

Демонстрационный материал добровольной предметной сертификации для учителей ФИЗИКИ

Работа состоит из двух частей, включающих в себя 14 заданий (аналогичных заданиям ЕГЭ по физике, их тип указан рядом с номером).

Первая часть – тестовая, содержит 10 заданий с кратким ответом. Каждое задание оценивается по 1 баллу.

Вторая часть – практическая, содержит 4 задания с развернутым ответом. Каждое, из которых оценивается от 0 до 4 баллов на основе разработанной системы критериев ЕГЭ. Критерии оценивания представлены. На выполнение работы отводится 120 минут.

Всего за работу - 22 балла.

Структура демонстрационного материала:

справочные материалы по физике – с. 1-2

задания тестовой части – с. 2-5

задания второй части – с. 5-6

ответы на тестовую часть – с. 7-9

ответы на вторую часть – с. 9-16.

Справочные материалы

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

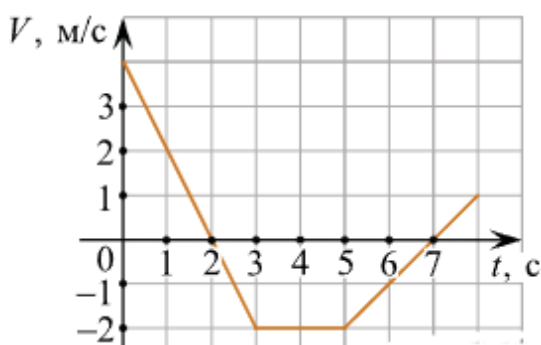
число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения между различными единицами			
температура		0 К = -273 °С	
атомная единица массы		1 а.е.м. = 1,66·10 ⁻²⁷ кг	
1 атомная единица массы эквивалентна		931,5 МэВ	
1 электронвольт		1 эВ = 1,6·10 ⁻¹⁹ Дж	
Масса частиц			
электрона	9,1·10 ⁻³¹ кг	≈ 5,5·10 ⁻⁴ а.е.м.	
протона	1,673·10 ⁻²⁷ кг	≈ 1,007 а.е.м.	
нейтрона	1,675·10 ⁻²⁷ кг	≈ 1,008 а.е.м.	
Плотность			
воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 кг/м ³
Удельная теплоёмкость			
воды	4,2·10 ³ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 ³ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
Удельная теплота			
парообразования воды	2,3·10 ⁶ Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 ⁴ Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/кг		
Нормальные условия: давление – 10 ⁵ Па, температура – 0 °С			
Молярная масса			
азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	18·10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

Тестовая часть

1. (Тип 1).

Точечное тело движется вдоль горизонтальной оси Ox . На рисунке представлен график зависимости проекции V скорости этого тела на ось Ox от времени t . Определите путь, пройденный телом за интервал времени от 0 с до 4 с.



Ответ: _____.

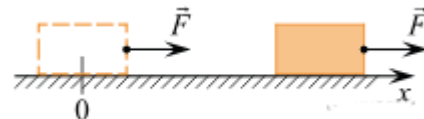
2. (Тип 4).

Подвешенная на тонкой легкой нити гирька объемом 150 см^3 полностью погружена в воду. Если эту гирьку полностью погрузить в неизвестную жидкость, то модуль силы натяжения нити уменьшится на $0,75 \text{ Н}$. Чему равна плотность неизвестной жидкости?

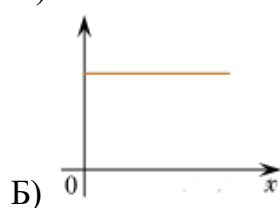
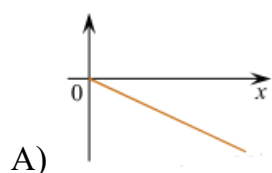
Ответ: _____.

3. (Тип 6).

Брусек, находящийся на шероховатой горизонтальной поверхности, начинает двигаться равноускоренно под действием силы $\vec{F}$. В системе отсчета, связанной с горизонтальной поверхностью, принимая за начало отсчета положение покоящегося тела, установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от координаты эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Скорость бруска
Модуль силы трения скольжения
Работа силы F
Работа силы трения

Ответ:

А	Б

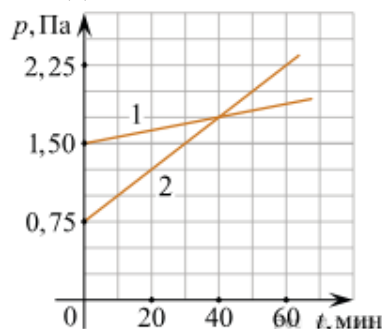
4. (Тип 7).

В сосуде содержится гелий под давлением 160 кПа . Концентрацию гелия увеличили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию теплового движения его молекул уменьшили в 4 раза. Определите установившееся давление газа.

Ответ: _____.

5. (Тип 9).

В двух закрытых сосудах одинакового объема (1 литр) нагревают два различных газа — 1 и 2. На рисунке показаны зависимости давления p этих газов от времени t . Известно, что начальные температуры газов были одинаковы



Выберите все верные утверждения, соответствующие результатам этих экспериментов.

- 1) Количество вещества первого газа больше, чем количество вещества второго газа.
- 2) Так как по условию эксперимента газы имеют одинаковые объемы, а в момент времени $t = 40$ мин. они имеют и одинаковые давления, то температуры этих газов в этот момент времени также одинаковы.
- 3) В момент времени $t = 40$ мин. температура газа 1 меньше температуры газа 2.
- 4) В процессе проводимого эксперимента не происходит изменения внутренней энергии газов.
- 5) В процессе проводимого эксперимента оба газа не совершают работу.

Ответ: _____.

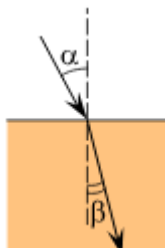
6. (Тип 12).

Две частицы с одинаковой массой влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Заряд первой частицы $2q$, его скорость v . Заряд второй частицы q , скорость $2v$. Определите отношение силы Лоренца, действующей на первую частицу, к силе Лоренца, действующей на вторую.

Ответ: _____.

7. (Тип 15).

Плоская световая волна переходит из воздуха в глицерин (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с периодом электромагнитных колебаний в световой волне и с длиной волны?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

Запишите выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ: _____.

8. (Тип 16).

Сколько электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома изотопа серебра $^{107}_{47}\text{Ag}$.

Ответ: _____.

9. (Тип 17).

В лабораторной работе ученики изучали зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, вылетающих с фотокатода, от длины волны падающего света. В опытах они наблюдали явление фотоэффекта и измеряли задерживающее напряжение. Длину волны падающего света в опыте немного уменьшили. Как при этом изменилась максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и работа выхода электронов из металла фотокатода?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;

3) не изменяется.

Запишите выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ: _____

10. (Тип 20).

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объема газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от внешнего давления. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных значениях температуры и давления (см. таблицу).

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	150	50	10
2	200	50	15
3	150	20	15
4	150	20	10
5	200	20	15

Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

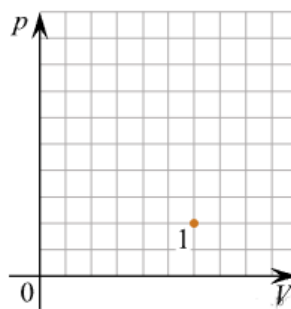
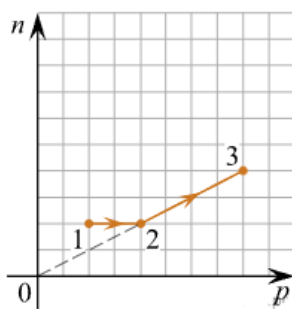
Запишите номера выбранных сосудов.

Ответ: _____

Практическая часть (с развернутыми ответами)

11. (Тип 21).

Процесс, происходящий с идеальным газом, представлен на графике зависимости концентрации газа от его давления. При проведении опыта количество вещества оставалось постоянным. Постройте график зависимости давления от объема для этого процесса. Опишите данные процессы, опираясь на известные законы.



12. (Тип 23).

Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{8}$ движутся в однородных магнитных полях, перпендикулярных их скоростям: первая – в поле с индукцией $\vec{B}_1$, вторая – в поле с индукцией $\vec{B}_2$. Найдите отношение радиусов траекторий частиц $\frac{R_2}{R_1}$, если их импульсы одинаковы, а отношение модулей индукции $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

13.(Тип 25).

В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая высотой 2,5 м, целиком скрытая под водой. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30° . Какой длины тень отбрасывает свая на дно водоема? Постройте ход лучей, определяющих тень от сваи на дне. Показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

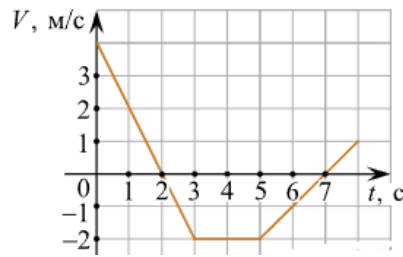
14.(Тип 26).

К вертикальной стенке прислонена однородная доска, образующая с горизонтальным полом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения доски об стенку равен $\mu_1 = 0,5$. Каков должен быть коэффициент трения доски об пол, чтобы доска оставалась в равновесии? Какие законы Вы используете для решения задачи? Обоснуйте их применение.

Ответы к заданиям тестовой части

1. (Тип 1).

Точечное тело движется вдоль горизонтальной оси OX . На рисунке представлен график зависимости проекции V скорости этого тела на ось OX от времени t . Определите путь, пройденный телом за интервал времени от 0 с до 4 с.



Ответ: 7

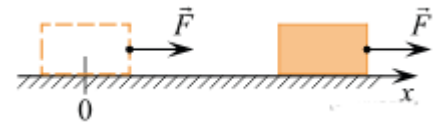
2. (Тип 4).

Подвешенная на тонкой легкой нити гирька объемом 150 см^3 полностью погружена в воду. Если эту гирьку полностью погрузить в неизвестную жидкость, то модуль силы натяжения нити уменьшится на $0,75 \text{ Н}$. Чему равна плотность неизвестной жидкости?

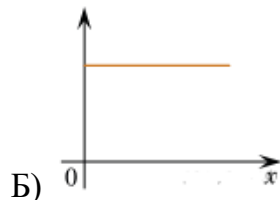
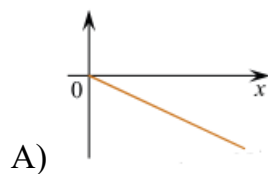
Ответ: 1500

3. (Тип 6).

Брусок, находящийся на шероховатой горизонтальной поверхности, начинает двигаться равноускоренно под действием силы $\vec{F}$. В системе отсчета, связанной с горизонтальной поверхностью, принимая за начало отсчета положение покоящегося тела, установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от координаты эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Скорость бруска

Модуль силы трения скольжения

Работа силы F

Работа силы трения

Ответ:

А	Б
4	2

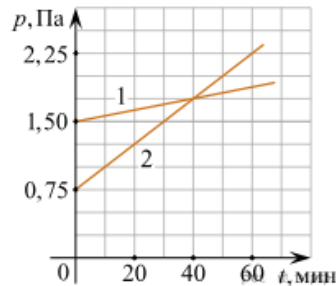
4. (Тип 7).

В сосуде содержится гелий под давлением 160 кПа. Концентрацию гелия увеличили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию теплового движения его молекул уменьшили в 4 раза. Определите установившееся давление газа.

Ответ: 80

5. (Тип 9).

В двух закрытых сосудах одинакового объема (1 литр) нагревают два различных газа — 1 и 2. На рисунке показаны зависимости давления p этих газов от времени t . Известно, что начальные температуры газов были одинаковы



Выберите все верные утверждения, соответствующие результатам этих экспериментов.

- 1) Количество вещества первого газа больше, чем количество вещества второго газа.
- 2) Так как по условию эксперимента газы имеют одинаковые объемы, а в момент времени $t = 40$ мин. они имеют и одинаковые давления, то температуры этих газов в этот момент времени также одинаковы.
- 3) В момент времени $t = 40$ мин. температура газа 1 меньше температуры газа 2.
- 4) В процессе проводимого эксперимента не происходит изменения внутренней энергии газов.
- 5) В процессе проводимого эксперимента оба газа не совершают работу.

Ответ: 135

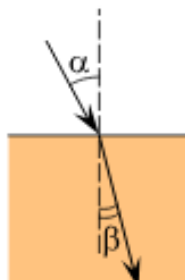
6. (Тип 12).

Две частицы с одинаковой массой влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Заряд первой частицы $2q$, его скорость v . Заряд второй частицы q , скорость $2v$. Определите отношение силы Лоренца, действующей на первую частицу, к силе Лоренца, действующей на вторую.

Ответ: 1

7. (Тип 15).

Плоская световая волна переходит из воздуха в глицерин (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с периодом электромагнитных колебаний в световой волне и с длиной волны?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

Запишите выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ: 3 2

8. (Тип 16).

Сколько электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома изотопа серебра $^{107}_{47}\text{Ag}$.

Ответ: 47

9. (Тип 17).

В лабораторной работе ученики изучали зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, вылетающих с фотокатода, от длины волны падающего света. В опытах они наблюдали явление фотоэффекта и измеряли задерживающее напряжение. Длину волны падающего света в опыте немного уменьшили. Как при этом изменилась максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и работа выхода электронов из металла фотокатода?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается;

2) уменьшается;

3) не изменяется.

Запишите выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ: 1 3

10. (Тип 20).

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объема газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от внешнего давления. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных значениях температуры и давления (см. таблицу).

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °C	Масса газа, г
1	150	50	10
2	200	50	15
3	150	20	15
4	150	20	10
5	200	20	15

Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

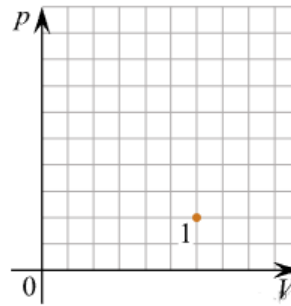
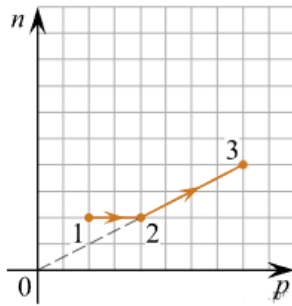
Запишите номера выбранных сосудов.

Ответ: 3 5

Решения и критерии оценивания выполнения заданий практической части

11. (Тип 21).

Процесс, происходящий с идеальным газом, представлен на графике зависимости концентрации газа от его давления. При проведении опыта количество вещества оставалось постоянным. Постройте график зависимости давления от объема для этого процесса. Опишите данные процессы опираясь на известные законы.



Решение:

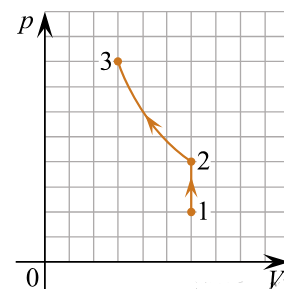
Концентрация газа связана с объемом соотношением $n = \frac{N}{V}$. По условию количество молекул газа оставалось постоянным $N = \text{const}$.

В процессе 1–2 концентрация, а, следовательно, и объем оставались неизменными, то есть процесс был изохорным. Этому процессу на pV - диаграмме соответствует вертикальная линия. Как видно из графика, давление при этом изменилось от 2 до 4 единиц.

В процессе 2–3 выполняется соотношение $\frac{p}{n} = \text{const}$, а значит,

$\frac{pV}{N} = \text{const} \Leftrightarrow pV = \text{const}$ — это закон Бойля — Мариотта, то есть процесс был изотермический. Этому процессу на pV -диаграмме соответствует гипербола. Давление в процессе 2–3 изменилось от 4 до 8 единиц, то есть увеличилось в 2 раза. Следовательно, объем в процессе 2–3 уменьшился в 2 раза.

В итоге график выглядит следующим образом:



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>приведен схематический рисунок, изображающий график процесса</i>) и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>связь между концентрацией газа и его объемом, зависимость давления газа от его концентрации и температуры, закон Бойля-Мариотта</i>)	3
Дан правильный ответ и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. 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 тому подобное.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочет. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и тому подобное). И (ИЛИ)	2

В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.	
Представлено решение, соответствующее <i>одному</i> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	1
Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше	0
<i>Максимальный балл</i>	3

12. (Тип 23).

Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{8}$ движутся в однородных магнитных полях, перпендикулярных их скоростям: первая – в поле с индукцией $\vec{B}_1$, вторая – в поле с индукцией $\vec{B}_2$. Найдите отношение радиусов траекторий частиц $\frac{R_2}{R_1}$, если их импульсы одинаковы, а отношение модулей индукции $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

Решение:

Сила Лоренца:

$$F_L = Bvq\sin\alpha$$

где B – модуль вектора магнитной индукции, v – скорость заряда, q – заряд, α – угол между вектором магнитного поля и скоростью движения частицы.

По второму закону Ньютона

$$F_l = m \frac{v^2}{R}$$

Импульс тела

$$p = mv.$$

Отсюда

$$qB \sin \alpha = \frac{mv}{R} = \frac{p}{R}.$$

Тогда

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{q_1 B_1}{q_2 B_2} = \frac{8}{2} = 4$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула силы Лоренца, второй закон Ньютона, формула импульса тела</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант</i> ,	2

указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачеркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	1
Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше	0
Максимальный балл	2

13. (Тип 25).

В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая высотой 2,5 м, целиком скрытая под водой. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30° . Какой длины тень отбрасывает свая на дно водоема? Постройте ход лучей, определяющих тень от сваи на дне. Показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

Решение:

Рассмотрим ход лучей:

Длина тени L равна $L = h \cdot \operatorname{tg} \beta$

По закону преломления:

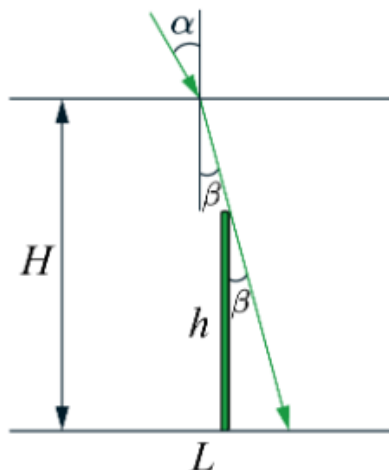
$$n_{\text{в}} \sin \alpha = n \sin \beta$$

Здесь $n_{\text{в}} = 1$ - показатель преломления вс

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$$

$$L = h \cdot \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}}$$

Тогда искомая длина тени:



Ответ: $L \approx 1$ м

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон преломления света);	3

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); III) представлены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины V) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. 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. ИЛИ 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. ИЛИ 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

14.(Тип 25).

К вертикальной стенке прислонена однородная доска, образующая с горизонтальным полом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения доски об стенку равен $\mu_2 = 0,5$. Каков должен быть коэффициент трения доски об пол, чтобы доска оставалась в равновесии? Какие законы Вы используете для решения задачи? **Обоснуйте их применение.**

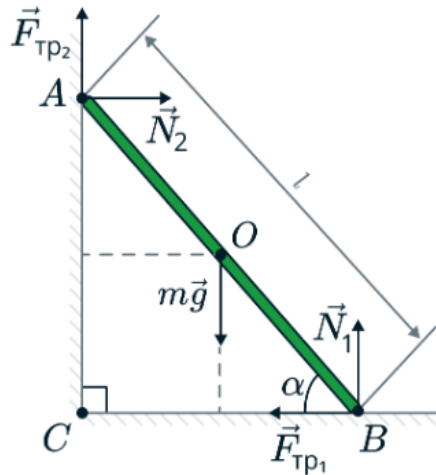
Обоснование:

1. Введем инерциальную систему отсчета (ИСО) связанную с Землей.
2. Доску будем описывать моделью абсолютно твердого тела - его форма и размеры неизменны, расстояние между любыми двумя точками остаются неизменным.

3. Движение абсолютно твердого тела можно описать совокупностью движений - поступательного и вращательного. Поэтому для равновесия твердого тела в ИСО необходимо два условия. Одно для поступательного движения, другое - для вращательного движения.

4. Сумма всех приложенных к твердому телу внешних сил равна нулю (условие равновесия твердого тела относительно поступательного движения). Также применимо правило моментов сил (условие равновесия твердого тела относительно вращательного движения).

Решение:



Момент силы можно найти по формуле: $M = Fl$, где F - сила, а l - её плечо до рассматриваемой оси вращения.

Запишем условие равновесия относительно поступательного движения

$$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}1} + \vec{F}_{\text{тр}2} = 0$$

Спроецируем данное условие на оси Oy и Ox и запишем правило моментов сил относительно оси, проходящей через центр доски.

$$\begin{cases} mg - N_1 - F_{\text{тр}2} = 0 \\ N_2 - F_{\text{тр}1} = 0 \quad (1) \\ (F_{\text{тр}1} + N_2) \frac{l}{2} \sin \alpha + F_{\text{тр}2} \frac{l}{2} \cos \alpha - N_1 \frac{l}{2} \cos \alpha = 0 \quad (2) \end{cases}$$

Так как мы рассматриваем "критический" случай, тогда $F'_{\text{тр}1} = \mu N_1$, а $F'_{\text{тр}2} = \mu_2 N_2$ и с учетом (1) уравнение (2) можно переписать в виде

$$2\mu N_1 \sin \alpha + \mu_2 \mu N_1 \cos \alpha = N_1 \cos \alpha$$

Выразим отсюда μ :

$$\mu(2N_1 \sin \alpha + \mu_2 N_1 \cos \alpha) = N_1 \cos \alpha$$

Откуда:

$$\mu = \frac{N_1 \cos \alpha}{2N_1 \sin \alpha + \mu_2 N_1 \cos \alpha} = \frac{\cos \alpha}{2 \sin \alpha + \mu_2 \cos \alpha}$$

Получим:

$$\mu = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 0,5 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = 0,4$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: выбор ИСО, модель абсолютно твердого тела, применение второго закона Ньютона, правила моментов	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае - записаны условия равновесия доски (второй закон Ньютона и правило моментов), записана формула момента силы); II) описаны 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) 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 пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют. И(ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачеркнуты И(ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и(или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И(ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерений величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. 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. ИЛИ 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	1

решение задачи.	
ИЛИ 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	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	4