

Задача по физике. Рентгеновское обследование (5 баллов)**Вариант 1**

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергался облучению в течение $\tau = 8$ с во время одного обследования. Мощность поглощенного излучения составляла $P = 50$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду). Найдите дозу облучения D . Ответ выразите в зивертах. (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 0.21$ Å? Масса пациента $m = 74$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

Решение варианта 1

1. Полученная доза $D = P \tau \approx 0.4$ мЗв.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 2,5$. Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 2 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 3 \cdot 10^{12}$.

Вариант 2

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергался облучению мощностью $P = 40$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду) и получил дозу $D = 0.3$ мЗв. Найдите время облучения τ . (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 1.20$ Å? Масса пациента $m = 74$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

Решение варианта 2

1. Время облучения $\tau = \frac{D}{P} = 7,5$ с.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 3$, (3). Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 3 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 1,3 \cdot 10^{13}$.

Вариант 3

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергнулся облучению в течение $\tau = 10$ с во время одного обследования. Мощность поглощенного излучения составляла $P = 30$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду). Найдите дозу облучения D . Ответ выразите в зивертах. (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 0.21$ Å? Масса пациента $m = 63$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

Решение варианта 3

1. Полученная доза $D = P \tau \approx 0.3$ мЗв.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 3, (3)$. Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 3 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 2 \cdot 10^{12}$.

Вариант 4

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергался облучению в течение $\tau = 8$ с во время одного обследования. Мощность поглощенного излучения составляла $P = 50$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду). Найдите дозу облучения D . Ответ выразите в зивертах. (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 0.52$ Å? Масса пациента $m = 77$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

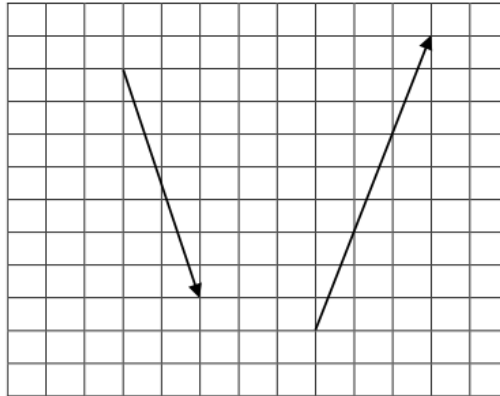
Решение варианта 4

1. Полученная доза $D = P \tau \approx 4 \cdot 10^{-4}$ Зв.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 2,5$. Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 2 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 8 \cdot 10^{12}$.

Задача по физике. Недостаящая линза (10 баллов)**Вариант 1**

В микроскопе рассматривается предмет, а его изображение формируется на матрице из светочувствительных элементов. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.



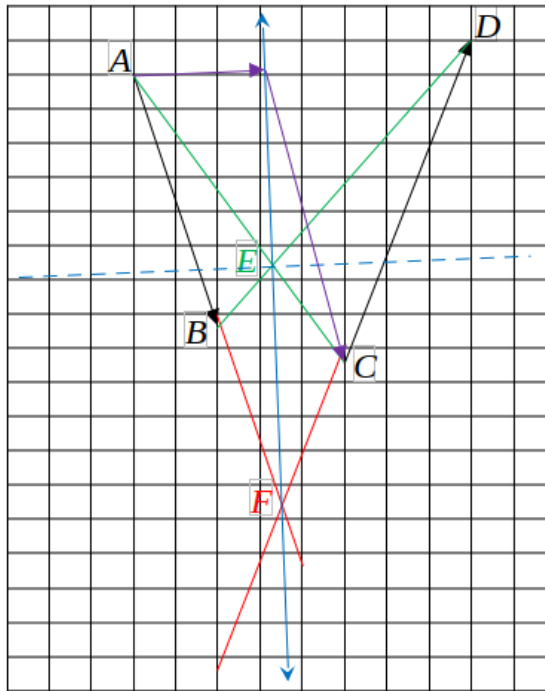
1. Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)
2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 20$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 2 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 1

1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е.

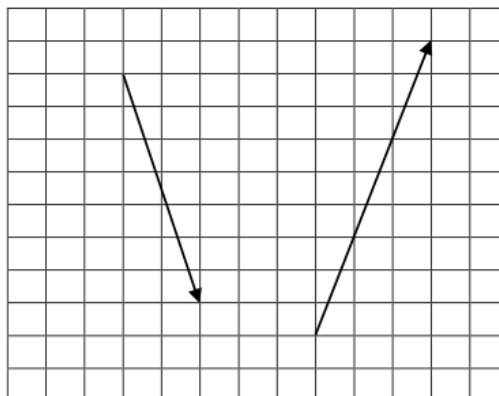
через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



- Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 21 \pm 2$ мм.

Вариант 2

В оптическом микроскопе рассматривается предмет. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.



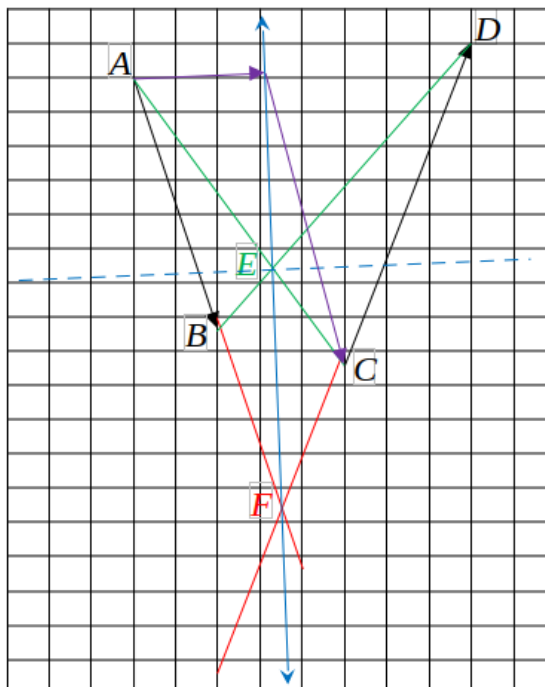
- Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)

2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 30$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 3 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 2

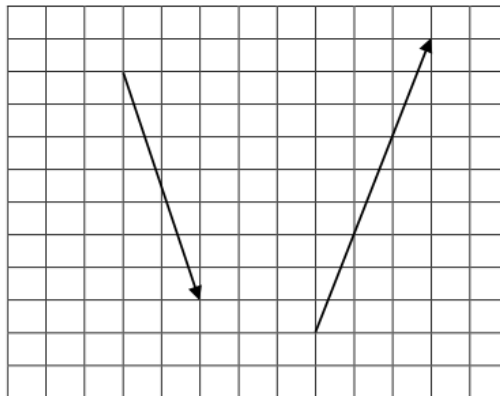
1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е. через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



2. Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 32 \pm 3$ мм.

Вариант 3

В микроскопе рассматривается предмет, а его изображение формируется на матрице из светочувствительных элементов. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.



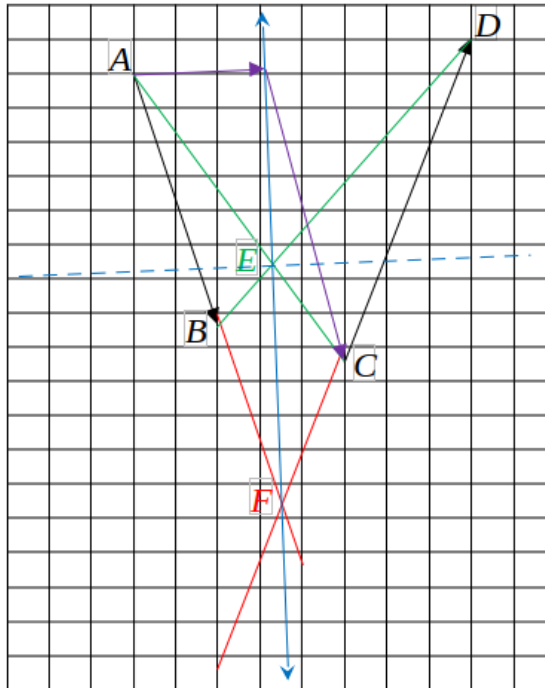
1. Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)
2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 50$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 5 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 3

1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а

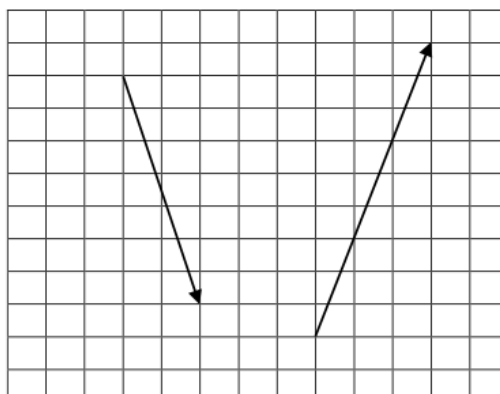
второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е. через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



- Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 53 \pm 5$ мм.

Вариант 4

В оптическом микроскопе рассматривается предмет. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.

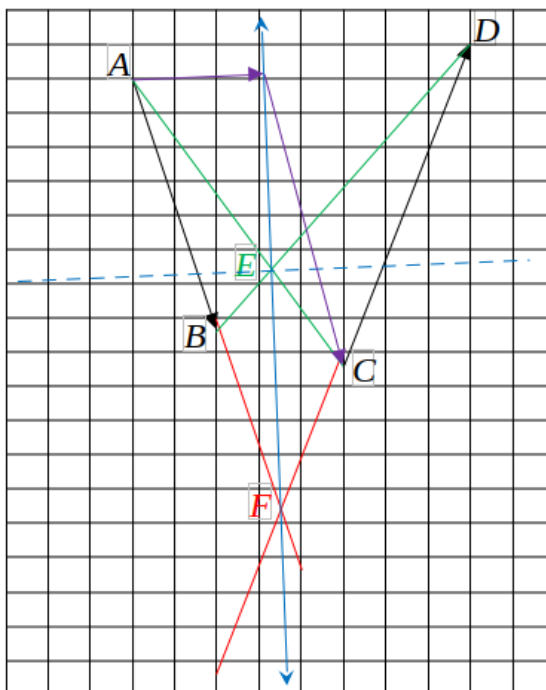


1. Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)
2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 70$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 7 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 4

1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е. через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



2. Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 74 \pm 7$ мм.

Задача по физике. Механизм с пружиной (10 баллов)

Вариант 1



Пружины — неотъемлемая часть большинства механических устройств. На вертикально расположенной пружине висит груз массы $m = 1$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 1$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 2$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 10$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)

3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 1

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 5 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 0,32 \text{ Н/м}$.

3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} y(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\ v_y(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = -\frac{mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\begin{aligned} -\frac{mg}{k} &= A \cos(\varphi) \\ v_1 &= -A\omega \sin(\varphi) \end{aligned}$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,4 \text{ м}$$

Вариант 2



Возвратный механизм работает с использованием пружин. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания груза, висящего вертикально на этой пружине. Масса груза $m = 1$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 1$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 2$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 10$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)
3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 2

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 5 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 0,32 \text{ Н/м}$.

3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} y(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\ v_y(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = \frac{-mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\begin{aligned} \frac{-mg}{k} &= A \cos(\varphi) \\ v_1 &= -A\omega \sin(\varphi) \end{aligned}$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,4 \text{ м}$$

Вариант 3

Пружины — неотъемлемая часть большинства механических устройств. На вертикально расположенной пружине висит груз массы $m = 2$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 2$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 4$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 8$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)
3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 3

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 4 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 2,53 \text{ Н/м}$.
3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} y(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\ v_y(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = \frac{-mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\frac{-mg}{k} = A \cos(\varphi)$$

$$v_1 = -A\omega \sin(\varphi)$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,16 \text{ м}$$

Вариант 4



Возвратный механизм работает с использованием пружин. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания груза, висящего вертикально на этой пружине. Масса груза $m = 2$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 2$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 4$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 8$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)
3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 4

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 4 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 2,53 \text{ Н/м}$.

3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned}y(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\v_y(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi)\end{aligned}$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = \frac{-mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\begin{aligned}\frac{-mg}{k} &= A \cos(\varphi) \\v_1 &= -A\omega \sin(\varphi)\end{aligned}$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,16 \text{ м}$$