1 = m_2,$$

откуда следует, что масса первого груза составляет 500 г.

6. Какую работу нужно совершить, чтобы переместить тело массой 2 кг на 25 м вверх по наклонной плоскости, если угол наклона плоскости 30 градусов? Ответ дать в джоулях.

Раздел: Механика

Уровень сложности: 1

Ответ: 250 Дж

Решение:

Значение работы будет равно изменению потенциальной энергии тела при подъёме на высоту h :

$$h = l \cdot \sin\alpha,$$
$$A = mgh = mgl \cdot \sin\alpha = 250 \text{ Дж}$$

7. В калориметр, содержащий $m_B = 330$ г воды при $t_B = 7^\circ\text{C}$, влили расплавленное олово при температуре затвердевания (232°C), после чего в калориметре, теплоемкость которого $C = 100$ Дж/К, установилась температура $t = 32^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость олова $c_0 = 0,23 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \cdot \text{К}$, удельная теплота плавления олова $6,1 \cdot 10^4$ Дж/кг. Какова масса олова? Ответ выразите в килограммах, округлив до десятых.

Раздел: Термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: 0,3 кг

Решение:

Количество теплоты, полученное водой и калориметром, будет равно количеству теплоты, отданному оловом в процессе затвердевания и охлаждения:

$$m_B c_B (t - t_B) + C(t - t_B) = \lambda_0 m_0 + c_0 m_0 (t_0 - t)$$
$$m_0 = \frac{m_B c_B (t - t_B) + C(t - t_B)}{\lambda_0 + c_0 (t_0 - t)} = 0,3 \text{ кг}$$

8. Как изменится температура стальных тормозных колодок автомобиля в ходе торможения с 60 км/ч до полной остановки? Масса автомобиля 1.5 т, масса одной колодки 1 кг, удельная теплоёмкость стали $c_{ст} = 500$ Дж/кг \cdot °C. Ответ дать в градусах Цельсия.

а) 67

б) 216

в) 104

г) 143

Раздел: Термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: в

Решение:

В ходе торможения до полной остановки вся кинетическая энергия автомобиля перейдет в тепловую энергию колодок. Учитывая, что в

конструкции автомобилей с массой 1,5 т используется 4 тормозные колодки, запишем:

$$Q = E_k$$
$$4cm\Delta t = \frac{Mv^2}{2}$$
$$\Delta t = \frac{Mv^2}{8cm} = 104 \text{ }^\circ\text{C}.$$

9. Каким коэффициентом полезного действия НЕ может обладать тепловой двигатель с температурой нагревателя $t_1 = 800 \text{ К}$ и температурой холодильника $t_2 = 200 \text{ К}$.

а) 65%

б) 70%

в) 75%

г) 80%

Раздел: Термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: г

Решение:

Воспользуемся формулой для расчёта КПД идеального теплового двигателя с заданными параметрами:

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} = 75\%.$$

Это означает, что КПД данного в задаче теплового двигателя не может превысить КПД идеального двигателя 75%, значит правильный ответ (г) – 80%.

10. Грузовой автомобиль ЗИЛ с двигателем мощностью 136 лошадиных сил перевозит груз на расстояние 10 км со скоростью 30 км/ч. Какую работу совершил двигатель грузовика? 1 лошадиная сила = 735.5 Вт. Ответ дать в мегаджоулях.

а) 90

б) 120

в) 150

г) 180

Раздел: Механика

Уровень сложности: 2

Ответ: б

Решение:

Работа, совершаемая двигателем грузовика, рассчитывается по формуле:

$$A = N \cdot t = \frac{Ns}{v} = 120 \text{ Мдж}.$$

11. Рассчитайте напряжённость электрического поля в центре равностороннего треугольника со стороной $a = 3$ см, в двух вершинах которого расположены заряды $q_1 = 10$ нКл, а в третьей $q_2 = -10$ нКл. Ответ дать в кВ/м.

Раздел: Электричество

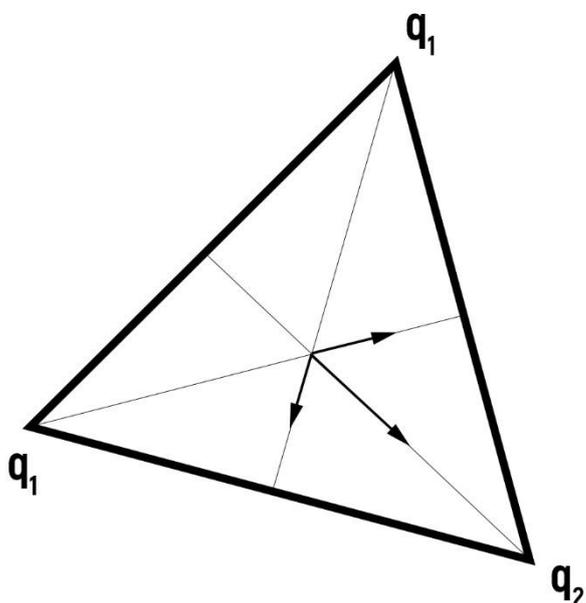
Уровень сложности: 1

Ответ: 300 кВ/м

Решение:

Возможное решение:

Напряжённость электрического поля будет складываться из трёх компонент, направленных следующим образом:



Суммарная напряжённость электрического поля:

$$E = 2E_1 \cos 60^\circ + E_2 = k \left(\frac{q_1}{r^2} + \frac{q_2}{r^2} \right) = 300 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}, \text{ где } r = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

12. Спираль нагревателя из нихромовой проволоки поперечным сечением 1 мм^2 нагревает 2 литра воды от 0°C до кипения за 5 минут. Определите длину спирали, если удельное сопротивление нихрома $1,1 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, напряжение сети 200 В , удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж}/\text{кг}\cdot^\circ\text{C}$.

а) 13 м

б) 19 м

в) 9 м

г) 24 м

Раздел: Электричество, термодинамика

Уровень сложности: 2

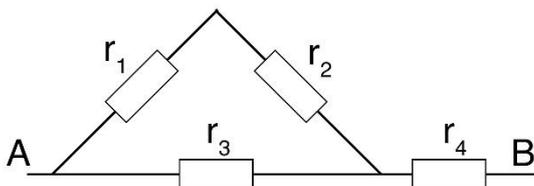
Ответ: а

Решение:

Количество теплоты, полученное водой, будет равно произведению мощности, рассеиваемой на спирали нагревателя, на время нагрева. Тогда:

$$\begin{aligned} N\tau &= cm\Delta t \\ \frac{U^2}{R}\tau &= c_B V_B \rho_B \Delta t \\ \frac{U^2}{\frac{\rho_H l}{S}}\tau &= c_B V_B \rho_B \Delta t \\ l &= \frac{U^2 S \tau}{\rho_H c_B V_B \rho_B \Delta t} = 13 \text{ м} \end{aligned}$$

13. Рассчитайте эквивалентное сопротивление электрической цепи, если $r_1 = 2 \text{ Ом}$, $r_2 = 2 \text{ Ом}$, $r_3 = 4 \text{ Ом}$, $r_4 = 3 \text{ Ом}$. Ответ дать в омах.



Раздел: Электричество

Уровень сложности: 1

Ответ: а

Решение:

Найдём эквивалентное сопротивление цепи, учитывая, что r_1 и r_2 соединены последовательно, сопротивления (r_1+r_2) и r_3 соединены параллельно, а сопротивление r_4 соединено с ними последовательно:

$$R_{\text{общ}} = r_4 + \frac{(r_1 + r_2)r_3}{r_1 + r_2 + r_3} = 5 \text{ Ом}$$

14. Определите сопротивление 60-ваттной лампочки, рассчитанной на работу в сети постоянного напряжения 220 В.

а) 800 Ом

б) 150 Ом

в) 500 Ом

г) 370 Ом

Раздел: Электричество

Уровень сложности: 1

Ответ: а

Решение:

Воспользуемся формулой для расчёта мощности, рассеиваемой на сопротивлении, для нахождения сопротивления лампочки:

$$P = \frac{U^2}{R},$$
$$R = \frac{U^2}{P} = 807 \text{ Ом}$$

15. Какое количество теплоты выделится на резисторе с сопротивлением 10 Ом, которым замкнули обкладки конденсатора с ёмкостью 20 нФ и зарядом 4 мкКл?

а) 1 Дж

б) 0,1 Дж

в) 0,1 мДж

г) 0,1 мкДж

Раздел: Электричество

Уровень сложности: 2

Ответ: в

Решение:

Выделившееся на резисторе количество теплоты будет равно энергии зарядки конденсатора:

$$Q = \frac{q^2}{2C} \approx 0,1 \text{ мДж}$$

16. Два плоских прямоугольных зеркала образуют двугранный угол 45° . На расстоянии l от линии их соприкосновения и на равном расстоянии от каждого из зеркал находится точечный источник света. Определите количество изображений источника света в зеркалах.

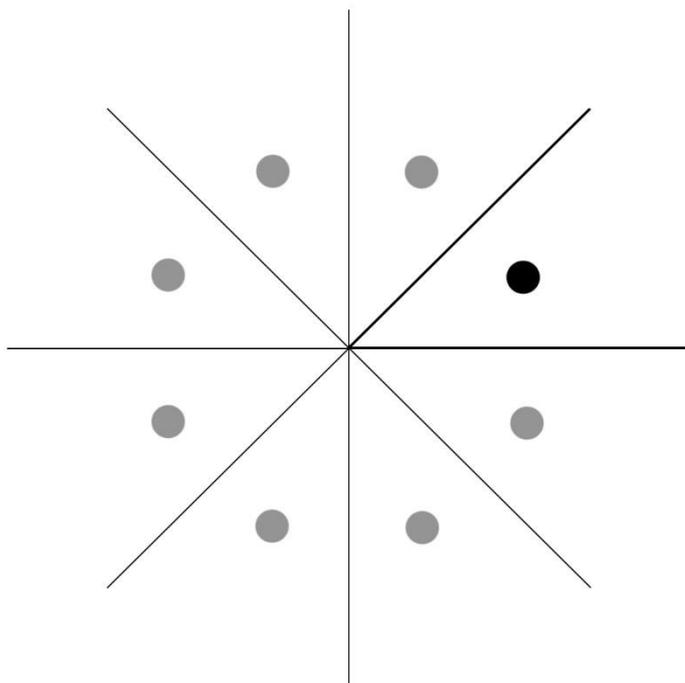
Раздел: Оптика

Уровень сложности: 1

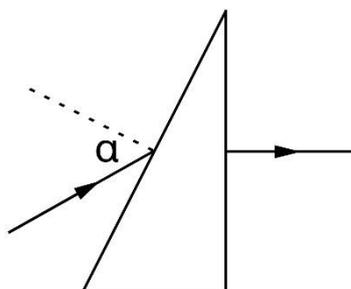
Ответ: 7

Решение:

На рисунке чёрным цветом изображён точечный источник света, серым цветом изображены все наблюдаемые изображения с учётом переотражений.



17. Под каким углом α должен упасть на стеклянную прямоугольную призму луч, чтобы выйти из неё в направлении, параллельном горизонту? Угол призмы 30° , показатель преломления стекла $n = 1,5$.



Раздел: Оптика

Уровень сложности: 2

Ответ: 49°

Решение:

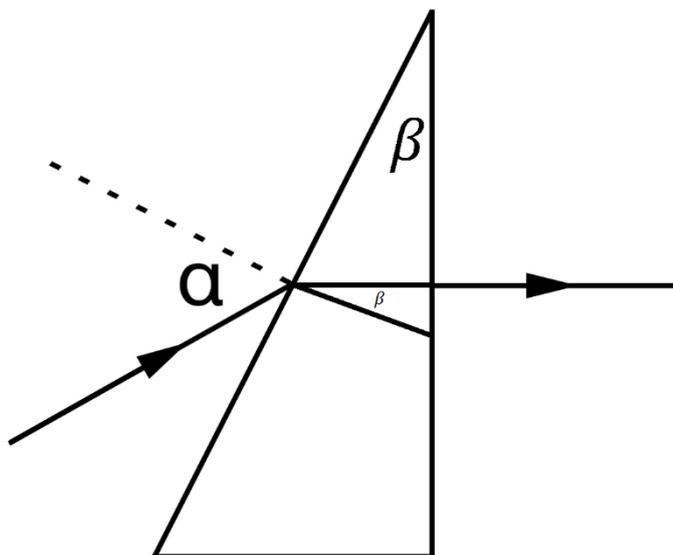
Возможное решение:

Так как луч после призмы вышел параллельно горизонту, то и внутри призмы он двигался параллельно горизонту. Тогда угол преломления будет равен углу стеклянной призмы:

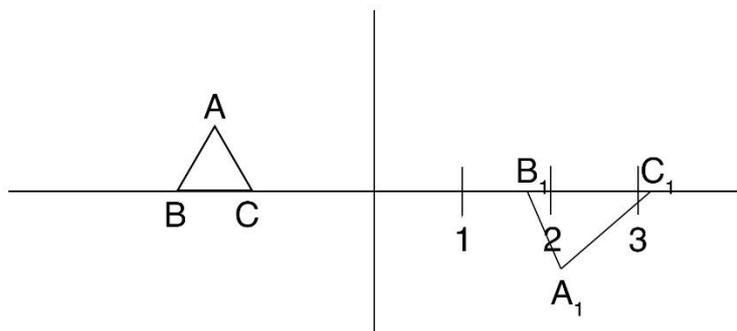
$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{ст}$$

$$\sin\alpha = n_{\text{ст}} \cdot \sin\beta = 0,75$$

$$\alpha = 49^\circ$$



18. Пользуясь рисунком, определите фокусное расстояние неизвестной линзы (1, 2 или 3).



а) 1

б) 2

в) 3

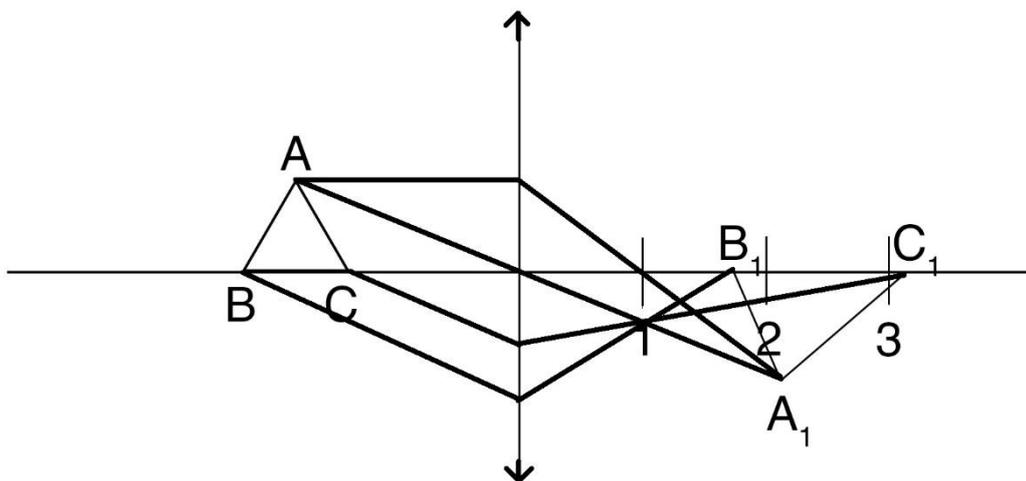
Раздел: Оптика

Уровень сложности: 1

Ответ: а

Решение:

Построение изображения $A_1B_1C_1$ возможно только когда линза собирающая, а фокус находится на отметке 1.



19. Оцените расход топлива (в литрах) для автомобиля, разгоняющегося от 0 до своей максимальной скорости 100 км/ч за 12 секунд, на дистанции 100 км. Удельная теплота сгорания бензина $q = 4,6 \cdot 10^7$ Дж/кг, плотность бензина $\rho = 710$ кг/м³, масса автомобиля 1,2 т.

Подсказка: считайте силу тяги одинаковой и во время разгона автомобиля, и во время его равномерного движения.

а) 10

б) 20

в) 30

г) 40

Раздел: Термодинамика, механика

Уровень сложности: 3

Ответ: в

Решение:

Количество теплоты, выделившееся при сгорании топлива, будет равно работе силы тяги:

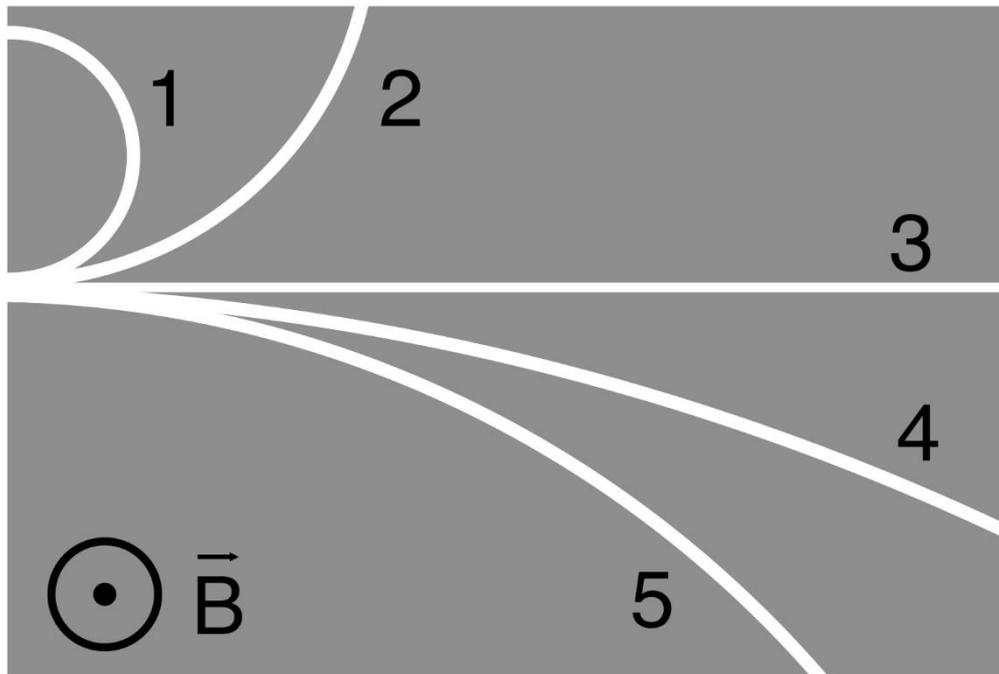
$$qV\rho = F_T s,$$

а силу тяги можно найти по второму закону Ньютона из ускорения и массы автомобиля. Тогда:

$$V = \frac{m \frac{v}{t} s}{q\rho} = 30 \text{ л.}$$

20. Камера Вильсона – детектор заряженных частиц, представляющий собой плоскую закрытую ёмкость с перенасыщенным паром. При прохождении сквозь камеру заряженной частицы (электрон, протон) вдоль её траектории образуются центры конденсации, частицы пара собираются в мелкие капли, и путь частицы в камере («трек») можно наблюдать невооружённым глазом. При приложении магнитного поля, индукция

которого перпендикулярна плоскости камеры, становится возможным определение частицы по её треку. Какой из пяти треков на рисунке соответствует пролёту электрона, если помимо него в камеру влетели протон, альфа-частица (ядро гелия), мюон (частица с зарядом электрона и в 200 раз большей массой) и нейтрон?



а) 1

б) 2

в) 3

г) 4

д) 5

Раздел: Магнетизм

Уровень сложности: 1

Ответ: а

Решение:

Сила Лоренца, действующая на электрон, по правилу левой руки будет направлена вверх относительно прямой траектории 3. Таким образом, искомая траектория – 1 или 2. Из отрицательно заряженных частиц помимо электрона через эмульсию пролетал только мюон, причём из-за гораздо большей массы мюона его траектория будет иметь больший радиус – его пролёту соответствует траектория 2. Таким образом, пролёту электрона соответствует траектория 1.