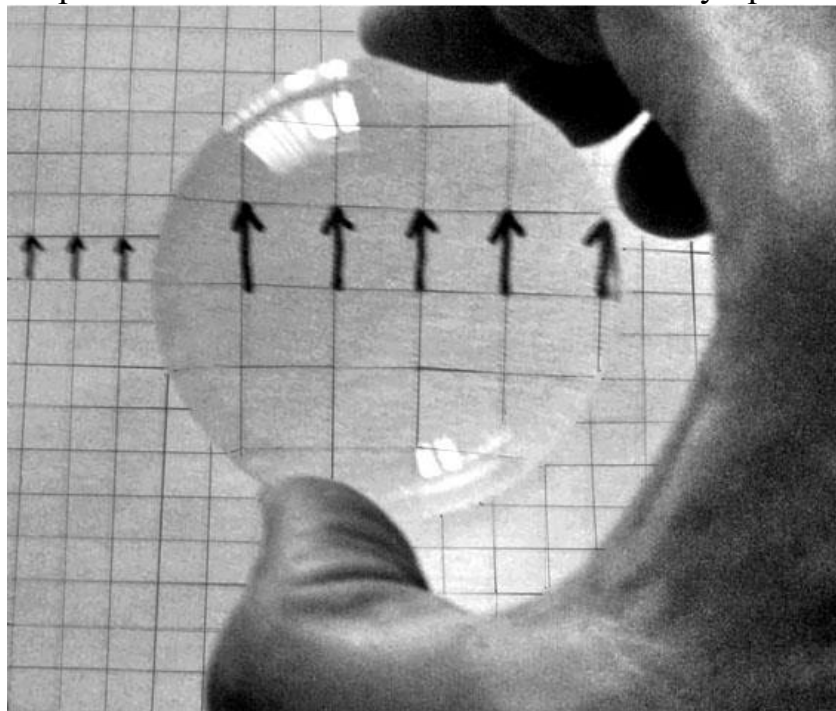


Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**24**

Линзу удерживают на расстоянии 3 см от тетрадного листа с клетками, на котором нарисованы направленные в одну сторону одинаковые стрелки. (На фотографии показано изображение стрелок, которое видит и глаз человека.) Укажите тип линзы (собирающая или рассеивающая) и вычислите, используя фотографию, фокусное расстояние этой линзы. Ответ объясните, опираясь на явления и законы оптики. Линзу при этом считать тонкой.

**Возможное решение**

1. Согласно фотографии глаз видит прямое увеличенное изображение стрелок. Рассеивающая линза даёт всегда, если предмет действительный, мнимое уменьшенное изображение, а собирающая линза, в зависимости от расстояния до действительного предмета, может давать как действительное перевёрнутое изображение, так и мнимое прямое увеличенное изображение.

2. Линза является собирающей, так как только такая линза способна давать прямое увеличенное мнимое изображение.

3. По фотографии видно, что увеличение линзы равно 2.

По формуле для увеличения линзы

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|} = 2,$$

где d – расстояние от линзы до предмета (стрелочки), а f – расстояние от линзы до изображения.

4. Так как изображение мнимое, то $f = -6$ см.

5. По формуле тонкой линзы вычислим фокусное расстояние F линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}.$$

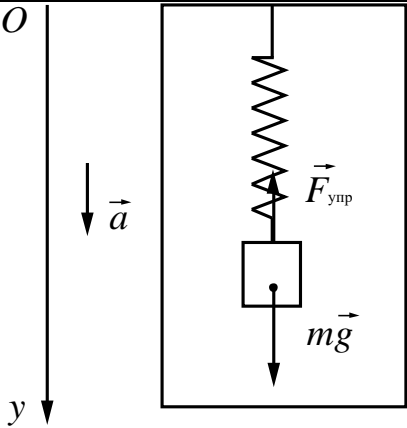
Отсюда получим, что $F = 2d = 2 \cdot 3 = 6$ см.

6. Ответ: линза является собирающей. Фокусное расстояние линзы равно 6 см

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>п. б</i>) и исчерпывающие верные рассуждения (в данном случае: <i>п. 1–5</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>вид изображения, формулы тонкой линзы и увеличения линзы</i>)	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

25

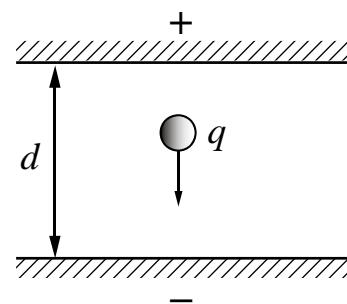
Груз массой 200 г подвешен на пружине жёсткостью 100 Н/м к потолку лифта. Лифт равноускоренно движется вниз, набирая скорость. Каково ускорение лифта, если удлинение пружины постоянно и равно 1,5 см?

Возможное решение	
<p>1. Выберем инерциальную систему отсчёта «шахта лифта», направив вертикальную ось Oy вниз по ускорению и расставив силы, действующие на груз, как показано на рисунке.</p> <p>2. Запишем II закон Ньютона для груза в выбранной ИСО в проекциях на ось Oy:</p> $Oy: mg - F_{\text{упр}} = ma, \text{ откуда } (1)$ $a = g - \frac{F_{\text{упр}}}{m}. \quad (2)$ <p>3. По закону Гука запишем для модуля силы упругости:</p> $F_{\text{упр}} = k\Delta y, \quad (3)$ <p>где k – жёсткость, а Δy – заданное удлинение пружины.</p> <p>4. Подставив (3) в (2), находим проекцию искомого ускорения:</p> $a = g - \frac{k\Delta y}{m} = 10 - \frac{100 \cdot 0,015}{0,2} = 2,5 \text{ м/с}^2.$ <p>Ответ: $a = 2,5 \text{ м/с}^2$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, закон Гука</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

26

Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 2$ см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 10 кВ. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Заряд капли $q = -8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком значении массы капли её скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.



Возможное решение

На каплю действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила со стороны электростатического поля, направленная вверх, так как капля заряжена отрицательно. Для того чтобы капля двигалась с постоянной скоростью, эти силы должны быть равны по модулю: $mg = |q|E$.

Напряжённость однородного электростатического поля конденсатора связана с напряжением между пластинами соотношением $E = \frac{U}{d}$.

Следовательно, масса капли $m = \frac{|q|U}{dg} = \frac{8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 4 \text{ мкг}$.

Ответ: $m = 4 \text{ мкг}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для силы, действующей на заряженное тело в электростатическом поле, взаимосвязь напряжённости и напряжения однородного электростатического поля</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2



27

В закрытом сосуде объёмом $V = 10$ л находится влажный воздух массой $m = 18$ г при температуре $t = 80$ °С и давлении $p = 2 \cdot 10^5$ Па. Определите массу паров воды в сосуде.

Возможное решение

Влажный воздух представляет собой смесь паров воды и сухого воздуха, следовательно, $m = m_{\text{в}} + m_{\text{п}}$, где m , $m_{\text{в}}$, $m_{\text{п}}$ – масса влажного воздуха, сухого воздуха и водяного пара соответственно, а также, согласно закону Дальтона, $p = p_{\text{в}} + p_{\text{п}}$, где p , $p_{\text{в}}$, $p_{\text{п}}$ – давление влажного воздуха, парциальное давление сухого воздуха и парциальное давление водяного пара соответственно. Выразим из уравнения состояния идеального газа

$pV = \frac{m}{\mu}RT$ парциальные давления пара $p_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}}RT}{\mu_2 V}$ и сухого воздуха

$p_{\text{в}} = \frac{(m - m_{\text{п}})RT}{\mu_1 V}$, где μ_1 – молярная масса сухого воздуха, μ_2 – молярная

масса водяного пара.

Получаем $p = \left\{ \frac{m}{\mu_1} + \frac{m_{\text{п}}}{\mu_1} \left(\frac{\mu_1}{\mu_2} - 1 \right) \right\} \cdot \frac{RT}{V}$, откуда

$$m_{\text{п}} = \frac{\frac{pV\mu_1}{RT} - m}{\frac{\mu_1}{\mu_2} - 1} = \frac{\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,029}{8,31 \cdot 353} - 0,018}{\frac{0,029}{0,018} - 1} \approx 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 2,9 \text{ г}.$$

Ответ: $m_{\text{п}} \approx 2,9$ г

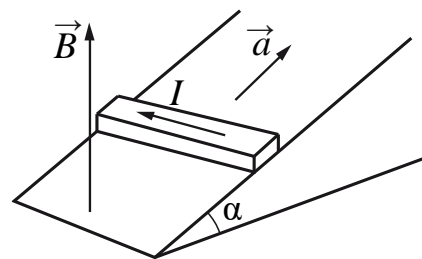
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Дальтона; уравнение Клапейрона – Менделеева в применении для сухого воздуха и паров воды</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3



28

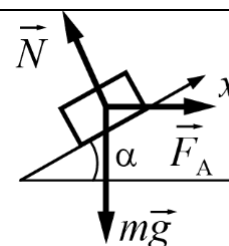
Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой диэлектрической наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток $I = 4$ А. Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Отношение массы стержня к его длине $\frac{m}{L} = 0,1$ кг/м. Модуль индукции магнитного поля $B = 0,2$ Тл. Каково ускорение стержня? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень.



Возможное решение

1. На рисунке показаны силы, действующие на стержень с током:

- сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз;
- сила реакции опоры \vec{N} , направленная перпендикулярно к наклонной плоскости;
- сила Ампера \vec{F}_A , направленная горизонтально вправо, что вытекает из правила левой руки.



2. Модуль силы Ампера $F_A = IBL$, (1)

где L – длина стержня.

3. Систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, считаем инерциальной.

Для решения задачи достаточно записать второй закон Ньютона в проекциях на ось x (см. рисунок): $ma_x = -mg \sin \alpha + IBL \cos \alpha$, (2)

где m – масса стержня.

Отсюда:

$$a_x = IB \left(\frac{L}{m} \right) \cos \alpha - g \sin \alpha = \frac{4 \cdot 0,2}{0,1} \cdot \cos 30^\circ - 10 \cdot \sin 30^\circ \approx 1,9 \text{ м/с}^2. \quad (3)$$

Ответ: $a_x \approx 1,9 \text{ м/с}^2$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражение для силы Ампера, второй закон Ньютона, правило левой руки</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на стержень;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых</p>	3

<p>в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29

Металлическая пластина облучается монохроматическим электромагнитным излучением. Работа выхода электронов из данного металла равна 4,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью 100 В/м. Вектор напряжённости \vec{E} поля направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 20 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 21,9 эВ. Определите частоту падающего на пластину электромагнитного излучения.

Возможное решение

1. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

2. В электрическом поле на электрон действует сила, направление которой противоположно направлению вектора напряжённости поля. Поэтому в нашем случае фотоэлектроны будут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия

$$\varepsilon = \frac{mv^2}{2} + eU, \quad (2)$$

где U – разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии $L = 20$ см от неё.

3. Поскольку поле однородное и вектор \vec{E} перпендикулярен пластине, то

$$U = EL. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим:

$$h\nu = A + \varepsilon - eEL = 4,7 + 21,9 - 1 \cdot 100 \cdot 0,2 = 6,6 \text{ эВ} = 6,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

$$\text{Отсюда: } \nu = \frac{6,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} = 1,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}.$$

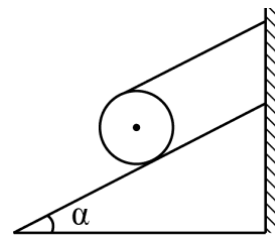
Ответ: $\nu = 1,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для энергии фотона, уравнение Эйнштейна, связь изменения кинетической энергии электрона и ускоряющей разности потенциалов, связь разности потенциалов с напряжённостью однородного поля</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых</p>	3

<p><i>при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок).



Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Поскольку тело не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на тело, равна нулю.
4. Поскольку тело не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр, равна нулю.

Решение

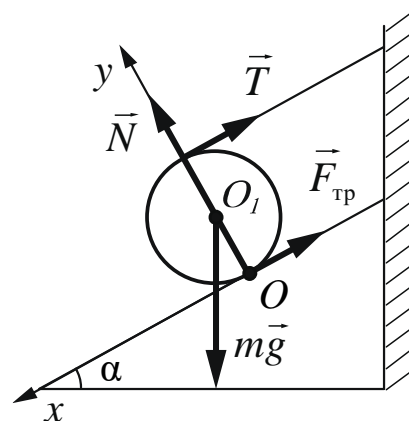
1. На цилиндр действуют четыре силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры \vec{N} , сила натяжения нити \vec{T} и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Запишем условия равновесия цилиндра. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта Oxy имеет вид:

$$Ox: 0 = mg \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha. \quad (2)$$

2. Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости рисунка. O_1 – центр цилиндра (плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити – радиусу цилиндра R):

$$T \cdot R - F_{\text{тр}} \cdot R = 0, \text{ откуда } T = F_{\text{тр}}. \quad (3)$$



3. Поскольку в задаче спрашивают величину максимального угла наклона плоскости, рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, которая равна силе сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (4)$$

4. Из формул (1)–(4) получаем: $mg \sin \alpha = 2F_{\text{тр}} = 2\mu mg \cos \alpha$.

Окончательно получим: $\operatorname{tg} \alpha = 2\mu = 2 \cdot 0,5 = 1$, следовательно, $\alpha_{\max} = 45^\circ$.

Ответ: $\alpha_{\max} = 45^\circ$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, модель твёрдого тела, условия равновесия твёрдого тела</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, уравнение моментов сил, формула для максимального значения силы трения покоя</i>); II) сделан рисунок с указанием сил, действующих на тело; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II или III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2

<p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	4