

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

Учебное пособие для подготовки к олимпиаде

Под редакцией Бурковой Е.Г.

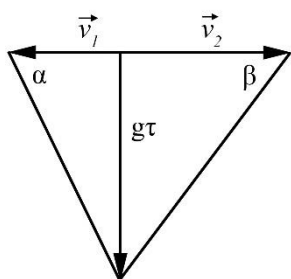
Задания отборочного этапа
10 класс
Вариант 1

1. Два тела одновременно брошены горизонтально с одной точки, находящейся на достаточно большой высоте над поверхностью земли. Начальные скорости тел противоположны, модуль скорости первого тела $v_1 = 60$ м/с, модуль скорости второго тела $v_2 = 80$ м/с. Через какое время после броска скорости тел будут перпендикулярны друг другу? Ответ дать в секундах, округлив до целых.

Раздел: *Механика*

Уровень сложности: 2

Ответ: 7



Возможное решение: Допустим, спустя некоторое время τ скорости двух тел стали перпендикулярно направлены друг другу, примем их равными $v_{1\tau}$ и $v_{2\tau}$. За это время τ изменялась только вертикальная компонента скоростей этих тел (под действием ускорения свободного падения), а горизонтальная составляющая оставалась неизменной. Изменение вертикальной компоненты скорости за время τ будет

одинаковым для обоих тел и составит $g\tau$. Тогда:

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg}\alpha &= \frac{v_1}{g\tau} \\ \operatorname{tg}\beta &= \frac{g\tau}{v_2} \end{aligned}$$

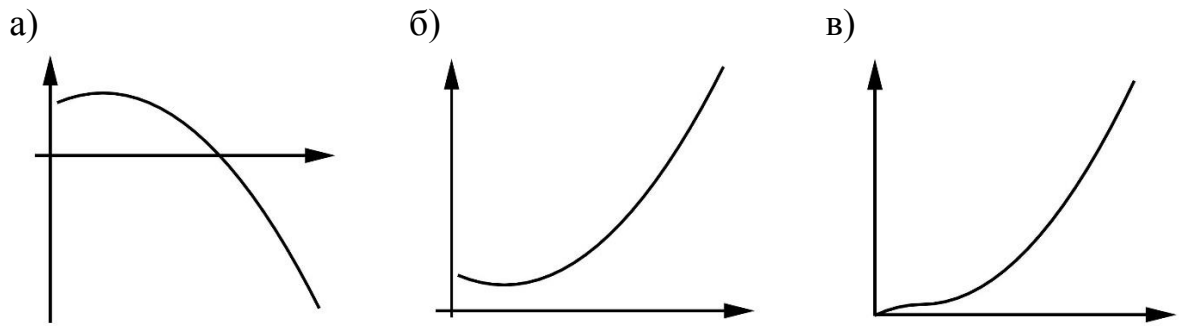
А так как $\alpha + \beta = 90^\circ$, то:

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg}\alpha &= \operatorname{tg}\beta \\ \frac{v_1}{g\tau} &= \frac{g\tau}{v_2}, \end{aligned}$$

откуда

$$\tau = \frac{\sqrt{v_1 v_2}}{g} \approx 7 \text{ с.}$$

2. Какой из представленных графиков не характеризует ни одну из кинематических величин для закона движения $x(t) = 17 + 4t - 5t^2$?



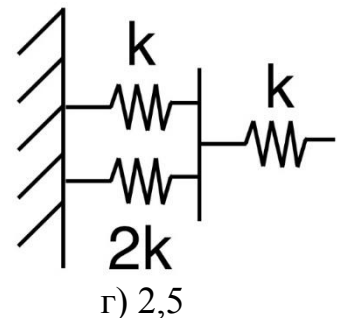
Раздел: Механика

Уровень сложности: 1

Ответ: б

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

3. Каким будет растяжение пружины с жёсткостью $2k$, если к правой пружине приложена сила 100 Н , а коэффициент жёсткости системы пружин $K = 1000\text{ Н/м}$? Ответ дайте в сантиметрах.



а) 10

б) 7,5

в) 5

г) 2,5

Раздел: Механика

Уровень сложности: 1

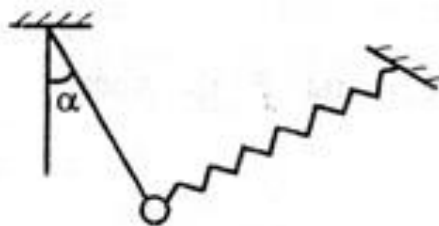
Ответ: г

Возможное решение: Растяжение всей системы пружин по закону Гука будет выражаться как

$$\Delta x = \frac{F}{K},$$

при этом 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). При этом растяжение пружин распределится обратно пропорционально их жёсткости, то есть как 1:3. Таким образом, для $\Delta x = 10\text{ см}$ растяжение левых пружин будет одинаково и равно $2,5\text{ см}$.

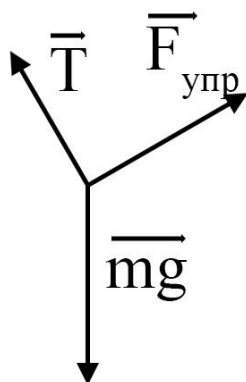
4. Шарик подвешен на нити и пружинке. Определите модуль ускорения шарика сразу после обрыва пружинки, если угол нити с вертикалью 30 градусов, угол нити с пружиной 90 градусов, масса шарика 200 г, а жёсткость пружины 100 Н/м. Пружинка растянута на 1 см относительно недеформированного состояния. Ответ дать в метрах на секунду в квадрате.



- а) 4,4 б) 5 в) 6,9 г) 11,3

Раздел: Механика
Уровень сложности: 2
Ответ: б

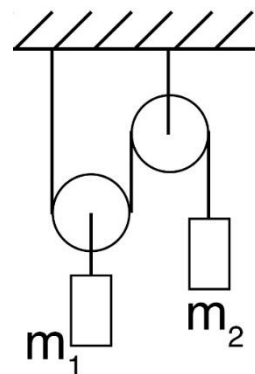
Возможное решение: До момента обрыва пружинки на шарик действуют силы тяжести, натяжения нити и упругости со стороны пружинки. Учитывая, что шарик покоится до обрыва пружинки, действие сил на него скомпенсировано.



В таком случае, обрыв пружинки эквивалентен добавлению силы $\vec{F} = -\vec{F}_{\text{упр}}$, действующей на шарик, а ускорение шарика тогда составит:

$$a = \frac{k\Delta x}{m} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

5. Во сколько раз нужно изменить массу m_1 первого груза, чтобы при помещении второго груза в воду система осталась в равновесии? Масса второго груза $m_2 = 1000$ г, объём $V_2 = 0,5$ л.



Раздел: Механика
Уровень сложности: 1
Ответ: 2

Возможное решение: Так как до помещения второго груза в воду система находится в равновесии, а первый груз закреплён на подвижном блоке, то:

$$2m_1 = m_2$$

После помещения второго груза в воду равнодействующая сил, действующих на второй груз, изменится в n раз:

$$n = \frac{m_2 g}{m_2 g - \rho g V_2} = 2$$

причём во столько же раз следует изменить массу первого груза для сохранения равновесия в системе.

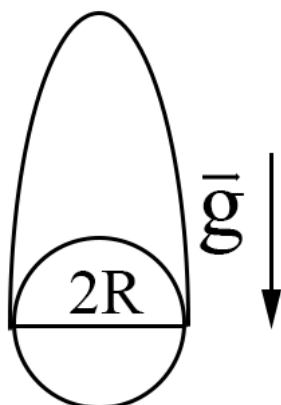
6. Тело брошено с поверхности Луны практически параллельно горизонту так, что оно приземлилось в точке, диаметрально противоположной точке запуска. Считая траекторию движения тела параболой, определите начальную скорость тела, если для его запуска пришлось подняться на возвышенность, чтобы угол броска «под» горизонт составил $4,5^\circ$. Радиус луны 1737 км, ускорение свободного падения считать постоянным и равным $1,6 \text{ м/с}^2$. Ответ выразите в километрах в секунду.

Раздел: Механика

Уровень сложности: 3

Ответ: 6

Возможное решение:



Воспользуемся формулой длины полёта тела, брошенного под углом к горизонту:

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g},$$

где l – диаметр Луны, $\alpha = 90^\circ - 4,5^\circ$. Тогда:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gR_{\text{Луны}}}{\sin 2\alpha}} \approx 6 \text{ км/с}$$

Примечание:

В ходе решения задачи мы использовали допущение «ускорение свободного падения считать постоянным» в том числе и по направлению.

7. Смесь, состоящую из $m_1 = 5$ кг льда и $m_2 = 15$ кг воды при общей температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$, нужно нагреть до температуры $\theta = 60^\circ\text{C}$ пропусканием водяного пара при $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Определить необходимое количество пара $m_{\text{п}}$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 0,33$ МДж/кг. Удельная теплота парообразования воды $r = 2,3$ МДж/кг. Ответ выразить в килограммах, округляя до десятых.

Раздел: Термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: 2,7

Возможное решение: Всё количество теплоты, отданное паром при конденсации и охлаждении, будет отдано на плавление льда и нагрев воды:

$$r m_{\text{п}} + m_{\text{п}} c_{\text{в}} (t_2 - \theta) = \lambda m_1 + (m_1 + m_2) c_{\text{в}} (\theta - t_1)$$

Отсюда выразим массу пара:

$$m_{\text{п}} = \frac{\lambda m_1 + (m_1 + m_2) c_{\text{в}} (\theta - t_1)}{r + c_{\text{в}} (t_2 - \theta)} = 2,7 \text{ кг.}$$

8. В колбе находится вода при $t=0^\circ\text{C}$. Выкачивая из колбы воздух, заморозили всю воду посредством собственного испарения. Какая часть воды η при этом испарилась, если притока тепла извне не было? Удельная теплота испарения при $t = 0^\circ\text{C}$ $r = 2,5$ МДж/кг, теплота плавления льда $\lambda = 0,33$ МДж/кг. Ответ выразить в процентах, округляя до целых.

а) 4

б) 12

в) 20

г) 16

Раздел: Термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: б

Возможное решение: Всё количество теплоты, забранное испаряющейся водой массы $m_{\text{исп}}$, уходит на замерзание оставшейся массы воды $m_{\text{зам}}$:

$$r m_{\text{исп}} = \lambda m_{\text{зам}},$$

Тогда часть воды η выразится как:

$$\eta = \frac{m_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}} + m_{\text{зам}}} = \frac{1}{\frac{m_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}} + m_{\text{зам}}}} = \frac{1}{1 + \frac{m_{\text{исп}}}{m_{\text{зам}}}} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{r}} = 0,12 = 12\%$$

9. Спираль нагревателя из нихромовой проволоки поперечным сечением 1 мм^2 нагревает 2 литра воды от 0°C до кипения за 5 минут с КПД 65%. 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) 20 м

б) 15 м

в) 10 м

г) 25 м

Раздел: Электричество, термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: а

Возможное решение: По определению, КПД равен (с учётом выражения для работы электрического тока и выражения для сопротивления проводника):

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{m_{\text{в}} c_{\text{в}} \Delta t}{\frac{U^2}{R} t} = \frac{m_{\text{в}} c_{\text{в}} \Delta t}{\frac{U^2}{l} \tau} = \frac{m_{\text{в}} c_{\text{в}} \Delta t \rho l}{U^2 S \tau},$$

откуда длина проводника выражается как:

$$l = \frac{\eta U^2 S \tau}{m_{\text{в}} c_{\text{в}} \Delta t \rho} = 20 \text{ м.}$$

10. Мопед имеет двигатель мощностью 5 лошадиных сил и КПД 10%. Сколько литров бензина израсходовал мопед при перемещении на расстояние 10 км со скоростью 30 км/ч? 1 лошадиная сила = 735.5 Вт, плотность бензина 730 кг/м³, удельная теплота сгорания бензина 10⁷ Дж/кг. Ответ дать в литрах, округляя до целых.

а) 4

б) 6

в) 8

г) 10

Раздел: Механика, термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: б

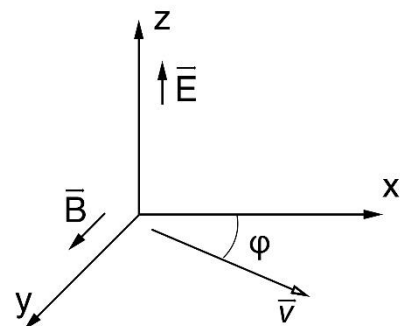
Возможное решение: Мопед совершал полезную работу в течение времени своего движения $t = S/u$. По определению, КПД равен:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{Pt}{qm} = \frac{PS}{q\rho Vu}$$

Тогда затраченное количество бензина будет выражаться как:

$$V = \frac{PS}{q\rho\eta u} = 0,006 \text{ м}^3 = 6 \text{ л.}$$

11. Электрон движется прямолинейно в горизонтальной плоскости во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. Чему равна скорость электрона, если угол между направлением его скорости и осью x составляет 60°, индукция магнитного поля равна 10⁻⁶ Тл, а напряжённость электрического поля составляет 2·10⁻⁴ В/м? Ответ выразить в метрах в секунду.



Раздел: Магнитные явления

Уровень сложности: 1

Ответ: 400

Возможное решение: Прямолинейное движение электрона говорит о том, что электрическая и магнитная составляющие силы Лоренца, которая на него действует, уравновешены. При этом угол между скоростью электрона и вектором магнитной индукции равен $\alpha = 90^\circ - \varphi$. Тогда:

$$qE = Bqv\sin\alpha$$

$$v = \frac{E}{B\sin\alpha} = \frac{E}{B\cos\varphi} = 400 \text{ м/с}$$

12. За какое время 500 граммов снега при температуре -10°C превратятся в кипящую воду, если нагрев происходит на электроплитке с КПД 50% и мощностью 500 Вт? Удельная теплоёмкость льда $2100 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$, удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $3,4\cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$. Ответ дать в минутах.

а) 14

б) 26

в) 19

г) 32

Раздел: Термодинамика

Уровень сложности: 2

Ответ: б

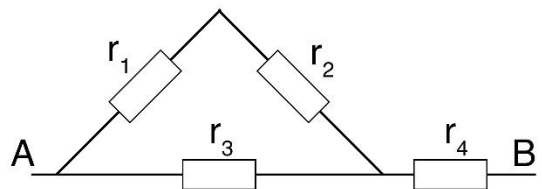
Возможное решение: Полезная работа, совершённая плиткой, будет состоять из нагрева снега, плавления снега и нагрева воды до температуры кипения. Тогда КПД по определению:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}1} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{нагр}2}}{Pt} = \frac{m_{\text{л}}c_{\text{л}}\Delta t_1 + \lambda_{\text{л}}m_{\text{л}} + m_{\text{л}}c_{\text{в}}\Delta t_2}{Pt}$$

Тогда затраченное время:

$$t = \frac{m_{\text{л}}c_{\text{л}}\Delta t_1 + \lambda_{\text{л}}m_{\text{л}} + m_{\text{л}}c_{\text{в}}\Delta t_2}{P\eta} = 1562 \text{ с} = 26 \text{ мин}$$

13. Рассчитайте тепловую мощность, выделяющуюся на резисторе r_4 , если $r_1 = 20 \text{ Ом}$, $r_2 = 20 \text{ Ом}$, $r_3 = 40 \text{ Ом}$, $r_4 = 30 \text{ Ом}$, а разность потенциалов между точками А и В равна 200 В. Ответ дать в ваттах.



Раздел: Электричество

Уровень сложности: 1

Ответ: 480

Возможное 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:

$$R_{\text{общ}} = r_4 + \frac{(r_1 + r_2)r_3}{r_1 + r_2 + r_3} = 50 \text{ Ом}$$

Тогда тепловая мощность, выделяемая на резисторе r_4 , будет равна:

$$P = I^2 r_4 = \left(\frac{U}{R_{\text{общ}}} \right)^2 r_4 = 480 \text{ Вт}$$

14. Каким сопротивлением будет обладать лампочка с вольфрамовой нитью при разогреве до $2400 \text{ }^\circ\text{C}$, если при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$ её сопротивление равно 30 Ом ? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама $0,0045 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Ответ дать в омах и округлить до десятков.

а) 320

б) 250

в) 640

г) 290

Раздел: Электричество

Уровень сложности: 1

Ответ: а

Возможное решение: Зависимость удельного сопротивления проводника от температуры выражается формулой:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

где ρ_0 – удельное сопротивление проводника при $0 \text{ }^\circ\text{C}$, α – температурный коэффициент сопротивления, t – температура в градусах Цельсия. Так как длина и поперечное сечение спирали лампочки не меняются при нагреве, можно записать следующее выражение для сопротивления лампочки при $25 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$$

Тогда сопротивление лампочки при нуле градусов Цельсия:

$$R_0 = \frac{R_1}{(1 + \alpha t_1)}$$

Тогда сопротивление лампочки при $2400 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$R_2 = \frac{R_1(1 + \alpha t_2)}{(1 + \alpha t_1)} \approx 320 \text{ Ом}$$

15. Три конденсатора с ёмкостями $C_1 = 10 \text{ нФ}$, $C_2 = 20 \text{ нФ}$ и $C_3 = 30 \text{ нФ}$ зарядили от сети 200 В , после чего отсоединили от сети и соединили последовательно. Чему будет равен заряд на левой обкладке первого конденсатора? Ответ выразите в микрокулонах с точностью до десятой.

Раздел: Электричество

Уровень сложности: 1

Ответ: 1,2

Возможное решение: Так как конденсаторы не включали в цепь после соединения, то суммарный заряд конденсаторов до соединения равен заряду в получившейся системе конденсаторов.

Накопленные конденсаторами заряды будут равны:

$$q_i = C_i U,$$

где i – номер конденсатора.

Так как конденсаторы соединены последовательно, то заряд на каждой из обкладок трёх конденсаторов будет одинаков по модулю и равен:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = C_1 U + C_2 U + C_3 U = 1,2 \text{ мкКл}$$

16. Ветровое стекло движущегося автомобиля наклонено под углом $\alpha = 40^\circ$ к горизонту. На каком расстоянии от автомобиля должен находиться пешеход, чтобы солнечный блик его ослепил? Направление солнечных лучей составляет угол 60° с направлением горизонта, высота пешехода 2 м, высота ветрового стекла от земли 1 м. Ответ выразите в метрах, округлив до десятых.

Раздел: Оптика

Уровень сложности: 2

Ответ: 1,2

Возможное решение: Для определения расстояния нам требуется найти угол φ , под которым лучи направлены к горизонту после отражения от ветрового стекла. Найдём угол падения солнечных лучей на ветровое стекло γ :

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta = 10^\circ,$$

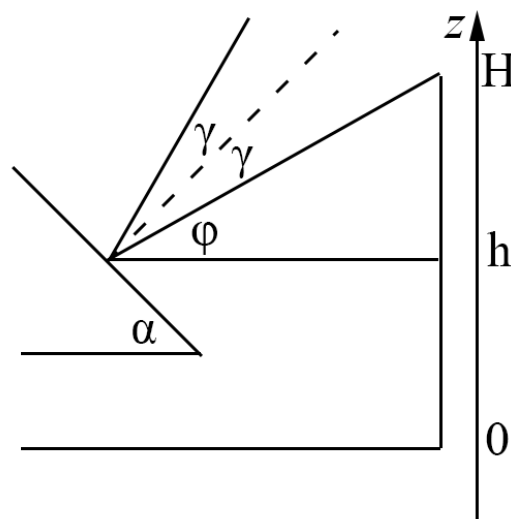
где β – угол между солнечными лучами и горизонтом.

Тогда угол φ равен:

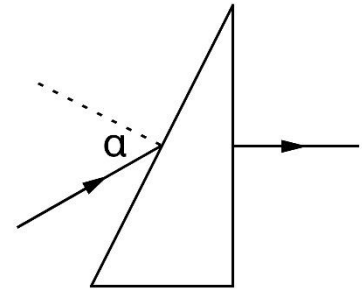
$$\varphi = 90^\circ - \gamma - \alpha = 40^\circ$$

Расстояние от пешехода до ветрового стекла будет равно:

$$l = \frac{H - h}{\text{tg}40^\circ} = 1,2 \text{ м}$$



17. Каков угол стеклянной прямоугольной призмы, если луч, падающий на неё под углом $\alpha = 49^\circ$, выходит из призмы в направлении, параллельном горизонту? Показатель преломления стекла $n = 1,5$.



Раздел: Оптика

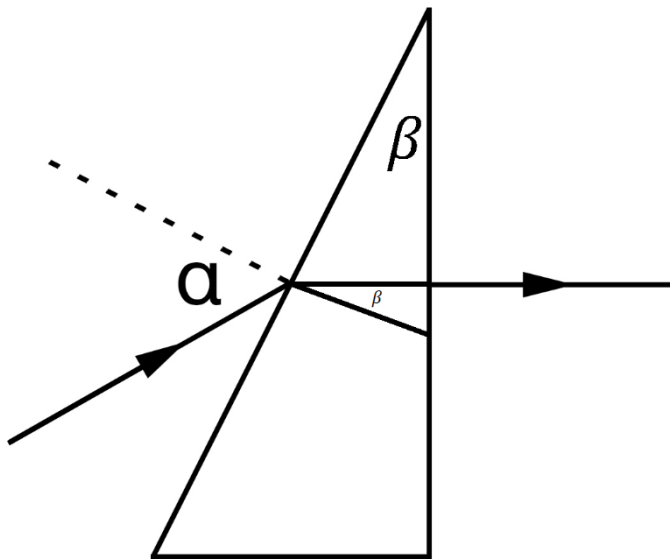
Уровень сложности: 1

Ответ: 30°

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:

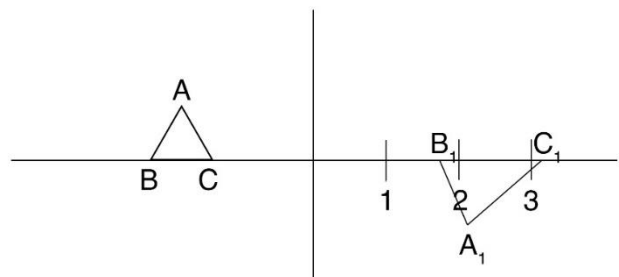
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{ст}$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_{ст}} = 0,5$$



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

- а) собирающая, 1
- б) собирающая, 2
- в) собирающая, 3
- г) рассеивающая, 1
- д) рассеивающая, 2
- е) рассеивающая, 3

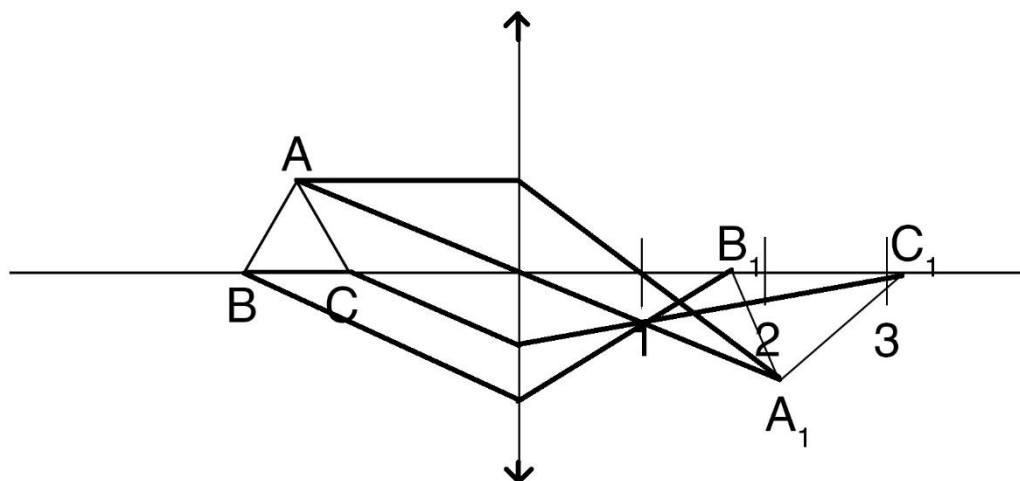


Раздел: Оптика

Уровень сложности: 1

Ответ: а

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



19. Спутник на геостационарной орбите имеет ускорение $0,22 \text{ м/с}^2$. Чему равна его угловая скорость, если высота геостационарной орбиты над уровнем моря $36\,000 \text{ км}$, а радиус земли 6400 км ?

- а) $6,9 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ б) $2,3 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ в) $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ г) $4,8 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$

Раздел: Механика

Уровень сложности: 1

Ответ: а

Возможное решение: Нормальное ускорение спутника и его угловая скорость связаны следующим соотношением:

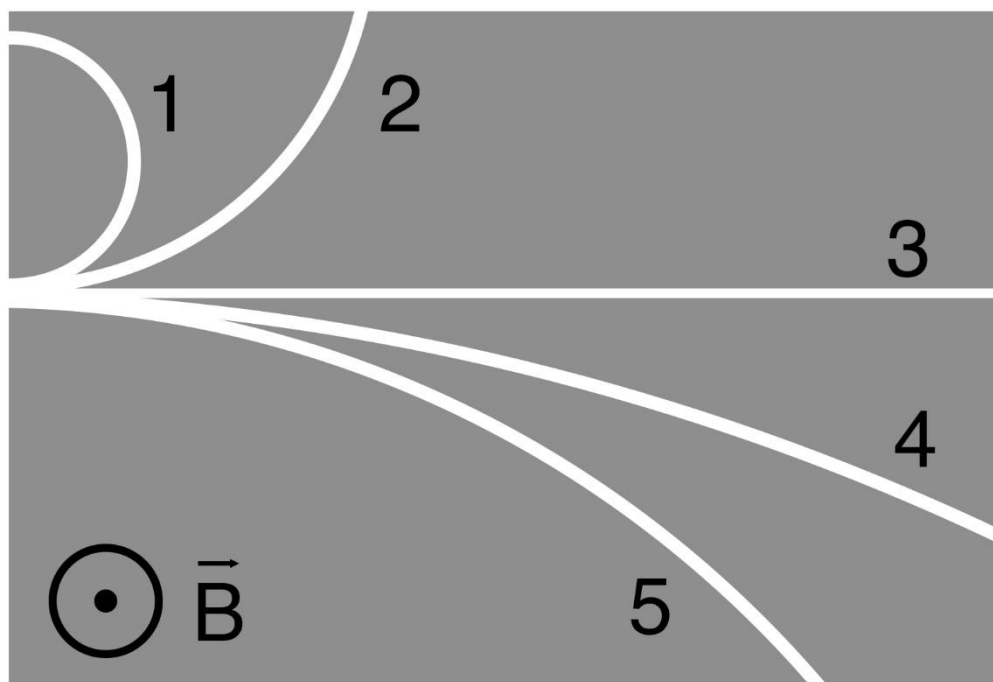
$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \omega^2 R,$$

где R – радиус окружности, по которой он движется (то есть $R = R_{\text{земли}} + H_{\text{орбиты}}$). Тогда:

$$\omega = \sqrt{\frac{a_n}{R_{\text{земли}} + H_{\text{орбиты}}}} \approx 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$$

20. До появления современных детекторов для регистрации частиц использовали пластинку, покрытую толстым слоем фотоэмульсии. Проходящая через эмульсию частица «засвечивала» фотоэмульсию, как при

экспонировании фотографии. После проявления такой пластинки становятся различимыми траектории частиц, а при наличии магнитного поля становится возможным их различение. Какой из пяти траекторий на рисунке соответствует пролёт электрона, если помимо него на плёнку попали альфа-частица (ядро гелия), протон, нейтрон и мюон (частица с зарядом электрона и в 200 раз большей массой)?



а) 1

б) 2

в) 3

г) 4

д) 5

Раздел: Магнитные явления

Уровень сложности: 1

Ответ: а

Возможное 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.