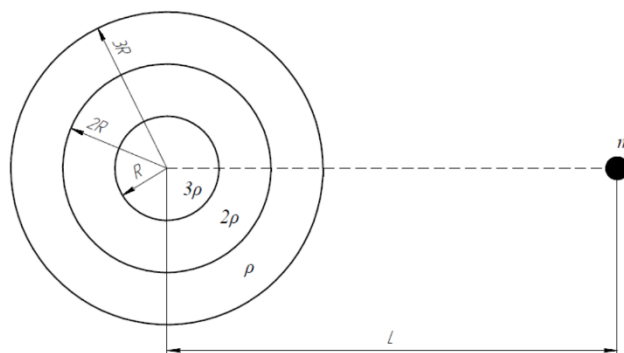




Вариант 1

1. (4 балла) Система состоит из двух тел. Первое тело представляет из себя три концентрические сферы радиусами R , $2R$, $3R$, пространство между сферами заполнено веществом различной плотности 3ρ , 2ρ , ρ , соответственно. Второе тело представляет из себя однородный шар малого радиуса и массой m . Расстояние между центрами тел много больше размеров самих тел и равно L . Найдите силу, с которой второе тело притягивается к первому.



Решение:

$$F = G \frac{m}{L^2} (M_1 + M_2 + M_3)$$
$$\begin{cases} M_1 = \frac{4}{3} \pi (R)^3 \rho \\ M_2 = \frac{4}{3} \pi (2R)^3 \rho \\ M_3 = \frac{4}{3} \pi (3R)^3 \rho \end{cases}$$

Ответ:

$$F = G \frac{48m\pi(R)^3\rho}{L^2}$$

Критерии:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
- 2) Записан закон всемирного тяготения – 1 балл
- 3) Записан закон всемирного тяготения и найдены массы «шаров» – 2 балл
- 4) Получен верный ответ, но неправильно применен закон всемирного тяготения – 3 балла
- 5) Решение полностью верно - 4 балла

2. (8 баллов) Для электрической цепи, представленной на рис. 2 определить показания амперметра (считать идеальным) при замкнутом и разомкнутом ключе, если $E=240\text{ В}$, $R=30\text{ Ом}$. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

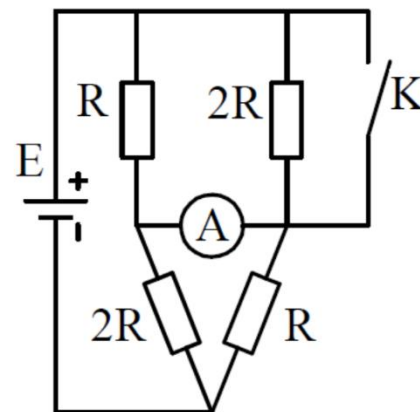
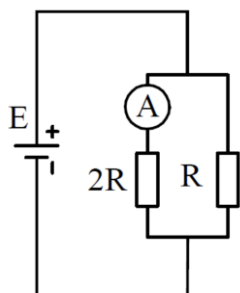


Рис. 1

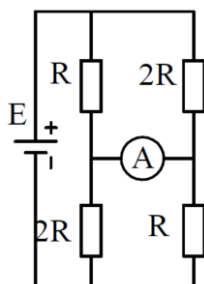
Решение:

- 1) Ключ замкнут



$$I = \frac{E}{2R} = \frac{240}{60} = 4\text{ А}$$

- 2) Ключ разомкнут



$R_{\text{экв}} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} + \frac{2R \cdot R}{2R + R}$, так как сопротивление последовательно подключенных пар элементов одинаково, напряжение между ними распределится поровну, таким образом напряжение на каждом из элементов будет $\frac{E}{2} = 120\text{ В}$, а амперметр покажет сумму токов, проходящих через R и $2R$, $I = \frac{120}{R} + \frac{120}{2R} = \frac{120}{30} + \frac{120}{2 \cdot 30} = 4 + 2 = 6\text{ А}$

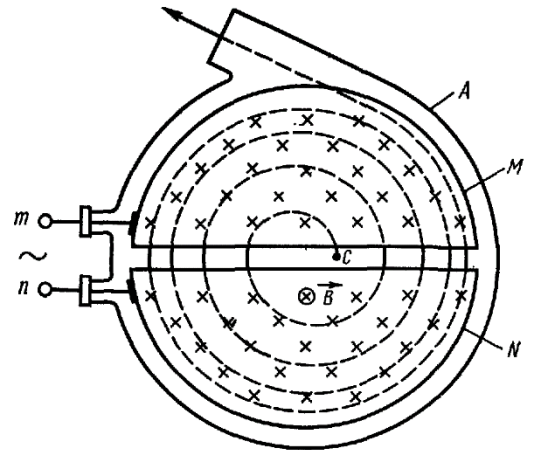
Ответ: 4 А и 6 А.

Критерии решения:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
- 2) Записаны законы Ома для полной цепи в двух случаях – 2 балла

- 3) Записаны законы Ома для полной цепи в двух случаях, верно построены эквивалентные схемы и найдены эквивалентные сопротивления – 4 балла
- 4) Решение верно, но имеется вычислительная ошибка – 6 баллов
Решение полностью верно – 8 баллов

3. (10 баллов) На рисунке показана схема простейшего резонансного циклического ускорителя – циклотрона. Ускоряющее переменное электрическое поле E создается в зазоре между двумя половинами металлической цилиндрической коробки MN, называемые дуантами (радиус дуантов R). Дуанты помещены в эвакуированную плоскую камеру, находящуюся



между полюсами сильного электромагнита, магнитная индукция поля которого направлена перпендикулярно плоскости чертежа и равна B . Переменное электрическое поле между дуантами создается электрическим генератором, полюсы которого присоединяются к электродам m и n . Ускорение частицы происходит в зазоре между дуантами циклотрона всякий раз, когда частица, вновь попадает в зазор. Величина зазора d . Для выполнения условия синхронизма: период колебаний электрического поля совпадает с периодом обращения частиц в магнитном поле.

Найдите количество оборотов, сделанных частицей до вылета, при условии, что удельный заряд частиц равен q/m , а начальная скорость v_0 .

Решение:

- $qv_i B = m \frac{v_i^2}{R_i}$ по второму закону Ньютона, где i – порядковый номер влета в зазор.
- $\frac{mv_0^2}{2} + Eq di = \frac{mv_i^2}{2}$ по ЗСЭ для i – го попадания в зазор.
- Получим, $R_i = \frac{m}{qB} \sqrt{v_0^2 + i \frac{2qEd}{m}} = R$
- $i = \left(\left(\frac{Rq}{m} B \right)^2 - v_0^2 \right) \frac{m}{2qEd} \approx \frac{n}{2}$
- Следовательно, количество оборотов: $n = \left(\left(\frac{Rq}{m} B \right)^2 - v_0^2 \right) \frac{m}{qEd}$

Критерии решения:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
 - 2) Записаны: второй закон Ньютона и закон сохранения энергии - 3 балла
 - 3) Записаны все законы и выражен радиус i – го оборота в циклотроне - 5 баллов
 - 4) Представлены все необходимые законы и выражения, но имеется вычислительная ошибка - 8 баллов
 - 5) Полностью верное решение - 10 баллов
4. (12 баллов) Прямоугольному параллелепипеду с размерами по горизонтали 30х30см и высотой 2 см с массой $m_1=4$ кг, находящемуся на горизонтальной шероховатой поверхности (коэффициент трения $\mu=0,2$) сообщили скорость $v=20$ м/с. Когда скорость тела оказалась равной $v_1=12$ м/с, об его верхнюю поверхность ударился гладкий шар массы $m_2=2$ кг, вертикально упавший с высоты равной $h=5$ м с начальной скоростью равной 0, и абсолютно упруго отскочил от тела. Найти путь тела при движении от сообщения начальной скорости до остановки.

Решение:

Рассчитаем общий путь тела как сумму пути до удара шарика и после него (в предположении, что тело не остановилось в малый промежуток времени, когда от него отскакивал шарик). До удара $s=(V_1^2-V^2)/2/a$, где $a=-g*\mu=-10*0,2=-2$ м/с². $s=(144-400)/(-4)=64$ м. При свободном падении с высоты $h=5$ м шарик приобретет скорость $V_2=(2gh)^{(1/2)}=10$ м/с. При абсолютно упругом ударе о тело (см. рис. 1) направление скорости шарика изменится на противоположное, а ее модуль сохранится, тогда импульс шарика изменится на $\Delta P_2=2*m*V_2=2*2*10=40$, это изменение сообщит дополнительный вклад в силу реакции опоры N , $N*t=\Delta P_2=2*m*V_2$. N связана с силой трения так: $F=N*\mu$. Сила трения передаст телу импульс $F*t=N*t*\mu=\Delta P_1=\mu*2*m*V_2=0,2*2*2*10=8$ из-за этого скорость тела уменьшится на 2 м/с и станет равной 10 м/с (t - время соударения тела и шарика). Скорость оказалась положительному числу, значит шарик не остановится в момент удара. После удара тормозной путь до остановки окажется равным $s=(0^2-10^2)/2/a$, где $a=-g*\mu=-10*0,2=-2$ м/с². $s=(0-100)/(-4)=25$ м. Общий путь равен $64+25=89$ м.

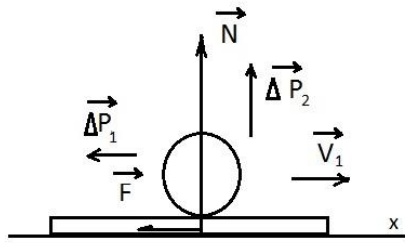
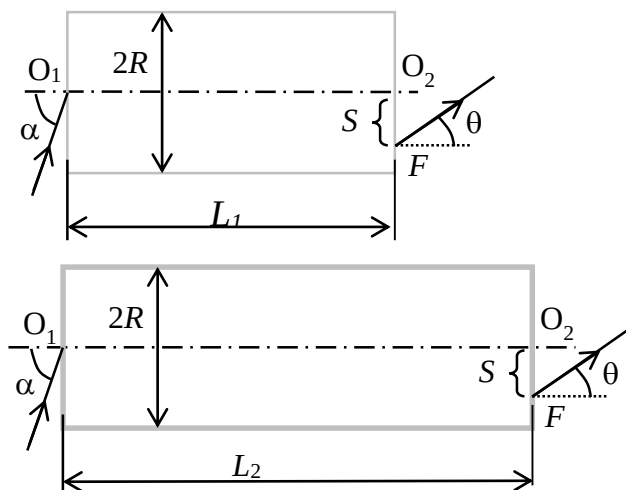


рис. 1.

Ошибочное решение не учитывает потерю скорости с 12 до 10 в момент удара, тогда $s = (0^2 - V^2)/2/a$, где $a = -g \cdot \mu = -10 \cdot 0,2 = -2 \text{ м/с}^2$.
 $s = (0 - 400)/(-4) = 100 \text{ м}$.

Критерии решения:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
- 2) Предоставление ошибочное решение без учёта удара ($S = 100 \text{ м}$) - 3 балла
- 3) Найдена скорость параллелепипеда после удара - 6 баллов
- 4) Решение верное, включает все необходимые законы, но конечное выражение ошибочно - 9 баллов
- 5) Решение полностью верное 12 баллов

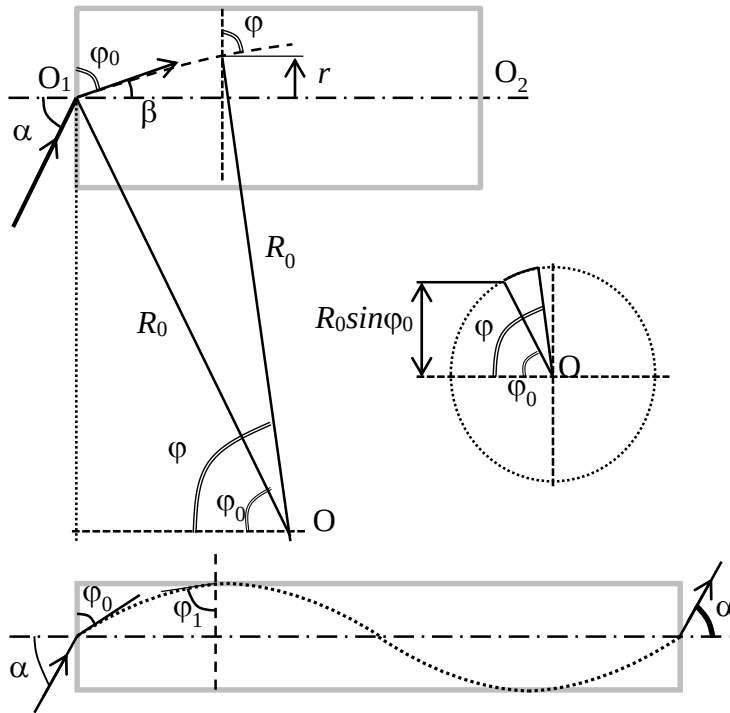


5. (16 баллов) Два горизонтальных прямых цилиндра одинакового радиуса R , но разной длины, изготовлены из одного оптически прозрачного материала. Показатель преломления материала цилиндров зависит от расстояния r до их осей: $n = \frac{C}{A + Br}$. Точки O_1 и O_2 обозначают пересечения оси каждого цилиндра с их торцами (как на рисунке). Тонкий луч

монохроматического света падает по углом α на поверхность каждого из цилиндров в точке O_1 . Эти лучи выходят из правых торцов цилиндров под одинаковыми углами θ в точках F , расположенных на одинаковом расстоянии S от точек O_2 . Найдите минимальную разность длин цилиндров $L_2 - L_1$. Считать, что снаружи цилиндров - вакуум. Принять

$R = 0.005$ м, $\sin \alpha = 0.8$, $C = 2$ м, $A = 1$ м, $B = 15$. Ответ записать в метрах, округлив до тысячных.

Решение



Из-за переменной величины коэффициента преломления внутри цилиндра луч уже не будет отрезком прямой линии. Но луч, прошедший внутрь цилиндра, будет лежать в плоскости, где находятся падающий луч и ось цилиндра. Пусть φ - угол между лучом и плоскостью поперечного сечения внутри цилиндра в точке их пересечения, r

– расстояние от этой точки до оси цилиндра. Если β - угол преломления луча на левом торце, то начальное значение угла φ при $r = 0$ равно $\varphi_0 = 90^\circ - \beta$. Тогда вдоль луча выполняется закон преломления $n_0 \sin \varphi_0 = n \sin \varphi$, т.е. равенство

$$\frac{C}{A} \sin \varphi_0 = \frac{C}{A + Br} \sin \varphi. \text{ Если это равенство переписать в виде } A + Br = \frac{A}{\sin \varphi_0} \sin \varphi, \text{ то}$$

получим соотношение для окружности, радиус которой $R_0 = \frac{A}{\sin \varphi_0}$, Т.е. луч –

это дуга окружности радиусом R_0 . Начальная точка этой дуги задана углом φ_0 . Конечная точка углом определяется φ_1 – углом падения луча на боковую поверхность цилиндра

$$\frac{C}{A} \sin \varphi_0 = \frac{C}{A + BR} \sin \varphi_1. \text{ Луч подходит к границе под}$$

углом, большим, чем предельный угол падения $\varphi_{1\text{пред}}$, при полном внутреннем отражении. Далее, луч отражается от боковой поверхности под углом φ_1 и подходит к оси цилиндра под углом φ_0 . На оси цилиндра эта дуга становится прямой линией (меняется кривизна). В нижней части цилиндра траектория выглядит зеркально. Таким образом, линия луча внутри цилиндра имеет пространственный период, минимальная длина которого равна

$L = 4R_0(\cos \varphi_0 - \cos \varphi_1)$. Если точки выхода лучей через правые торцы расположены одинаково, то расстояние между ними целочисленно кратно L .

Т.к. $\sin \alpha = \frac{C}{A} \cos \varphi_0$, $R_0 = \frac{A}{\sin \varphi_0}$, $\cos \varphi_1 = \sqrt{1 - \left(1 + \frac{BR}{A}\right)^2 \left(1 - \left(\frac{A}{C}\right)^2 \sin^2 \alpha\right)}$, то

$$L = 4 \frac{A}{\sqrt{1 - \left(\frac{A}{C}\right)^2 \sin^2 \alpha}} \left(\frac{A}{C} \sin \alpha - \sqrt{1 - \left(1 + \frac{BR}{A}\right)^2 \left(1 - \left(\frac{A}{C}\right)^2 \sin^2 \alpha\right)} \right)$$

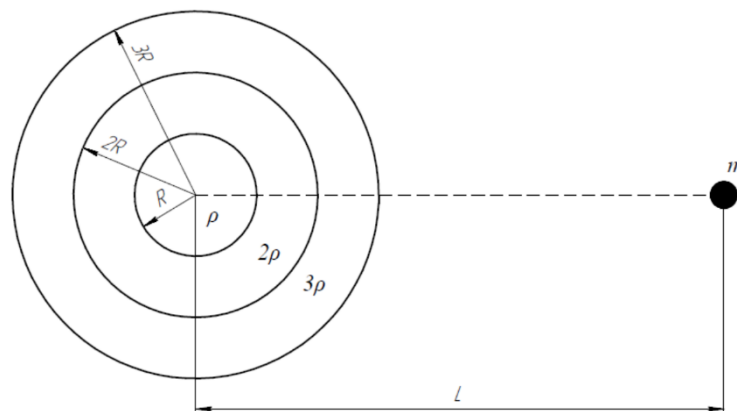
$\sin \alpha$	$\alpha, ^\circ$	n_0	$\sin \varphi_0$	$\varphi_0, ^\circ$	$\cos \varphi_0$	$\sin \varphi_1$	$\varphi_{1\text{пред}}, ^\circ$	$\varphi_1, ^\circ$	$\cos \varphi_1$	$R_0, \text{ м}$	$L, \text{ м}$
0.8	53.1	2	0.92	66.4	0.40	0.99	68.5	80.1	0.17	1.09	1,00

Критерии решения:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
- 2) Записана формула для угла падения и преломления на левом торце. Найден предельный угол преломления на боковой поверхности цилиндра – 4 балла
- 3) Показано, что луч – это дуга окружности. Найден радиус окружности. Показано, что на боковой поверхности цилиндра луч испытывает полное внутреннее отражение – 8 баллов
- 4) Описана полностью траектория луча. Определена длина пространственного периода. Показано, что разность длин цилиндров определяется через длину периода – 12 баллов
- 5) Задача решена полностью с указанием верного ответа – 16 баллов.

Вариант 2

- Система состоит из двух тел. Первое тело представляет из себя три концентрические сферы радиусами R , $2R$, $3R$, пространство между сферами заполнено веществом различной плотности ρ , 2ρ , 3ρ , соответственно. Второе тело представляет из себя однородный шар малого радиуса и массой m . Расстояние между центрами тел много больше размеров самих тел и равно L . Найдите силу, с которой второе тело притягивается к первому.



Решение:

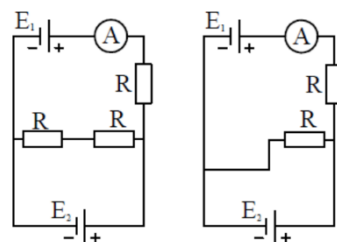
$$F = G \frac{m}{L^2} (M_1 + M_2 + M_3)$$

$$\begin{cases} M_1 = -\frac{4}{3}\pi(R)^3\rho \\ M_2 = -\frac{4}{3}\pi(2R)^3\rho \\ M_3 = \frac{4}{3}\pi(3R)^33\rho \end{cases}$$

$$F = G \frac{96\pi m \rho R^3}{L^2}$$

Критерии:

- Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
 - Записан закон всемирного тяготения – 1 балл
 - Записан закон всемирного тяготения и найдены массы «шаров» – 2 балла
 - Получен верный ответ, но неправильно применен закон всемирного тяготения – 3 балла
 - Решение полностью верно - 4 балла
- (8 баллов) Для электрической цепи, представленной на рис. 2 определить показания амперметра (считать идеальным) при замкнутом и разомкнутом ключе, если $E_1 = 50$ В, $E_2 = 90$ В, $R = 10$ Ом. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.



Решение: для обоих случаев ток в амперметре будет определяться как $I = \frac{E_1 - E_2}{R} = \frac{50 - 90}{10} = -4 \text{ А}$, положительный ответ тоже считать верным.

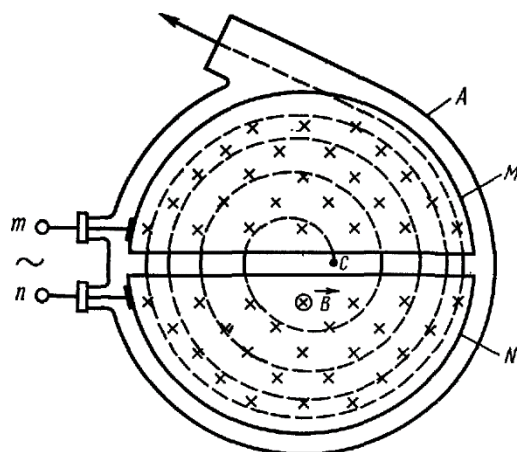
Ответ: для обоих случаев ток в амперметре будет

-4 А и -4 А (4 А и 4 А).

Критерии решения:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
- 2) Записаны законы Ома для полной цепи в двух случаях – 2 балла
- 3) Записаны законы Ома для полной цепи в двух случаях, верно построены эквивалентные схемы и найдены эквивалентные сопротивления – 4 балла
- 4) Решение верно, но имеется вычислительная ошибка – 6 баллов
- 5) Решение полностью верно – 8 баллов

3. (10 баллов) На рисунке показана схема простейшего резонансного циклического ускорителя – циклотрона. Ускоряющее переменное электрическое поле E создается в зазоре между двумя половинами металлической цилиндрической коробки MN, называемые дуантами (радиус дуантов R). Дуанты помещены в эвакуированную плоскую камеру, находящуюся



между полюсами сильного электромагнита, магнитная индукция поля которого направлена перпендикулярно плоскости чертежа и равна B . Переменное электрическое поле между дуантами создается электрическим генератором, полюсы которого присоединяются к электродам m и n . Ускорение частицы происходит в зазоре между дуантами циклотрона всякий раз, когда частица, вновь попадает в зазор. Величина зазора d . Для выполнения условия синхронизма: период колебаний электрического поля совпадает с периодом обращения частиц в магнитном поле.

Найдите начальную скорость частиц при условии, что удельный заряд частиц равен q/m , а количество оборотов, сделанных частицей до вылета n .

Решение:

1. $qv_i B = m \frac{v_i^2}{R_i}$ по второму закону Ньютона, где i – порядковый номер влета в зазор.
 2. $\frac{mv_0^2}{2} + Eq di = \frac{mv_i^2}{2}$ по ЗСЭ для i – го попадания в зазор.
 3. Получим, $R_i = \frac{m}{qB} \sqrt{v_0^2 + i \frac{2qEd}{m}} = R$
 4. $i = \left(\left(\frac{Rq}{m} B \right)^2 - v_0^2 \right) \frac{m}{2qEd} \approx \frac{n}{2}$
 5. Следовательно, количество оборотов: $n = \left(\left(\frac{Rq}{m} B \right)^2 - v_0^2 \right) \frac{m}{qEd}$
4. Прямоугольному параллелепипеду с размерами по горизонтали **30х30см** и высотой **2 см** с массой **$m_1=2$ кг**, находящемуся на горизонтальной шероховатой поверхности (коэффициент трения **$\mu=0,2$**) сообщили скорость **$v=20$ м/с**. Когда скорость тела оказалась равной **$v_1=6$ м/с**, об его верхнюю поверхность ударился очень гладкий шар массы **$m_2=4$ кг**, вертикально упавший с высоты равной **$h=5$ м** с начальной скоростью равной **0**, и абсолютно упруго отскочил от тела. Найти путь тела при движении от сообщения начальной скорости до остановки.

Решение:

Рассчитаем общий путь тела как сумму пути до удара шарика и после него (в предположении, что тело не остановилось в малый промежуток времени, когда от него отскакивал шарик). До удара $s=(V_1^2-V^2)/2a$, где $a=-g\mu=-10*0,2=-2$ м/с². $s=(36-400)/(-4)=91$ м. При свободном падении с высоты $h=5$ м шарик приобретет скорость $V_2=(2gh)^{(1/2)}=10$ м/с. При абсолютно упругом ударе о тело направление скорости шарика изменится на противоположное, а ее модуль сохранится (см. рис. 1), тогда импульс шарика изменится на $\Delta P_2=2*m*V_2=2*4*10=80$, это изменение сообщит дополнительный вклад в силу реакции опоры N , $N*t=\Delta P_2=2*m*V_2$. N связана с силой трения так: $F=N*\mu$. Сила трения передаст телу импульс $F*t=N*t*\mu=\Delta P_1=\mu*2*m*V_2=0,2*4*2*10=16$ из-за этого скорость тела должна бы уменьшиться на 8 м/с и станет как бы равной отрицательному числу (t - время соударения тела и шарика). В таком случае тело после удара остановится. Тормозной путь до остановки окажется 91 м.

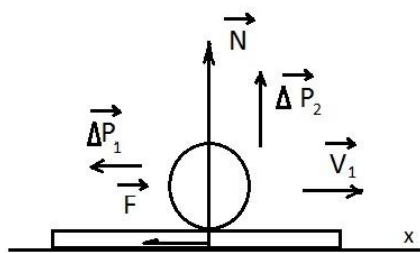
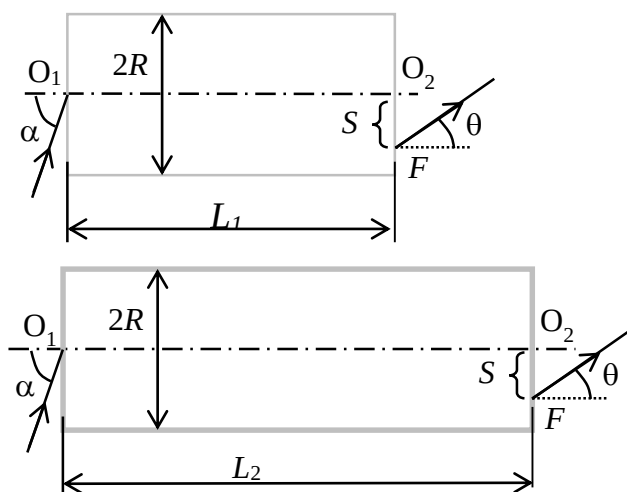


рис.1.

Ошибочное решение не учитывает потерю скорости с 6 до 0 в момент удара, тогда $s = (0^2 - V^2)/2/a$, где $a = -g \cdot \mu = -10 \cdot 0,2 = -2 \text{ м/с}^2$. $s = (0 - 400)/(-4) = 100 \text{ м}$.

Критерии решения:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
- 2) Записаны: второй закон Ньютона и закон сохранения энергии - 3 балла
- 3) Записаны все законы и выражен радиус i – го оборота в циклотроне - 5 баллов
- 4) Представлены все необходимые законы и выражения, но имеется вычислительная ошибка - 8 баллов
- 5) Полностью верное решение - 10 баллов



5. Два горизонтальных прямых цилиндра одинакового радиуса R , но разной длины, изготовлены из одного оптически прозрачного материала. Показатель преломления материала цилиндров

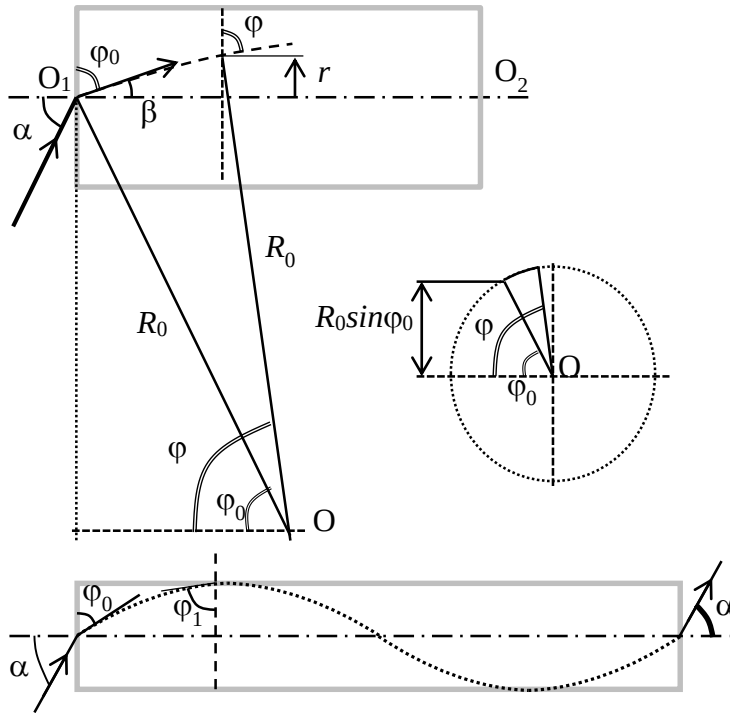
зависит от расстояния r до их осей:

$$n = \frac{C}{A + Br}$$

Точки O_1 и O_2 обозначают пересечения оси каждого цилиндра с их торцами (как на рисунке). Тонкий луч

монохроматического света падает по углом α на поверхность каждого из цилиндров в точке O_1 . Эти лучи выходят из правых торцов цилиндров под одинаковыми углами θ в точках F , расположенных на одинаковом расстоянии S от точек O_2 . Найдите минимальную разность длин цилиндров $L_2 - L_1$. Считать, что снаружи цилиндров - вакуум. Принять $R = 0.005 \text{ м}$, $\sin \alpha = 0.9$, $C = 2 \text{ м}$, $A = 1 \text{ м}$, $B = 15$. Ответ записать в метрах, округлив до тысячных.

Решение. Из-за переменной величины коэффициента преломления внутри



цилиндра луч уже не будет отрезком прямой линии. Но луч, прошедший внутрь цилиндра, будет лежать в плоскости, где находятся падающий луч и ось цилиндра. Пусть φ - угол между лучом и плоскостью поперечного сечения внутри цилиндра в точке их пересечения, r - расстояние от этой точки до оси цилиндра. Если β - угол преломления луча на

левом торце, то начальное значение угла φ при $r = 0$ равно $\varphi_0 = 90^\circ - \beta$. Тогда вдоль луча выполняется закон преломления $n_0 \sin \varphi_0 = n \sin \varphi$, т.е. равенство

$\frac{C}{A} \sin \varphi_0 = \frac{C}{A + Br} \sin \varphi$. Если это равенство переписать в виде $A + Br = \frac{A}{\sin \varphi_0} \sin \varphi$, то

получим соотношение для окружности, радиус которой $R_0 = \frac{A}{\sin \varphi_0}$, т.е. луч -

это дуга окружности радиусом R_0 . Начальная точка этой дуги задана углом φ_0 .

Конечная точка определяется углом φ_1 - углом падения луча на боковую

поверхность цилиндра $\frac{C}{A} \sin \varphi_0 = \frac{C}{A + BR} \sin \varphi_1$. Луч подходит к границе под

углом, большим, чем предельный угол падения $\varphi_{1\text{пред}}$, при полном внутреннем

отражении. Далее, луч отражается от боковой поверхности под углом φ_1 и

подходит к оси цилиндра под углом φ_0 . На оси цилиндра эта дуга становится

прямой линией (меняется кривизна). В нижней части цилиндра траектория

выглядит зеркально. Таким образом, линия луча внутри цилиндра имеет

пространственный период, минимальная длина которого равна

$L = 4R_0 (\cos \varphi_0 - \cos \varphi_1)$. Если точки выхода лучей через правые торцы

расположены одинаково, то расстояние между ними целочисленно кратно L .

$$\text{Т.к. } \sin \alpha = \frac{C}{A} \cos \varphi_0, \quad R_0 = \frac{A}{\sin \varphi_0}, \quad \cos \varphi_1 = \sqrt{1 - \left(1 + \frac{BR}{A}\right)^2 \left(1 - \left(\frac{A}{C}\right)^2 \sin^2 \alpha\right)}, \text{ то}$$

$$L = 4 \frac{A}{\sqrt{1 - \left(\frac{A}{C}\right)^2 \sin^2 \alpha}} \left(\frac{A}{C} \sin \alpha - \sqrt{1 - \left(1 + \frac{BR}{A}\right)^2 \left(1 - \left(\frac{A}{C}\right)^2 \sin^2 \alpha\right)} \right)$$

$\sin \alpha$	$\alpha, ^\circ$	n_0	$\sin \varphi_0$	$\varphi_0, ^\circ$	$\cos \varphi_0$	$\sin \varphi_1$	$\varphi_{1\text{пред}}, ^\circ$	$\varphi_1, ^\circ$	$\cos \varphi_1$	$R_0, \text{ м}$	$L, \text{ м}$
0.9	64.2	2	0.90	63.26	0.45	0.96	68.5	73.7	0.28	1.12	0.76

Критерии решения:

- 1) Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ – 0 баллов
- 2) Записана формула для угла падения и преломления на левом торце. Найден предельный угол преломления на боковой поверхности цилиндра – 4 балла
- 3) Показано, что луч – это дуга окружности. Найден радиус окружности. Показано, что на боковой поверхности цилиндра луч испытывает полное внутреннее отражение – 8 баллов
- 4) Описана полностью траектория луча. Определена длина пространственного периода. Показано, что разность длин цилиндров определяется через длину периода – 12 баллов
- 5) Задача решена полностью с указанием верного ответа – 16 баллов.



Критерии оценивания олимпиадной работы

Профиль: Инженерное дело (академический тур)

Предмет: Физика

Класс: 11

Задание 1 (максимальная оценка 4 б.)

Критерий (выбрать соответствие одному критерию)	Балл
Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ	0
Записан закон всемирного тяготения	1
Записан закон всемирного тяготения и найдены массы «шаров»	2
Получен верный ответ, но неправильно применен закон всемирного тяготения	3
Решение полностью верно	4

Задание 2 (максимальная оценка 8 б.)

Критерий (выбрать соответствие одному критерию)	Балл
Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ	0
Записаны законы Ома для полной цепи в двух случаях	2
Записаны законы Ома для полной цепи в двух случаях, верно построены эквивалентные схемы и найдены эквивалентные сопротивления	4
Решение верно, но имеется вычислительная ошибка	6
Решение полностью верно	8

Задание 3 (максимальная оценка 10 б.)

Критерий (выбрать соответствие одному критерию)	Балл
Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ	0
Записаны: второй закон Ньютона и закон сохранения энергии	3
Записаны все законы и выражен радиус i – го оборота в циклотроне	5
Представлены все необходимые законы и выражения, но имеется вычислительная ошибка	8
Полностью верное решение	10

Задание 4 (максимальная оценка 12 б.)

Критерий (выбрать соответствие одному критерию)	Балл
Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ	0
Предоставление ошибочное решение без учёта удара ($S = 100$ м)	3
Найдена скорость параллелепипеда после удара	6
Решение верное, включает все необходимые законы, но конечное выражение ошибочно	9
Решение полностью верное	12

Задание 5 (максимальная оценка 16 б.)

Критерий (выбрать соответствие одному критерию)	Балл
Не выполнен ни один пункт, приведенный ниже, и/или просто записан верный ответ	0
Записана формула для угла падения и преломления на левом торце. Найден предельный угол преломления на боковой поверхности цилиндра	4
Показано, что луч – это дуга окружности. Найден радиус окружности. Показано, что на боковой поверхности цилиндра луч испытывает полное внутреннее отражение	8
Описана полностью траектория луча. Определена длина пространственного периода. Показано, что разность длин цилиндров определяется через длину периода	12
Задача решена полностью с указанием верного ответа	16