

«Задания с развернутым ответом в ЕГЭ по физике 2025 года: правила оформления, примеры решений»

Безуглова Галина Сергеевна

кандидат физико-математических наук,
автор пособий издательства «Легион»



www.legionr.ru



Издательство ЛЕГИОН



publishing_house_legion



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕГИОН

ОГЭ – 2025



Книга содержит:

- 30 тренировочных вариантов
- теоретический материал
- ответы ко всем вариантам
- решение заданий с развернутым ответом

Оглавление

От авторов	5
Глава I. Теоретический материал для подготовки к ОГЭ	6
§ 1. Механические явления	6
1.1. Кинематика	6
1.2. Динамика	8
1.3. Законы сохранения в механике	10
1.4. Статика. Простые механизмы	11
1.5. Гидростатика	11
1.6. Механические колебания и волны	12
§ 2. Тепловые явления	13
§ 3. Электромагнитные явления	14
3.1. Электризация тел	14
3.2. Постоянный ток	15
3.3. Магнитное поле. Электромагнитная индукция	16
3.4. Электромагнитные колебания и волны	17
§ 4. Элементы оптики	17
§ 5. Квантовая физика	18
§ 6. Краткие справочные данные	19
Глава II. Тренировочные варианты	21
Инструкция по выполнению работы	21
Вариант № 1	22
Вариант № 2	32
Вариант № 3	42
Вариант № 4	53
Вариант № 5	64
Вариант № 6	75
Вариант № 7	86
Вариант № 8	96
Вариант № 9	106
Вариант № 10	116

Вариант № 11	126
Вариант № 12	137
Вариант № 13	147
Вариант № 14	156
Вариант № 15	165
Вариант № 16	175
Вариант № 17	185
Вариант № 18	195
Вариант № 19	205
Вариант № 20	216
Вариант № 21	227
Вариант № 22	240
Вариант № 23	253
Вариант № 24	267
Вариант № 25	279
Вариант № 26	290
Вариант № 27	300
Вариант № 28	311
Вариант № 29	321
Вариант № 30	331
Решения заданий с развернутым ответом	341
Ответы	397

ОГЭ – 2025



Книга содержит:

- более 1000 заданий, разделенных по уровню сложности и группам проверяемых умений
- теоретический материал
- ответы ко всем заданиям

Оглавление

От авторов	6
Глава I. Теоретический материал для подготовки к ОГЭ	7
§ 1. Механические явления	7
1.1. Кинематика	7
1.2. Динамика	9
1.3. Законы сохранения в механике	11
1.4. Статика. Простые механизмы	12
1.5. Гидростатика	12
1.6. Механические колебания и волны	13
§ 2. Тепловые явления	13
§ 3. Электромагнитные явления	15
3.1. Электризация тел	15
3.2. Постоянный ток	15
3.3. Магнитное поле. Электромагнитная индукция	17
3.4. Электромагнитные колебания и волны	18
§ 4. Элементы оптики	18
§ 5. Квантовая физика	19
§ 6. Краткие справочные данные	20
Глава II. Тематические задания ОГЭ	22
§ 1. Механические явления	22
1.1. Задания на соответствие	22
1.2. Задания на множественный выбор	42
1.3. Задания на распознавание проявления физического явления	63
1.4. Задания на распознавание явления по его описанию	68
1.5. Задания на проведение прямых измерений и серии измерений	77
1.6. Работа с текстом физического содержания	84
1.7. Экспериментальные задания (на реальном оборудовании)	90
1.8. Качественные задания	93
1.9. Расчётные задания (базовый уровень сложности)	95
1.10. Расчётные задания (повышенный уровень сложности)	107
1.11. Расчётные задания (высокий уровень сложности)	110
§ 2. Тепловые явления	113

2.1. Задания на соответствие	113
2.2. Задания на множественный выбор	124
2.3. Задания на распознавание проявления физического явления	130
2.4. Задания на распознавание явления по его описанию	135
2.5. Задания на проведение прямых измерений и серии измерений	139
2.6. Работа с текстом физического содержания	143
2.7. Качественные задания	147
2.8. Расчётные задания (базовый уровень сложности)	148
2.9. Расчётные задания (повышенный уровень сложности)	153
2.10. Расчётные задания (высокий уровень сложности)	155
§ 3. Электромагнитные явления	158
3.1. Задания на соответствие	158
3.2. Задания на множественный выбор	180
3.3. Задания на распознавание проявления физического явления	199
3.4. Задания на распознавание явления по его описанию	208
3.5. Задания на проведение прямых измерений и серии измерений, правильное составление схемы включения прибора в экспериментальную установку	216
3.6. Работа с текстом физического содержания	227
3.7. Экспериментальные задания (на реальном оборудовании)	241
3.8. Качественные задания	243
3.9. Расчётные задания (базовый уровень сложности)	245
3.10. Расчётные задания (повышенный уровень сложности)	252
3.11. Расчётные задания (высокий уровень сложности)	256
§ 4. Световые явления	262
4.1. Задания на соответствие	262
4.2. Задания на множественный выбор	269
4.3. Задания на распознавание проявления физического явления	273
4.4. Задания на распознавание явления по его описанию	278
4.5. Задания на проведение прямых измерений и серии измерений	285
4.6. Работа с текстом физического содержания	287
4.7. Экспериментальные задания (на реальном оборудовании)	299
4.8. Качественные задания	243

ОГЭ – 2025



Книга содержит:

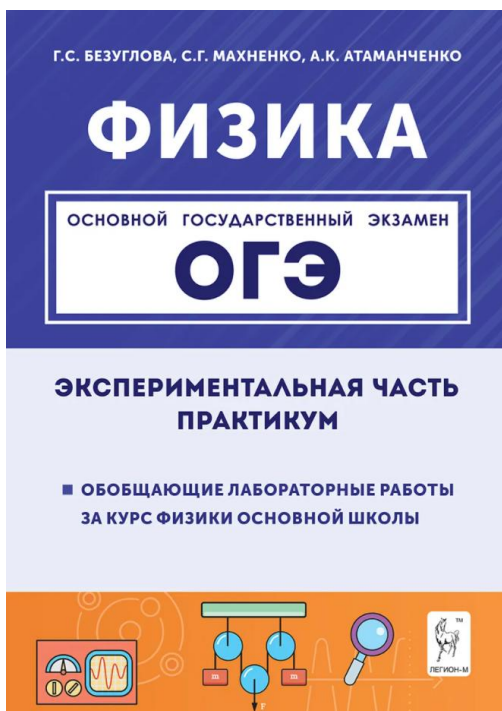
- более 350 заданий, разделенных по уровню разделам физики
- теоретический материал
- решения некоторых заданий
- ответы ко всем заданиям

Оглавление

От автора	5
Теоретический материал для подготовки к ОГЭ	6
§ 1. Механические явления	6
1.1. Кинематика	6
1.2. Динамика	8
1.3. Законы сохранения в механике	9
1.4. Статика. Простые механизмы	10
1.5. Гидростатика	11
1.6. Механические колебания и волны	11
§ 2. Тепловые явления	12
§ 3. Электромагнитные явления	14
3.1. Электризация тел	14
3.2. Постоянный ток	14
3.3. Магнитное поле. Электромагнитная индукция	16
3.4. Электромагнитные колебания и волны	17
§ 4. Элементы оптики	17
§ 5. Квантовые явления	18
§ 6. Краткие справочные данные	19
Экспериментальные задания	21
§ 7. Критерии оценивания	21
Пример реальной работы и её оценивания	24
§ 8. Примеры выполнения заданий	28
§ 9. Задания для самостоятельной работы	32
9.1. Механические явления	32
9.2. Электрические явления	36
9.3. Оптические явления	38

Качественные задания	40
§ 10. Критерии оценивания	40
Пример реальной работы и её оценивания	41
§ 11. Примеры выполнения заданий	43
§ 12. Задачи для самостоятельной работы	49
12.1. Механические явления	49
12.2. Тепловые явления	51
12.3. Электрические явления	53
12.4. Оптические явления	55
Расчётные задания	57
§ 13. Критерии оценивания	57
Пример реальной работы и её оценивания	58
§ 14. Механические явления	61
Примеры выполнения заданий	61
Задачи для самостоятельной работы	87
§ 15. Тепловые явления	100
Примеры выполнения заданий	100
Задачи для самостоятельной работы	106
§ 16. Электрические явления	112
Примеры выполнения заданий	112
Задачи для самостоятельной работы	121
§ 17. Комбинированные задачи	131
Примеры выполнения заданий	131
Задачи для самостоятельной работы	142
17.1. Механические и тепловые явления	142
17.2. Механические и электрические явления	146
17.3. Тепловые и электрические явления	147
Ответы к сборнику заданий	152

ОГЭ – 2025



Книга содержит:

- 24 лабораторные работы
- теоретический материал
- шаблоны выполнения лабораторных работ

Вариант 3. Исследование зависимости выталкивающей силы жидкости от характеристик тела

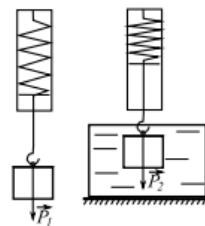
Используя динамометр, цилиндр, сосуд с водой, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости выталкивающей силы от объёма погружённой части тела. Для этого последовательно погрузите цилиндр в воду на четвертую часть объёма, на половину объёма и полностью. Для каждого погружения рассчитайте выталкивающую силу. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,05$ Н.

В бланке ответов

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для измерения выталкивающей силы;
- 2) запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;
- 3) для каждого из трёх погружений укажите в таблице результаты измерений веса цилиндра в воздухе и веса цилиндра в воде (с учётом абсолютных погрешностей измерений), а также для каждого погружения рассчитайте выталкивающую силу;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от объёма погружённой части тела.

Образец возможного оформления

1. Схема эксперимента



$$2. F_{\text{выт}} = P_1 - P_2.$$

3.

	0,25V	0,5V	V
Вес в воздухе P_1	(____ $\pm$ ____) Н	(____ $\pm$ ____) Н	(____ $\pm$ ____) Н
Вес в воде P_2	(____ $\pm$ ____) Н	(____ $\pm$ ____) Н	(____ $\pm$ ____) Н
Выталкивающая сила $F_{\text{выт.}}$	_____ Н	_____ Н	_____ Н

4. Вывод: с увеличением погружённой в жидкость части тела выталкивающая сила, действующая на это тело, _____ (увеличивается, уменьшается).

ЕГЭ - 2025

	ЕГЭ-2024	Баллы
Задания с кратким ответом в виде числа	10	10
Задания с кратким ответом в виде набора цифр	10	18
Задания с развёрнутым ответом	6	17
	26	45

Спецификация ЕГЭ-2025

	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл	Процент выполнения (2024 г)
21	Механика, молекулярная физика или электродинамика	Повышенный	3	37.2
22	Механика или молекулярная физика (в зависимости от тематики качественной задачи)	Повышенный	2	39.9
23	Молекулярная физика или электродинамика (в зависимости от тематики качественной задачи)	Повышенный	2	38.0
24	Молекулярная физика	Высокий	3	21,6
25	Электродинамика	Высокий	3	23,9
26	Механика	Высокий	4	18,2
				19,8

Задание 21

	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
21	Механика, молекулярная физика или электродинамика	П	3

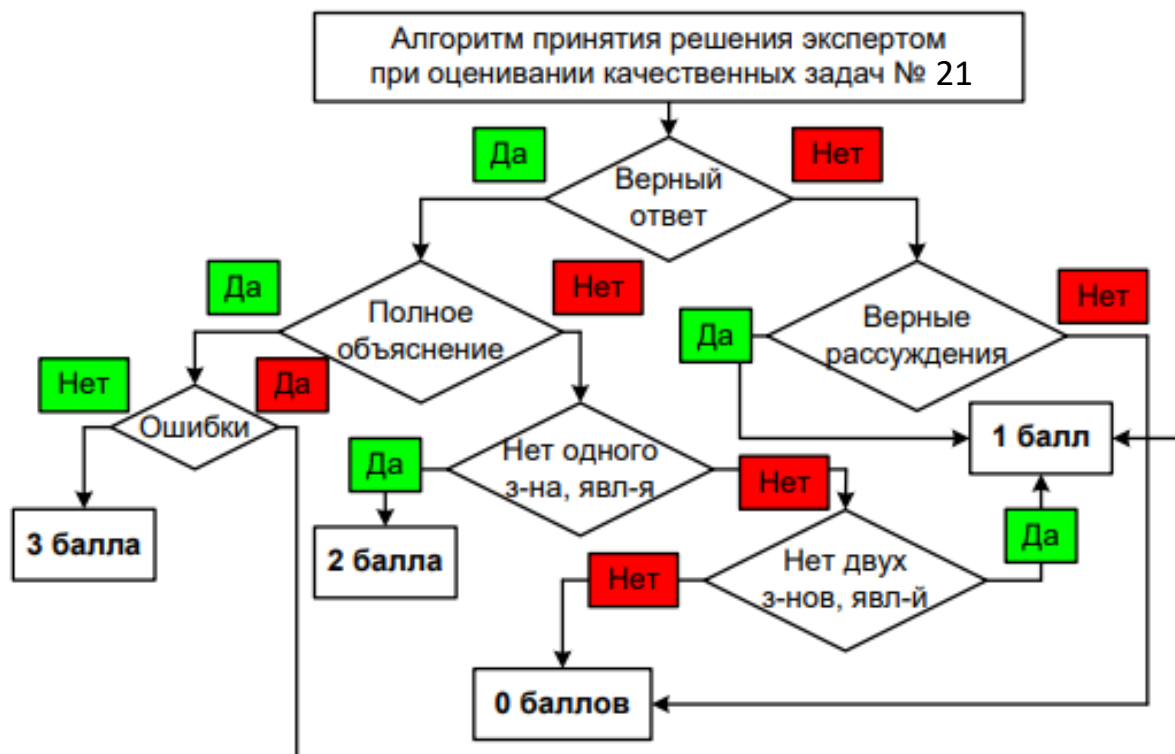
Качественные задачи (№ 21) предполагают решение, состоящее из **ответа** на вопрос и **объяснения** с опорой на изученные физические закономерности или явления. Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания.

Обобщённая схема оценивания строится на основании трёх элементов решения:

- формулировка ответа;
- объяснение;
- прямые указания на физические явления и законы.

Выполнение задания 21 оценивается в 3 балла только при наличии верного ответа.

Задание 21

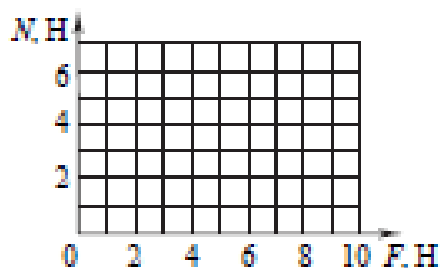
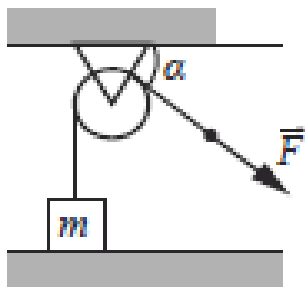


Методические материалы для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2023 года. www.fipi.ru

Задание 21

21. Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила F . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

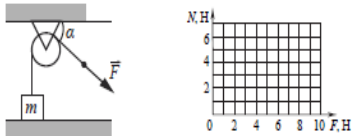
Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



Задание 21

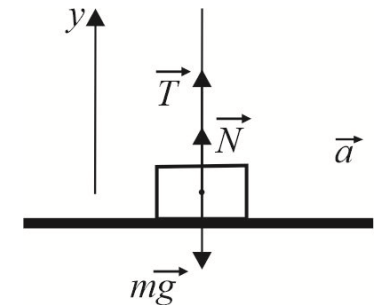
27 Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила $\vec{F}$. Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



Возможное решение:

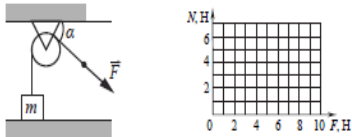
Пока сила F мала, груз покоится относительно стола. На груз при этом действуют сила тяжести mg , сила реакции со стороны стола N и сила натяжения нити T . Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось y введённой системы отсчёта: $N + T - mg = 0$. Так как блок невесомый, нить нерастяжимая $F = T$.



Задание 21

27 Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила F . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.

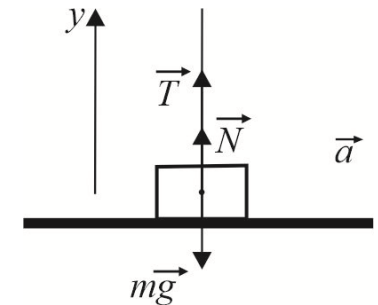


Возможное решение:

Пока сила F мала, груз покоится относительно стола. На груз при этом действуют сила тяжести mg , сила реакции со стороны стола N и сила натяжения нити T . Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось y введённой системы отсчёта: $N + T - mg = 0$. Так как блок невесомый, нить нерастяжимая $F = T$.

Сила натяжения нити $N = mg - F$. В начальный момент времени (когда $F=0$) сила реакции опоры $N = mg = 4$ Н.

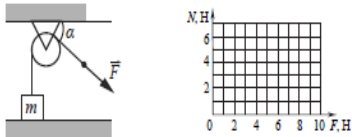
В момент, когда сила F станет равна силе тяжести $F = mg = 4$ Н сила реакции опоры станет равна нулю.



Задание 21

27 Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила F . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



Возможное решение:

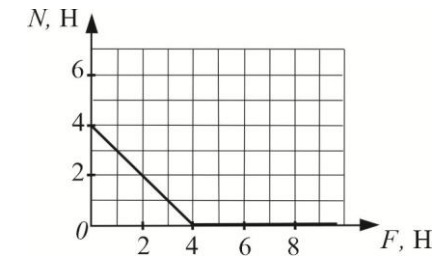
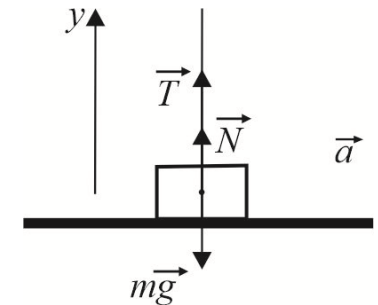
Пока сила F мала, груз покоится относительно стола. На груз при этом действуют сила тяжести mg , сила реакции со стороны стола N и сила натяжения нити T . Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось y введённой системы отсчёта: $N + T - mg = 0$. Так как блок невесомый, нить нерастяжимая $F = T$.

Сила натяжения нити $N = mg - F$. В начальный момент времени (когда $F=0$) сила реакции опоры $N = mg = 4$ Н.

В момент, когда сила F станет равна силе тяжести $F = mg = 4$ Н сила реакции опоры станет равна нулю.

С увеличением силы F тело оторвется от стола и начнет двигаться вертикально вверх с ускорением a .

График зависимости силы реакции опоры N от силы F , с которой тянут груз за веревку, представлен на втором рисунке.

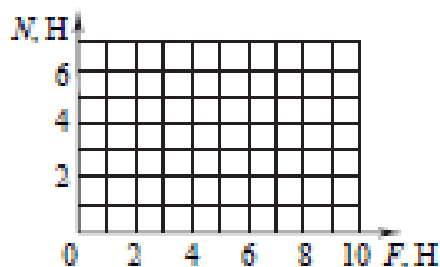
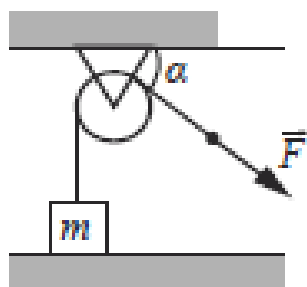


Задание 21

27. Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила F . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



3 балла:

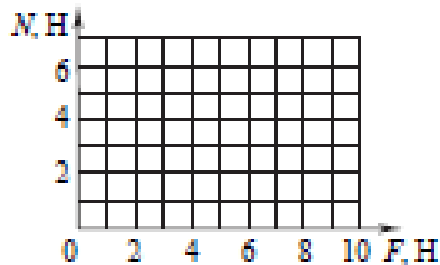
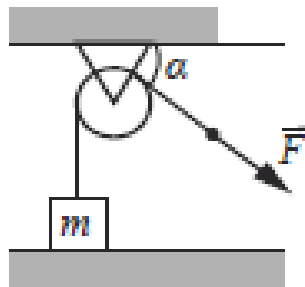
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае правильно построенный график) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае записан второй закон Ньютона, условие отрыва груза от стола)

Задание 21

27. Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила F . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



2 балла:

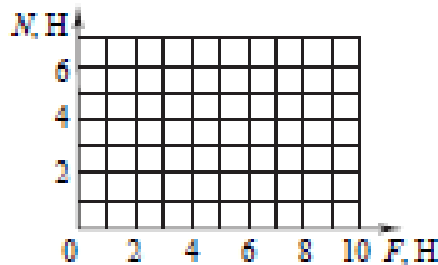
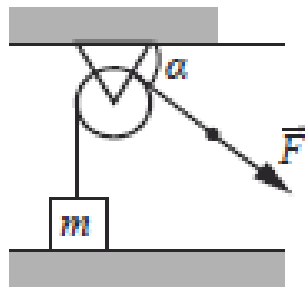
- В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.
- Если указаны все явления и законы, но в них содержится один логический недочет
- Если имеются лишние записи, не входящие в решение
- Если имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул)

Задание 21

27. Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила F . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



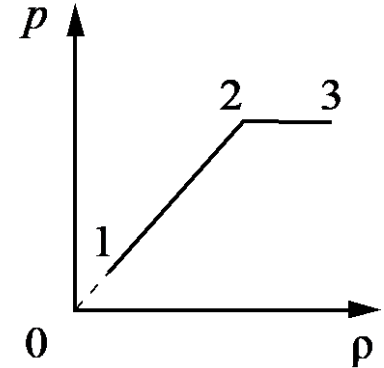
1 балл:

Представлено решение, соответствующее **одному** из следующих случаев.

- Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, в котором не указаны два явления или физических закона
- Имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.
- Имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.
- Имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи, но указаны не все необходимые для решения явления и законы

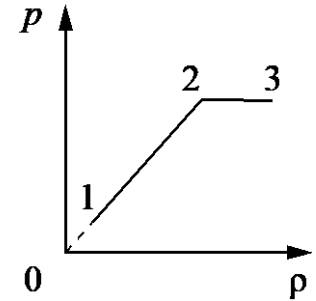
Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



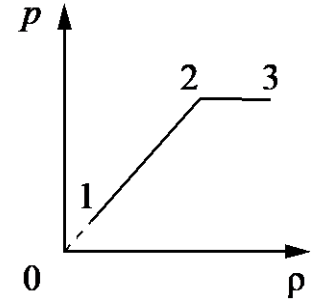
Возможное решение:

1. В соответствии с уравнением Менделеева-Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT$, так как плотность газа $\rho = \frac{m}{V}$, то $p = \frac{\rho}{M}RT$.
2. На участке 2-3 плотность газа увеличивается, давление газа при этом не изменяется (процесс изобарический), следовательно, согласно уравнению Менделеева-Клапейрона температура газа уменьшается. Так как масса газа в этом процессе не меняется, а плотность увеличивается, значит его объём уменьшается.
3. В процессе 1-2 зависимость давления от плотности линейная. Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется (процесс изотермический). Поскольку плотность газа на этом участке тоже увеличивается, объём газа уменьшается.

На участке 1-2 объём уменьшается, температура не меняется, на участке 2-3 объём уменьшается, температура тоже уменьшается.

Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.

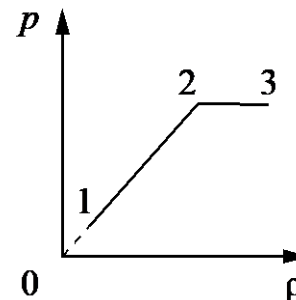


Что должно быть указано в работе **на 3 балла**:

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: **изменение температуры и плотности газа в процессах 1–2 и 2–3**) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: **уравнение Менделеева - Клапейрона , формула плотности вещества**)

Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



Пример решения на 3 балла:

~ 27 по условию масса газа m не изменяется.

1) воспользуемся формулой $p = \frac{pRT}{\mu} \Rightarrow \frac{p}{\rho} = \frac{RT}{\mu}$

Как видно из графика, $\frac{p}{\rho} = \text{const.}$ $R - \text{const}$ $\mu - \text{const} \Rightarrow \Delta T_{1-2} = 0$.

$\Delta T_{1-2} = 0 \Rightarrow$ процесс 1-2 - изотермический. $pV = \text{const}$

давление в ходе процесса увеличивается $\uparrow p \downarrow V = \text{const} \Rightarrow$ объём V уменьшается.

2) как видно из графика, в ходе процесса 2-3 давление p не меняется.

процесс 2-3 - изобарический $\frac{p}{T} = \text{const.}$

$\uparrow p = \frac{p\mu}{RT\downarrow}$ плотность газа в процессе 2-3 увеличивается $\Rightarrow$ температура газа T уменьшается

$\frac{\downarrow V}{\downarrow T} = \text{const}$ процесс изобарический $\Rightarrow V$ уменьшается.

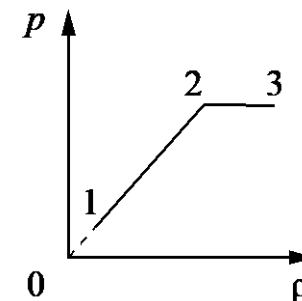
Ответ: 1-2: температура не изменяется, объём уменьшается.

2-3: температура уменьшается, объём уменьшается.

Здесь и далее используются примеры работ из «Методических материалов для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2023 года», www.fipi.ru

Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



2 балла

Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.

Не указано или не используется **одно из** физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.

и (или)

Указаны все необходимые явления и законы, но в них содержится **один логический недочёт**.

и (или)

В решении имеются **лишние** записи

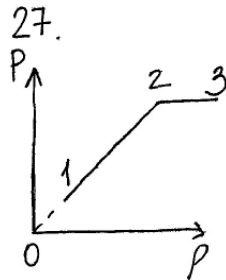
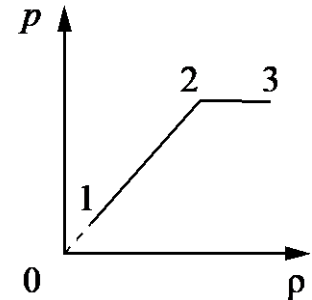
и (или)

В решении **имеется неточность** в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул)

Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.

Пример решение на 2 балла:

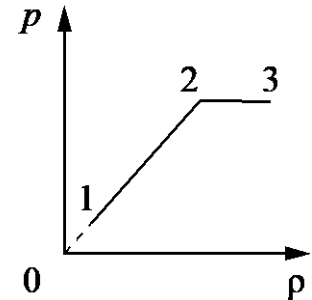


- 1) $m = \text{const}$ (по условию); $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho \sim \frac{1}{V}$
- 2) процесс 1-2 ~~$PV = \text{const}$~~ $P \uparrow$ (увеличивается); $\rho \uparrow$ (ув.)
 $\Rightarrow V \downarrow$ (уменьшается) $\Rightarrow T = \text{const}$ ($P_1 V_1 = P_2 V_2$ по уравнению Клапейрона)
- 3) процесс 2-3 $P = \text{const}$; $\rho \uparrow$ (ув.) $\Rightarrow V \downarrow$ (у.м.)
 $\Rightarrow T \downarrow$ (у.м.) ($\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$) по уравнению Клапейрона

Ответ: 1-2 V - уменьшается; $T = \text{const}$; 2-3 V и T - уменьшаются

Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



1 балл

Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.

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

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения **не доведены до конца**.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, **содержат ошибки**.

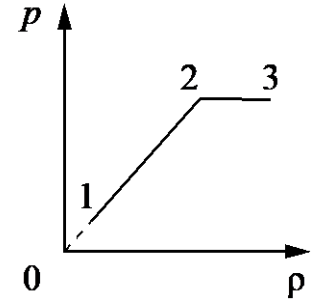
ИЛИ

Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения

Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.

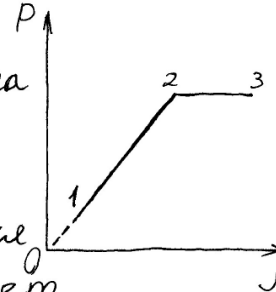
Пример решение на 1 балла:



27. Процесс 1-2 – изохорный,
 $V = \text{const}$ (т.к. прямая 1-2 направлена
в начало координат).

$$P = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = nkT \Rightarrow$$

с ростом плотности и давления
газа температура тоже растет.



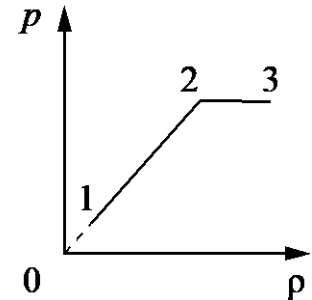
Из графика видно, что процесс 2-3 – изобарный,
 $P = \text{const}$. Следовательно, температура газа с
ростом плотности будет уменьшаться (по
формулам давления). При изобарном процессе
выполняется уравнение Гей-Люссака:

$$\frac{V}{T} = \text{const}.$$
 Поэтому объём будет уменьшаться
вместе с температурой газа.

Ответ: в процессе 1-2 $V = \text{const}$, T увеличивается;
в процессе 2-3 V и T уменьшаются
с ростом плотности газа.

Задание 21

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



Пример решение на 0 баллов:

В процессе 1–2: объём уменьшается т.к. ρ и P возрастают т.е. молекулы становятся ближе к друг другу. А температура ~~возрастает т.к. от внутренней энергии возрастает.~~ $U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$; $U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2$.
 ~~$p_1 V_1 = \nu R T_1$; $p_2 V_2 = \nu R T_2$.~~

$$p_1 < p_2 \rightarrow T_2 > T_1.$$

В процессе 2–3 объём тоже уменьшается т.к. ρ возрастает. Температура ~~тоже~~ не изменяется т.к. вещество переходит в более твердое состояние.

Задание 22-23

	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
22	Механика молекулярная физика (расчётная задача)	П	2
23	Молекулярная физика или электродинамика (расчётная задача)	П	2

Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи

В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе .

Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи

В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе .

2.1.9	Уравнение $p = nkT$	БУ, УУ	+
2.1.10	Модель идеального газа в термодинамике: { Уравнение Менделеева – Клапейрона { Выражение для внутренней энергии Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи): $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$ Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T = \frac{3}{2} pV$	БУ, УУ	+

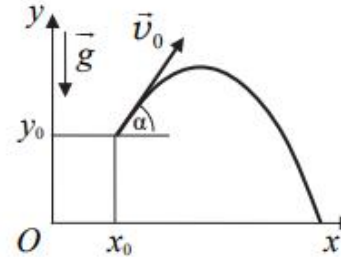
Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи

В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе .

Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом α к горизонту:



$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \\ v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt \\ g_x = 0 \\ g_y = -g = \text{const} \end{cases}$$

Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи

В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе .

2.2.6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$. Вычисление работы по графику процесса на pV -диаграмме	+	+
2.2.7	Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$	+	+

Изобарный процесс:

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + p \Delta V$$

Учитывая уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$Q = \frac{3}{2} p \Delta V + p \Delta V = \frac{5}{2} p \Delta V$$

Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи,
- описание вводимых величин (в разделе «Дано», на рисунках или графиках, в самом решении)

Стандартными считаются обозначения физических величин, принятые в кодификаторе

Дано:

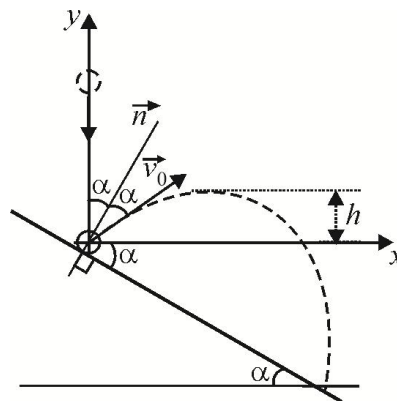
$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 3 \text{ кг}$$

$$v_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 15 \text{ м/с}$$

$$v_3 = ?$$



h – максимальная высота подъёма после отскока (относительно точки отскока)

Q_1 – количество теплоты, полученное в процессе нагревания воды

Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи,
- описание вводимых величин (в разделе «Дано», на рисунках или графиках, в самом решении)
- математические преобразования,
- расчёты
- численный ответ с единицами измерения

$$F = \frac{\mu * mg - F_{\text{тр}}}{\mu * \sin \alpha} = \frac{0,2 * 2 * 10 - 2,8}{0,2 * 0,5} = 12 \text{ Н}$$

Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи,
- описание вводимых величин (в разделе «Дано», на рисунках или графиках, в самом решении)
- математические преобразования,
- расчёты
- численный ответ с единицами измерения
- при необходимости рисунок, поясняющий решение.

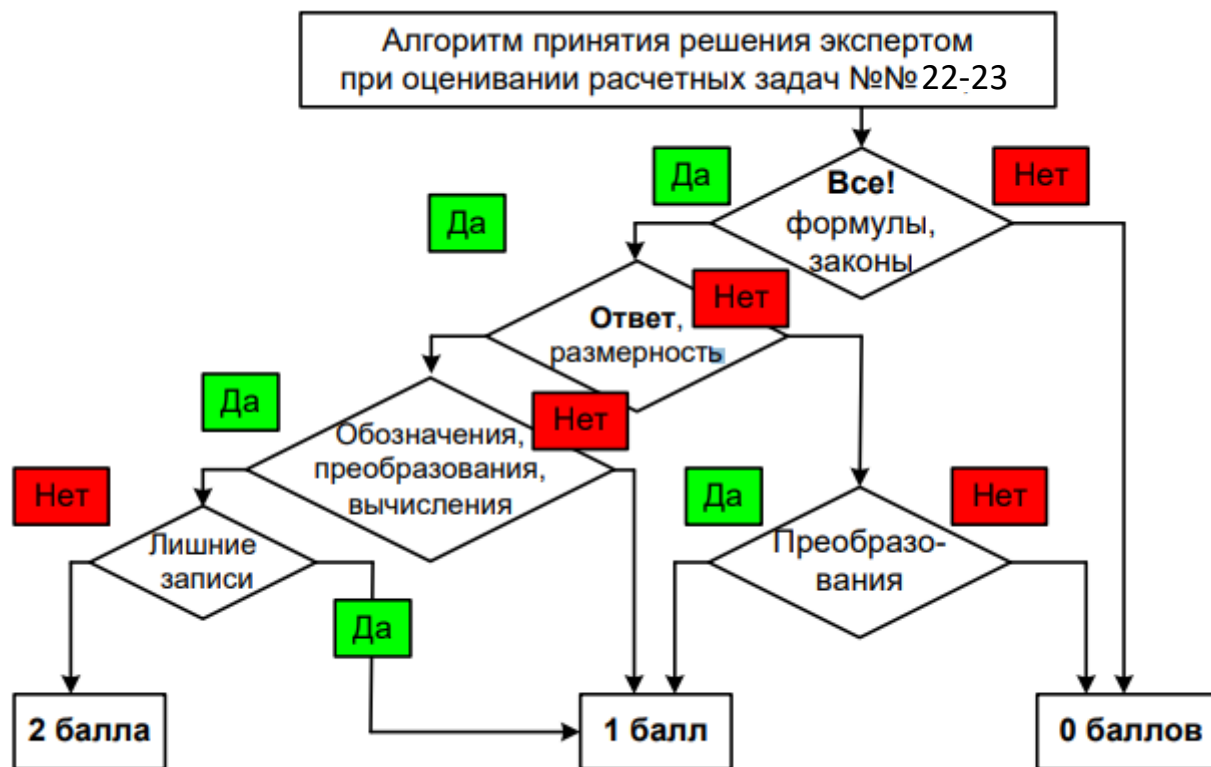
Задание 22-23

Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи,
- описание вводимых величин (в разделе «Дано», на рисунках или графиках, в самом решении)
- математические преобразования,
- расчёты
- численный ответ с единицами измерения
- при необходимости рисунок, поясняющий решение.

И не должно содержать лишних записей (не входящих в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты)

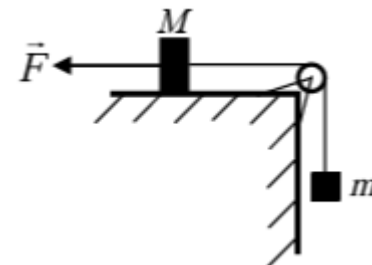
Задание 22-23



Методические материалы для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2023 года. www.fipi.ru

Задание 22-23

Груз массой $M = 0,8$ кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой $m = 0,5$ кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила F (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с², направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен $0,2$. Чему равен модуль силы F ?



Возможное решение:

Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную и вертикальную оси, направленные по направлению движения грузов.

Для верхнего груза: $Ma = T - F - F_{\text{тр}}$ и $0 = N - Mg$.

Для нижнего груза: $ma = mg - T$.

Связь силы трения скольжения и силы реакции опоры: $F_{\text{тр}} = \mu * N$.

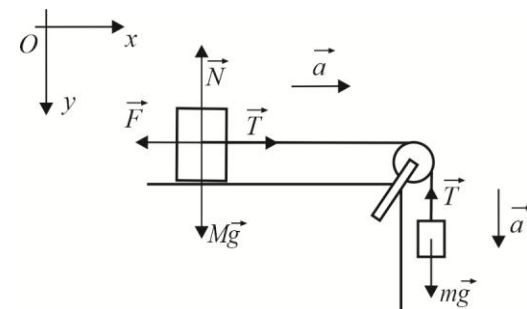
Выполняя преобразования, получим

$$Ma = T - F - \mu * Mg, \quad ma = mg - T. \Rightarrow T = m(g - a)$$

$$F = T - \mu Mg - Ma = m(g - a) - \mu Mg - Ma$$

$$F = 0,5 * (10 - 2) - 0,2 * 0,8 * 10 - 0,8 * 2 = 0,8 \text{ Н}$$

Ответ: $0,8$ Н



Задание 22-23

2 балла:

- записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *второй закон Ньютона, формула для силы трения скольжения*);
- описаны все вводимые буквенные обозначения физических величин.
- проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);
- представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.

Задание 22-23

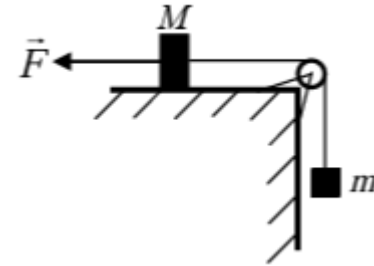
1 балл:

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 вновь вводимым в решении буквенные обозначения физических величин, представлены не в полном объёме или отсутствуют.
- В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.
- В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.
- Отсутствует ответ или в нём допущена ошибка

Задание 22-23

Груз массой $M = 0,8$ кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой $m = 0,5$ кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила F (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с^2 , направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен $0,2$. Чему равен модуль силы F ?



Решение на 2 балла:

Дано
 $M = 0,8 \text{ кг}$
 $m = 0,5 \text{ кг}$
 $a = 2 \text{ м/с}^2$
 $\mu = 0,2$
 $F = ?$

1 тело:

$$\begin{cases} \text{ор: } Mg = N \\ \text{ох: } T - F - F_{\text{тр}} = Ma \quad (1) \\ F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg \quad (2) \end{cases}$$

2 тело:

$$mg - T = ma$$
$$T = mg - ma = m(g - a) \quad (3)$$

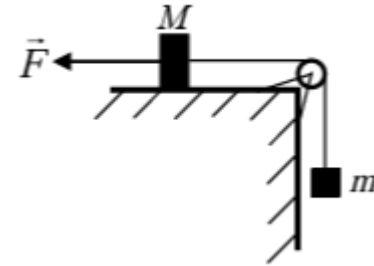
(2) и (3) $\rightarrow$ (1)

$$m(g - a) - F - \mu Mg = Ma$$
$$F = m(g - a) - M(\mu g + a)$$
$$F = 0,5(10 - 2) - 0,8(0,2 \cdot 10 + 2) = 0,5 \cdot 8 - 0,8 \cdot 4 = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ Н}$$

Ответ: $0,8 \text{ Н}$

Задание 22-23

Груз массой $M = 0,8$ кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой $m = 0,5$ кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила F (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с², направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен $0,2$. Чему равен модуль силы F ?



Решение на 1 балл:

Дано:

$M = 0,8$ кг

$m = 0,5$ кг

$\mu = 0,2$

$a = 2$ м/с²

$F = ?$

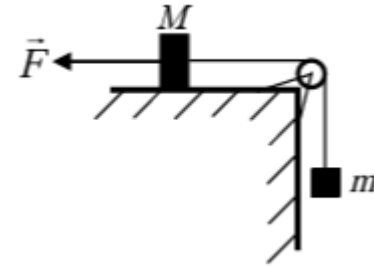
Список уравнений на оси (вз. Ньютона)

$$\begin{cases} F_{\text{тр}} = \mu N \\ N = Mg - \text{на } ay \\ T - F - F_{\text{тр}} = Ma \\ mg - T = ma \end{cases}$$
$$Ma + ma = mg - F - F_{\text{тр}}$$
$$F = mg - \mu Mg - Ma - ma = 0,8 \text{ Н}$$

Ответ: $0,8$ Н

Задание 22-23

Груз массой $M = 0,8$ кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой $m = 0,5$ кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила F (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с², направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен $0,2$. Чему равен модуль силы F ?



Решение на 1 балл:

Дано:	Решение:
$M = 0,8 \text{ кг}$	Тело m : $\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$ ОУ: $mg - T = ma$
$m = 0,5 \text{ кг}$	Тело M : $\vec{F} + \vec{N} + M\vec{g} = M\vec{a}$ ОХ: $T - F - F_{\text{тр}} = Ma$
$a = 2 \text{ м/с}^2$	ОУ: $N = Mg$
$\mu = 0,2$	$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$
$ F = ?$	$F = mg - ma - \mu Mg - Ma = 0,5 \cdot 8 - 0,5 \cdot 2 - 0,8 \cdot (0,2 \cdot 10 - 2) = 4 \text{ Н}$
	Ответ: 4 Н.

Задание 22-23

23. В собирающей линзе с фокусным расстоянием $F = 20$ см получено действительное изображение предмета, который располагается на расстоянии $d = 36$ см от оптического центра линзы. Высота предмета равна $H = 4$ см. Постройте изображение в линзе и найдите высоту изображения.

Возможное решение:

Применим формулу тонкой собирающей линзы:

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

откуда

$$f = \frac{dF}{d - F}$$

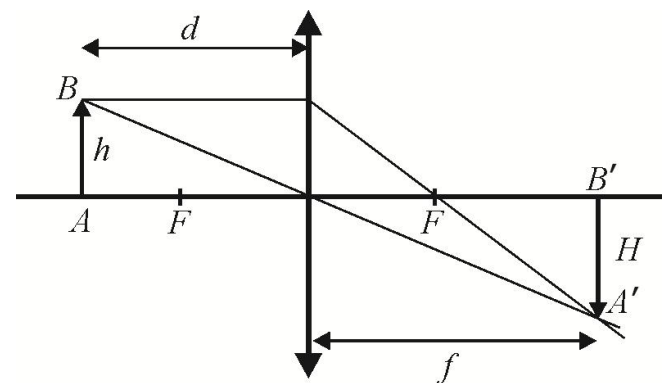
Увеличение, даваемое линзой, по определению

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

Откуда

$$H = \frac{hf}{d} = \frac{hF}{d - f} = \frac{4 \cdot 20 \text{ см}}{36 \text{ см} - 20 \text{ см}} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 5 см



Задание 22-23

23. В собирающей линзе с фокусным расстоянием $F = 20$ см получено действительное изображение предмета, который располагается на расстоянии $d = 36$ см от оптического центра линзы. Высота предмета равна $H = 4$ см. Постройте изображение в линзе и найдите высоту изображения.

2 балла:

- написана формула тонкой линзы и формула для нахождения увеличения линзы
- представлен рисунок хода лучей в линзе
- описаны все вводимые обозначения
- Проведены все необходимые преобразования и расчеты
- представлен верный ответ с единицами измерения

Задание 22-23

23. В сосуд, в котором находилось некоторое количество воды при температуре 20 °С, долили 2 л воды, взятой при температуре 80 °С. Определите первоначальный объём воды в сосуде, если известно, что установившаяся в смеси температура равна 40 °С. Теплообменом с сосудом пренебречь.

Возможное решение:

Дано: $t_1=20\text{ °С}$, $t_2=80\text{ °С}$, $t_3=40\text{ °С}$, $V_2=2\text{ л}$.

Найдём массу долитой жидкости: $m_2 = V_2 \cdot \rho_{\text{в}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 2\text{ (кг)}$.

Количество теплоты, которое отдаст первая жидкость, можно найти по формуле $Q_1 = c_{\text{в}} \cdot m_1 (t_3 - t_1)$.

Количество теплоты, которое получила вторая, нагреваясь до температуры t_3 :
 $Q_2 = c_{\text{в}} \cdot m_2 (t_2 - t_3)$.

$$Q_1 = Q_2.$$

$$c_{\text{в}} m_1 (t_3 - t_1) = c_{\text{в}} m_2 (t_2 - t_3).$$

Выразим отсюда первоначальную массу воды m_1 : $m_1 = \frac{m_2 (t_2 - t_3)}{t_3 - t_1}$.

Тогда первоначальный объём воды $V_1 = m_1 / \rho_{\text{в}} = \frac{m_2 (t_2 - t_3)}{\rho_{\text{в}} (t_3 - t_1)}$,

$$V_1 = \frac{2(80-40)}{1000(40-20)} = 0,004\text{ м}^3 = 4\text{ (л)}.$$

Ответ: 4 л.

Задание 22-23

23. В сосуд, в котором находилось некоторое количество воды при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, долили 2 л воды, взятой при температуре $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите первоначальный объём воды в сосуде, если известно, что установившаяся в смеси температура равна $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплообменом с сосудом пренебречь.

2 балла:

- если написано формулы для количества теплоты, выделяющегося при охлаждении и нагревании вещества, уравнение теплового баланса
- описаны все вводимые обозначения
- Проведены все необходимые преобразования и расчеты
- представлен верный ответ с единицами измерения

Задание 24-26

	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
24	Молекулярная физика	Высокий	3
25	Электродинамика	Высокий	3
26	Механика	Высокий	4

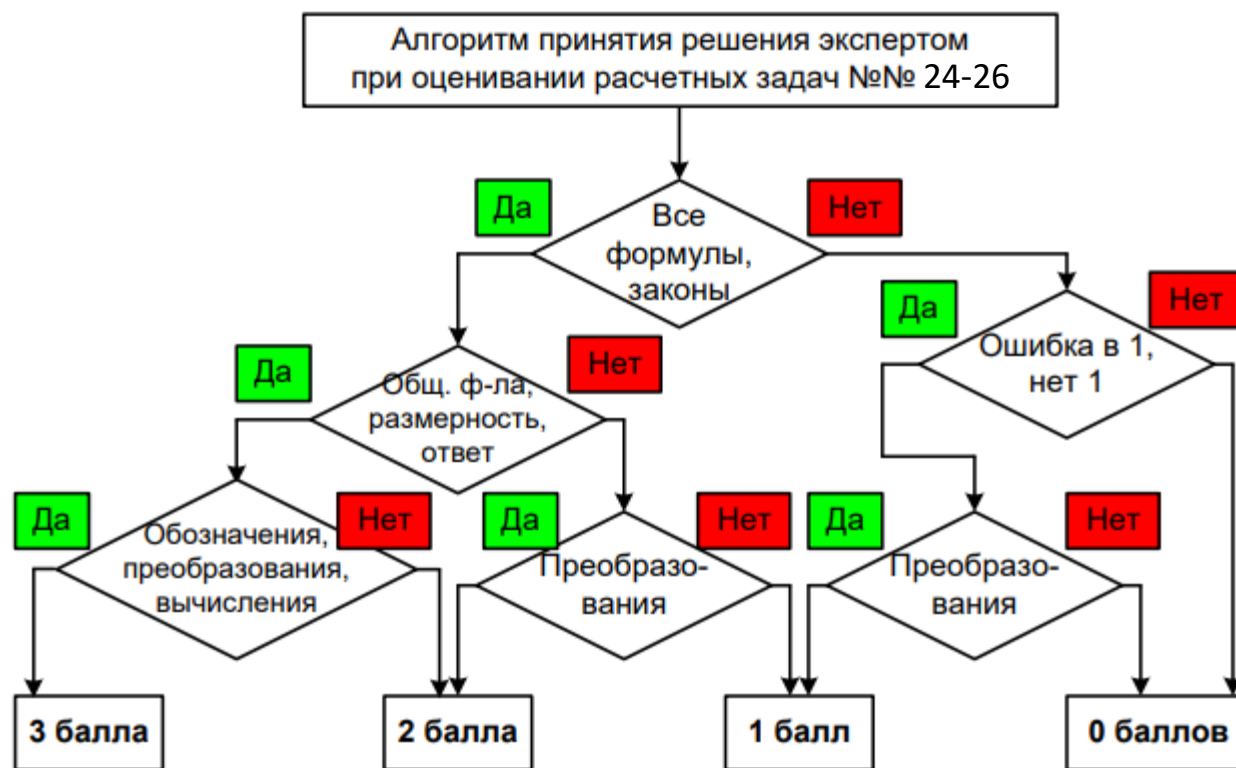
Задание 24-26

Полное правильное решение на **3 балла** задач 24 – 26 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи,
- описание вводимых величин (в разделе «Дано», на рисунках или графиках, в самом решении)
- математические преобразования,
- расчёты
- численный ответ с единицами измерения
- при необходимости рисунок, поясняющий решение.

И не должно содержать лишних записей (не входящих в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты)

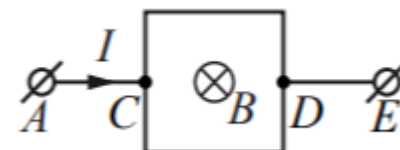
Задание 24-26



Методические материалы для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2023 года. www.fipi.ru

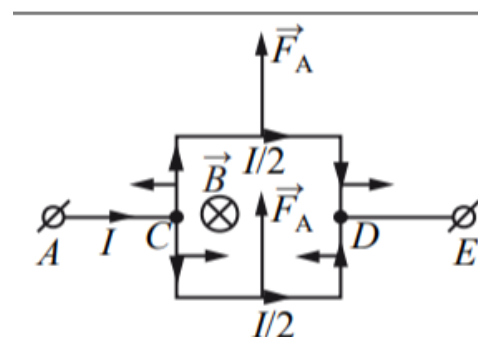
Задание 24-26

Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая действует на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0,2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку



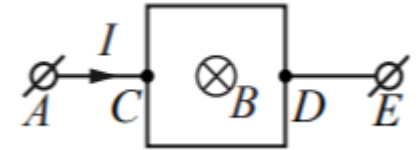
Возможное решение:

1. В точке C ток I разделяется на два одинаковых по силе тока: $I_1 = I_2 = 0,5 I = 1$ А так как сопротивление обеих половин рамки одинаково.
 2. На каждый из участков прямого провода действует своя сила Ампера, перпендикулярная направлению тока и вектору магнитной индукции. Направление силы Ампера, действующей на проводник с током, определим по правилу левой руки (см. рисунок).
 3. Так как $F_A = I B l$ (l – длина проводника), то силы, действующие на вертикальные стороны рамки, компенсируют друг друга, а силы, действующие на горизонтальные стороны, складываются, так как они сонаправлены друг другу.
 4. Окончательно получим: $F = 2F_A = 2IBL = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 0,04$ Н (L – длина стороны рамки).
- Ответ: $F = 0,04$ Н



Задание 24-26

Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая действует на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0,2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку

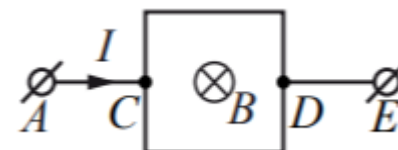


3 балла:

- 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: **формула для силы Ампера, правило левой руки, принцип суперпозиции сил**);
- 2) сделан правильный рисунок, на котором указаны все силы, действующие на рамку;
- 3) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин
- 4) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу;
- 5) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Задание 24-26

Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая действует на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0,2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку



3 балла:

Дано:
 $L = 10$ см.
 $I = 2$ А
 $B = 0,2$ Тл.
 $F_A = ?$

Полная сила Ампера
 $\vec{F}_A = \vec{F}_{A1} + \vec{F}_{A2} + \vec{F}_{A3} + \vec{F}_{A4} + \vec{F}_{A5} + \vec{F}_{A6}$

т.к. F_{A1} направлено противоположно F_{A3} и I_1 одинаковы;
 F_{A4} противоположно F_{A6} , а I_2 одинаковы то.

$\vec{F}_A = \vec{F}_{A2} + \vec{F}_{A5}$; т.к. F_{A2} направлено вправо, а F_{A5} направлено влево, то $F_A = F_{A2} + F_{A5}$.

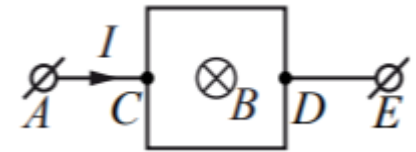
По формуле силы Ампера
 $F_A = BIL \sin \alpha$; $F_A = BI_1 L + BI_2 L = BL(I_1 + I_2)$

т.к. $I = I_1 + I_2$;
 $F_A = IBL = 0,2 \text{ Тл} \cdot 2 \text{ А} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,04 \text{ Н}.$

Ответ: $0,04 \text{ Н}.$

Задание 24-26

Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая действует на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0,2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку



2 балла:

Дано: $L = 0,1$ м $I = 2$ А $B = 0,2$ Тл
 $F_A = ?$

$F_A = IBL \cdot \sin \alpha$
 т.к. $B \perp$ рамке, то $\sin \alpha = 1$

Определим F_A для каждого участка по формуле Лавуа рун:
 для 1-2: $\vec{F}_A \uparrow$ 1-3: $\vec{F}_1 \leftarrow$ из вершины
 3-4: $\vec{F}_A \uparrow$ 5-3: $\vec{F}_3 \rightarrow$ из вершины
 4-5: $\vec{F}_A \leftarrow$ 2-6: $\vec{F}_2 \rightarrow$ из вершины
 6-4: $\vec{F}_4 \leftarrow$ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$

т.к. стороны рамки имеют равное сопротивление, то сила тока в точке С делится пополам и $I_{1-2} = I_{3-4} = 1$ А

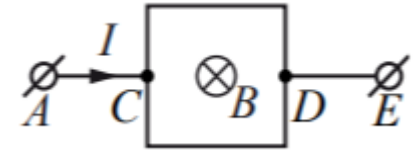
$\vec{F}_A = \vec{F}_{1-2} + \vec{F}_{3-4}$. т.к. токи текут в разные стороны, следовательно, $F_{1-2} = F_{3-4}$.

Тогда $\vec{F}_{A \text{ всего}} = 2 \vec{F}_{1-2} = 2 \cdot IBL = 2 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,04$ Н.

Ответ: $F_A = 0,04$ Н.

Задание 24-26

Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая действует на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0,2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку



1 балла:

Дано:
 $L = 10$ см
 $I = 2$ А
 $B = 0,2$ Тл
 $B \perp I$
 R - одинаков
 $F_A = ?$

М
 $0,1$ м

Решение

Т.к. участки 1-3 и 4-6 соединены параллельно и R - везде одинаково, то $I_{13} = I_{46} = \frac{1}{2} I$

Участки 1, 2, 3, 4, 5, 6 соединены последовательно $\Rightarrow I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = \frac{1}{2} I$

$\vec{F}_A = \vec{F}_{A1} + \vec{F}_{A2} + \vec{F}_{A3} + \vec{F}_{A4} + \vec{F}_{A5} + \vec{F}_{A6} =$
 $= 5 \sin 90^\circ \cdot \frac{1}{2} I B \left(\frac{L}{2} + L + \frac{L}{2} + \frac{L}{2} + L + \frac{L}{2} \right) = \frac{1}{2} I B 4 L$

$F_A = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ А} \cdot 0,2 \text{ Тл} \cdot 4 \cdot 0,1 \text{ м} = 0,08 \text{ Н}$

Ответ: 0,08 Н

Задание 26

	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
26	Механика (расчётная задача)	В	4

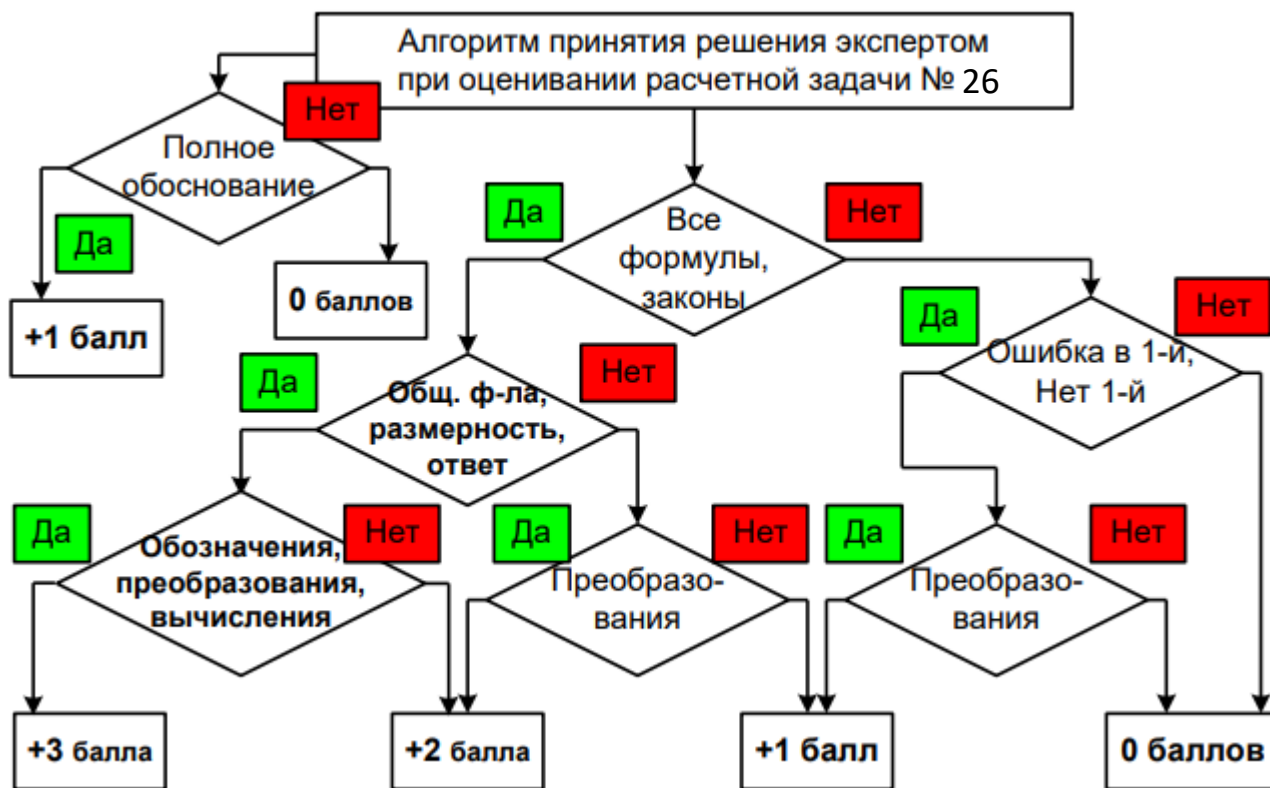
Полное правильное решение задачи 26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

Кроме того, начиная с этого года дополнительно к решению задания 26 необходимо представить обоснование использования законов и формул для условия задачи. Данная задача оценивается максимально 4 баллами, при этом выделено **два критерия** оценивания: для обоснования использования законов и для математического решения задачи.

Будут представлены задачи по темам: применение законов Ньютона (связанные тела) и применение законов сохранения в механике.

4 балла = 3 балла за решения + 1 балл за обоснование

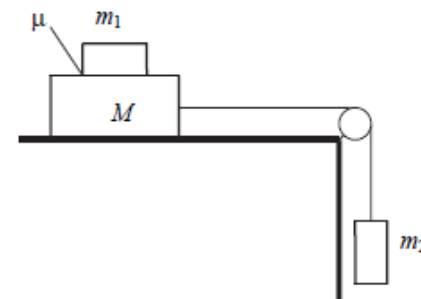
Задание 26



Методические материалы для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2022 года. www.fipi.ru

Задание 26

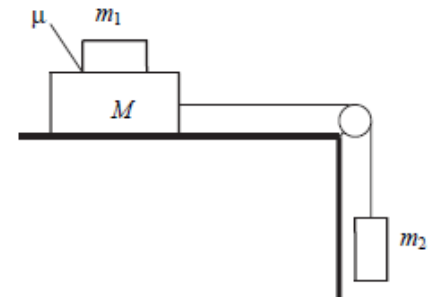
Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое? Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



Обоснование

1. Инерциальность системы отсчёта
2. Движение тел поступательное (грузы - материальные точки)



Для решения задачи можем использовать 2 и 3 законы Ньютона

3. Рисунок со всеми действующими на тело силами + выбор направления осей.
4. Невесомость нити и идеальность блока



Силы натяжения нити в любой ее точке одинаковы

5. Нерастяжимость нити
6. Условие неподвижности груза m_1



Грузы движутся с одинаковыми ускорениями.



$$F_{\text{тр}} \leq \mu \cdot N$$

Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

Обоснование

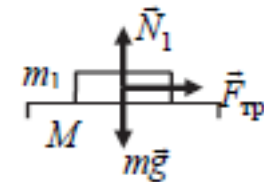
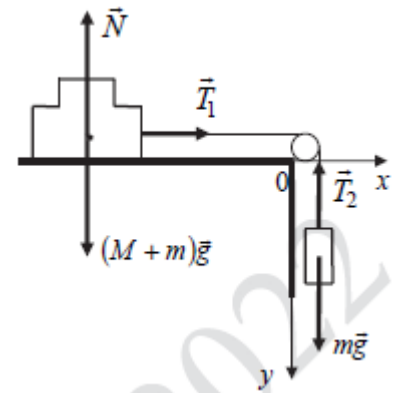
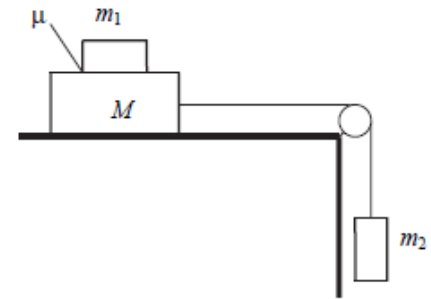
Будем считать систему отсчёта, связанную со столом, инерциальной. Пока грузы M и m_1 движутся как одно целое, их можно считать одним твёрдым телом сложной формы массой $M+m$. Это тело движется поступательно, как и груз m_2 , поэтому эти тела можно описывать моделью материальной точки. В ИСО движение материальной точки описывается вторым законом Ньютона. Покажем на рисунке внешние силы, действующие на это тело и на груз m_2 . Так как нить лёгкая и скользит по блоку без трения, то можно считать

$$T_1 = T_2 = T. \quad (1)$$

Так как нить нерастяжима, то ускорения тел

$$a_1 = a_2 = a. \quad (2)$$

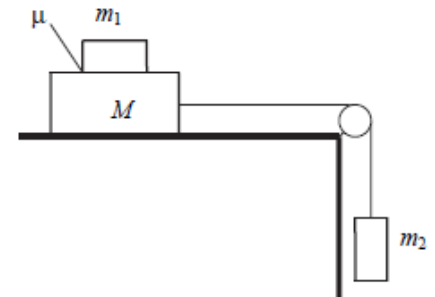
Силы, действующие на груз m_1 , показаны на втором рисунке. Так как на груз действует сила трения покоя, то она удовлетворяет условию $F_{\text{тр}} < \mu N_1$.



Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

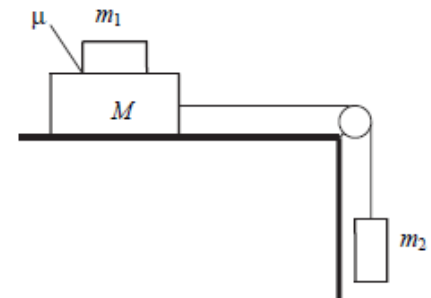


Критерий оценивания	Баллы
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей) . В данном случае: выбор инерциальной системы отсчета, модель материальной точки, равенство сил натяжений нити, равенство ускорений	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Всего	1

Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



Возможное решение:

1. Запишем второй закон Ньютона для каждого из тел

$$(M + m)\vec{a}_1 = \vec{T}_1 + \vec{N} + (M + m)\vec{g} \quad m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{T}_2$$

Учтем, что ускорения тел одинаковы, силы натяжения нити равны, и запишем эти законы в проекциях на оси Ox и Oy введённой системы координат. Ox : $(M+m)a = T$,

$$Oy: ma = mg - T$$

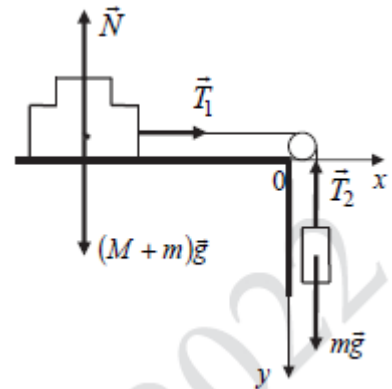
Сложим уравнения. Получим:

$$(M + 2m)a = mg \implies a = g \frac{m}{M+2m}$$

2. Запишем второй закон Ньютона для груза m_1 : $m\vec{a} = \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}}$

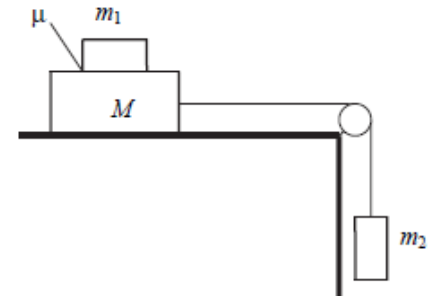
В проекциях на оси Ox и Oy :

$$\begin{cases} Ox: & ma = F_{\text{тр}} \\ Oy: & mg - N_1 = 0 \\ & F_{\text{тр}} \leq \mu N_1 \end{cases}$$



Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое? Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



Получим:

$$ma \leq \mu N_1 = \mu mg ,$$

откуда
$$a = g \frac{m}{M + 2m} \leq \mu g .$$

Решая неравенство $\frac{m}{M + 2m} \leq \mu$ относительно m , получим:

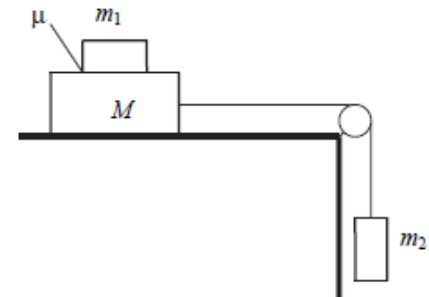
$$m \leq \frac{\mu M}{1 - 2\mu} = \frac{0,2 \cdot 1,2}{1 - 2 \cdot 0,2} = 0,4 \text{ (кг)}$$

Ответ: $m \leq 0,4$ кг

Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



3 балла:

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: *второй закон Ньютона для всех грузов, формула для силы трения покоя*);

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*);

III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

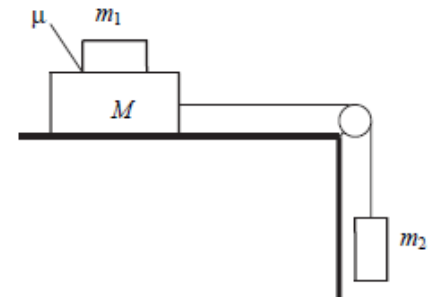
IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины

В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе. Стандартными считаются обозначения физических величин, принятые в кодификаторе.

Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



2 балла:

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 объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

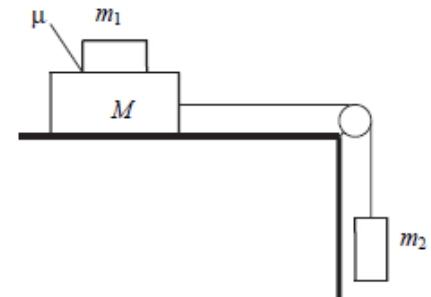
И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)

Задание 26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



1 балл:

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

Задание 26

Лестница длиной $l = 4,0$ м приставлена к идеально гладкой стене под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом $\mu = 0,33$. На какое расстояние S вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнёт скользить? Массу лестницы не учитывать.

Задание 26

Лестница длиной $l = 4,0$ м приставлена к идеально гладкой стене под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом $\mu = 0,33$. На какое расстояние S вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнёт скользить? Массу лестницы не учитывать.

Обоснование

1. Инерциальность системы отсчёта
2. Форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным  Модель твёрдого тела
3. Рисунок со всеми действующими на тело силами + выбор направления осей.
4. Условие равновесия тела в зависимости от вида возможного движения (для поступательного движения – равенство нулю векторной суммы сил, для вращательного – равенство нулю суммы моментов сил относительно выбранной точки)

Задание 26

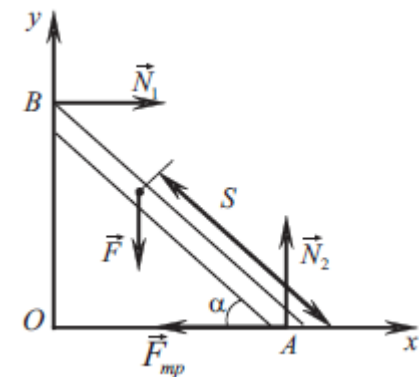
Лестница длиной $l = 4,0$ м приставлена к идеально гладкой стене под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом $\mu = 0,33$. На какое расстояние S вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнёт скользить? Массу лестницы не учитывать.

Обоснование

Инерциальную систему отсчёта, относительно которой лестница находится в равновесии, удобно связать с поверхностью Земли. Расставим силы, действующие на лестницу и направим оси декартовой системы координат, как показано на рисунке. Описываем стержень АВ моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

В случае скольжения лестница будет участвовать в сложном движении: поступательном (вдоль оси Ox) и вращательном (вокруг оси в точке А, проходящей через нижний конец лестницы).

Следовательно, для решения задачи необходимо использовать оба условия равновесия тела. Первое для поступательного движения (сумма внешних сил равна нулю); второе – для вращательного движения (сумма моментов внешних сил относительно оси вращения равна нулю).



Задание 26

Лестница длиной $l = 4,0$ м приставлена к идеально гладкой стене под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом $\mu = 0,33$. На какое расстояние S вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнёт скользить? Массу лестницы не учитывать.

Критерий оценивания	Баллы
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Всего	1

Комментарии

- Решение экзаменуемого может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение).
- В качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе. При этом форма записи формулы значения не имеет. Если же выпускник использовал в качестве исходной формулы ту, которая не указана в кодификаторе, то работа оценивается исходя из отсутствия одной из необходимых для решения формул.
- Решение задач может оцениваться в 2 балла при полном правильном решении и верном ответе, если не описаны дополнительно введённые физические величины. Описанием считается словесное указание на величину рядом с её символическим обозначением, указание символического обозначения величины в записи условия («Дано») или на схематическом рисунке. Допускается введение новых величин без описания, если используются стандартные обозначения, принятые в кодификаторе

www.fipi.ru

Комментарии

- Если в тексте задания требуется сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело, то правильным считается рисунок, в котором верно указаны все необходимые силы и их направление. Ошибка в соотношении длин векторов и отсутствие знака вектора не считаются ошибками.
- При проверке правильности числового ответа необходимо проверить вычисления экзаменуемого при помощи калькулятора. Допускаются округления с учётом того числа значащих цифр, которые указаны в условии задачи. Избыточная точность числового ответа не считается ошибкой. При решении задачи по действиям допускается погрешность ответа, не меняющая физической сути числового ответа задачи.

ЕГЭ – 2025



Книга содержит:

- 30 тренировочных вариантов
- теоретический материал
- ответы ко всем вариантам
- решение всех заданий с развернутым ответом

Оглавление

Глава I	Теоретический материал для подготовки к ЕГЭ	5
§ 1.	Механика	5
1.1.	Основные понятия и законы кинематики	5
1.2.	Основные понятия и законы динамики	8
1.3.	Основные понятия и законы статики и гидростатики	10
1.4.	Законы сохранения	13
1.5.	Механические колебания и волны	14
§ 2.	Молекулярная физика. Термодинамика	16
2.1.	Газовые законы	17
2.2.	Элементы термодинамики	18
§ 3.	Электродинамика	21
3.1.	Основные понятия и законы электростатики	21
3.2.	Электроёмкость. Конденсаторы.	23
3.3.	Основные понятия и законы постоянного тока	24
3.4.	Основные понятия и законы магнитостатики	26
3.5.	Основные понятия и законы электромагнитной индукции	27
3.6.	Электромагнитные колебания и волны	28
§ 4.	Оптика	30
4.1.	Основные понятия и законы геометрической оптики	30
4.2.	Основные понятия и законы волновой оптики	32
§ 5.	Основы специальной теории относительности (СТО)	34
§ 6.	Квантовая физика	35
6.1.	Основные понятия и законы квантовой физики	35
6.2.	Основные понятия и законы ядерной физики	36
§ 7.	Методы научного познания и физическая картина мира	37
	Краткие справочные данные	40
Глава II	Тренировочные варианты	42
	Инструкция по выполнению работы	42
	Вариант № 1	44
	Вариант № 2	54
	Вариант № 3	65
	Вариант № 4	75
	Вариант № 5	85

Вариант № 6	96
Вариант № 7	107
Вариант № 8	119
Вариант № 9	131
Вариант № 10	143
Вариант № 11	155
Вариант № 12	166
Вариант № 13	177
Вариант № 14	188
Вариант № 15	199
Вариант № 16	209
Вариант № 17	219
Вариант № 18	230
Вариант № 19	241
Вариант № 20	252
Вариант № 21	263
Вариант № 22	273
Вариант № 23	283
Вариант № 24	293
Вариант № 25	303
Вариант № 26	313
Вариант № 27	322
Вариант № 28	333
Вариант № 29	342
Вариант № 30	352
Решения заданий с развёрнутым ответом	363
Ответы	496

ЕГЭ – 2025



Книга содержит:

- около 1500 заданий, разделенных по уровню сложности и разделу физики
- краткую теорию к каждому разделу
- ответы ко всем заданиям
- решения примерно трети заданий

Оглавление

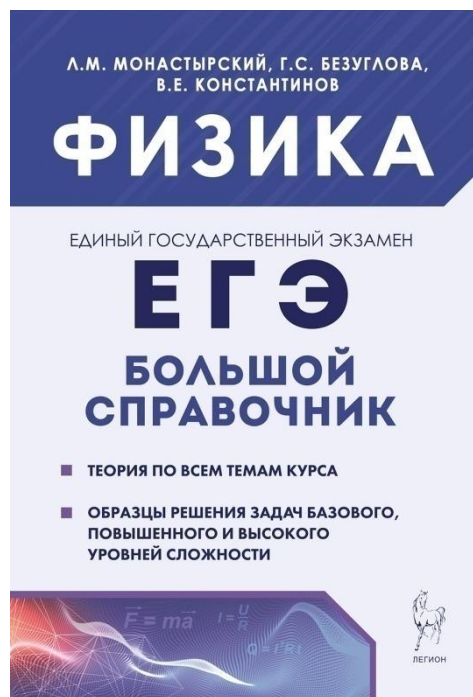
От авторов	8
Краткие справочные данные	11
Глава I. Механика	14
Теоретический материал	14
Кинематика	14
Динамика материальной точки	17
Законы сохранения в механике	19
Статика	21
Расчётные задания базового уровня сложности	22
§ 1. Кинематика	22
1.1. Движение с постоянной скоростью	22
1.2. Сложение скоростей	25
1.3. Движение с постоянным ускорением	27
1.4. Свободное падение	33
1.5. Движение по окружности	36
§ 2. Динамика	38
2.1. Законы Ньютона	38
2.2. Сила всемирного тяготения, закон всемирного тяготения	42
2.3. Сила тяжести, вес тела	43
2.4. Сила упругости, закон Гука	45
2.5. Сила трения	46
§ 3. Законы сохранения в механике	48
3.1. Импульс. Закон сохранения импульса	48
3.2. Работа силы. Мощность	52
3.3. Кинетическая энергия и её изменение	53
3.4. Потенциальная энергия	54
3.5. Закон сохранения и изменения механической энергии	55
§ 4. Статика и гидростатика	58
4.1. Равновесие тел	58
4.2. Закон Архимеда. Условие плавания тел	60
Изменение физических величин в процессах	61
Установление соответствия между графиками и физическими величинами; между физическими величинами и формулами	70
Объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков	83

4

Оглавление

Расчётные задания повышенного уровня сложности	98
§ 5. Кинематика	98
§ 6. Динамика материальной точки	99
§ 7. Законы сохранения в механике	101
§ 8. Статика. Основы гидромеханики	103
Расчётные задания высокого уровня сложности	105
Глава II. Молекулярная физика	109
Теоретический материал	109
Молекулярная физика	109
Термодинамика	112
Расчётные задания базового уровня сложности	115
§ 1. Молекулярно-кинетическая теория	115
1.1. Количество вещества	115
1.2. Основное уравнение МКТ. Температура	115
1.3. Уравнение состояния идеального газа	117
1.4. Газовые законы	121
§ 2. Термодинамика	128
2.1. Внутренняя энергия, количество теплоты, работа в термодинамике	128
2.2. Первый закон термодинамики	134
2.3. КПД тепловых двигателей	136
2.4. Количество теплоты. Уравнение теплового баланса	137
§ 3. Насыщенный пар. Влажность воздуха	141
Изменение физических величин в процессах	143
Установление соответствия между графиками и физическими величинами; между физическими величинами и формулами	154
Объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков	168
Расчётные задания повышенного уровня сложности	180
§ 4. Молекулярная физика	180
§ 5. Термодинамика	183
Расчётные задания высокого уровня сложности	186
Глава III. Электродинамика	192
Теоретический материал	192
Основные понятия и законы электростатики	192
Электроёмкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля	194
Основные понятия и законы постоянного тока	195
Основные понятия и законы магнитостатики	196
Основные понятия и законы электромагнитной индукции	196

ЕГЭ – 2025



Книга содержит:

- теорию по всем разделам курса
- больше 450 заданий разного уровня сложности с решениями и ответами
- алфавитный указатель



Книга содержит:

- 700 заданий повышенного и высокого уровня сложности
- несколько примеров работ учеников с комментариями оценки
- примеры решений примерно трети из них
- ответы на все задания

ОГЭ и ЕГЭ – 2025



Краткий справочник по физике 7

9.4.	Механические свойства упругих тел.	
	Упругие деформации	149
9.5.	Агрегатные (фазовые) переходы	155
§ 10.	Поверхностное натяжение жидкостей ..	159
10.1.	Сила поверхностного натяжения	159
10.2.	Капиллярные явления	162
§ 11.	Электростатика	164
11.1.	Основные законы электростатики	164
11.2.	Работа электрического поля при перемещении заряда	181
§ 12.	Постоянный ток	194
12.1.	Законы постоянного тока	194
12.2.	Электрический ток в различных средах ..	208
§ 13.	Магнитостатика	217

8 Оглавление

13.1.	Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное взаимодействие токов. Магнитное поле	217
13.2.	Сила Ампера и сила Лоренца	230
13.3.	Магнетики	236
§ 14.	Электромагнитная индукция	239
§ 15.	Электромагнитные колебания и волны	246
15.1.	Свободные электромагнитные колебания в контуре	246
15.2.	Переменный электрический ток	252
15.3.	Трансформатор	258
15.4.	Производство и передача электроэнергии	260

Краткий справочник по физике 9

15.5.	Электромагнитное излучение	261
§ 16.	Геометрическая оптика	266
16.1.	Законы отражения и преломления света	266
16.2.	Линза. Построение изображений в линзах	277
§ 17.	Волновая оптика	289
17.1.	Интерференция света	289
17.2.	Дифракция света	292
17.3.	Дисперсия света	296
§ 18.	Элементы специальной теории относительности	299
§ 19.	Квантовая физика	303

10 Краткий справочник по физике

19.1.	Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка	303
19.2.	Фотоэффект. опыты Столетова. Законы фотоэффекта	304
§ 20.	Физика атома	313
§ 21.	Физика атомного ядра	323
§ 22.	Астрофизика	331
22.1.	Солнечная система	331
22.2.	Звёзды	342
22.3.	Млечный Путь и другие галактики	351
	Литература	363

Книги

Приобретайте пособия нашего издательства в интернет-магазине

<http://legionr.ru/books/> ,

а также в книжных магазинах Вашего города

(список адресов размещен здесь <http://legionr.ru/companies/>)





Спасибо за внимание!

Издательство «Легион» на связи:

Сайт, интернет-магазин: www.legionr.ru

E-mail: legionrus@legionrus.com

Тел.: 8(863)303-05-50, 282-20-76