

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Вариант № 51

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 39 заданий.

Часть 1 содержит 30 заданий (A1 – A30). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1 – B4), на которые следует дать краткий ответ. Для задания B1 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B2-B4 в виде числа.

Часть 3 состоит из 5 заданий (C1 – C5), на которые требуется дать развернутый ответ. Необходимо записать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения.

При выполнении заданий части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

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 | $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ |
| газовая постоянная | $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ |
| 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 | $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ |
| модуль заряда электрона (элементарный) | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| электрический заряд | |
| постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |

| Соотношение между различными единицами | |
|---|---|
| температура | $0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$ |
| атомная единица массы | $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| 1 атомная единица массы эквивалентна | $931,5 \text{ МэВ}$ |
| 1 электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ |

| Масса частиц | |
|---------------------|--|
| электрона | $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$ |
| протона | $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$ |
| нейтрона | $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$ |

| Плотность | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| воды | 1000 кг/м^3 | подсолнечного масла | 900 кг/м^3 |
| древеси́ны (сосна) | 400 кг/м^3 | алюминия | 2700 кг/м^3 |
| керосина | 800 кг/м^3 | железа | 7800 кг/м^3 |
| | | ртути | 13600 кг/м^3 |

| Удельная теплоемкость | | | |
|------------------------------|--|----------|---|
| воды | $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | алюминия | $900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ |
| льда | $2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | меди | $380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ |
| железа | $640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | чугуна | $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ |
| свинца | $130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | | |

| Удельная теплота | |
|-------------------------|--------------------------------|
| парообразования воды | $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ |
| плавления свинца | $2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$ |
| плавления льда | $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ |

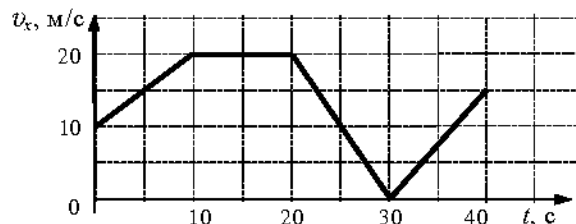
| Нормальные условия | |
|---------------------------|-------------------|
| давление | 10^5 Па |
| температура | 0°C |

| Молярная масса | | | |
|-----------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| азота | $28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | кислорода | $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| аргона | $40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | лития | $6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| водорода | $2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | молибдена | $96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| воздуха | $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | неона | $20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| гелия | $4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | углекислого газа | $44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A30) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

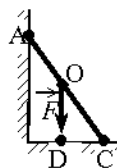
A1 Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени.



Модуль ускорения автомобиля максимален на интервале времени

- 1) от 0 с до 10 с 2) от 10 с до 20 с 3) от 20 с до 30 с 4) от 30 с до 40 с

A2 На рисунке схематически изображена лестница AC, прислоненная к стене. Каково плечо силы тяжести \vec{F} , действующей на лестницу, относительно точки C?



- 1) OC
2) OD
3) AC
4) DC

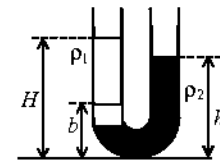
A3 В инерциальной системе отсчета сила F сообщает телу массой m ускорение a . Ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{2}F$ в этой системе отсчета равно

- 1) a 2) $\frac{1}{4}a$ 3) $\frac{1}{8}a$ 4) $4a$

A4 При подвешивании груза массой m к стальному тросу длина троса возрастает на ΔL от его начального значения L . Величина ΔL не изменится, если

- 1) L будет вдвое больше, а m – вдвое меньше
2) L и m будут вдвое больше
3) L и m будут вдвое меньше
4) L будет вчетверо меньше, а m – вдвое меньше

A5 В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами, схематично изображенную на рисунке, налиты керосин плотностью $\rho_1 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и вода плотностью $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. На рисунке $b = 8 \text{ см}$, $h = 24 \text{ см}$. Расстояние H равно



- 1) 28 см 2) 30 см 3) 32 см 4) 38 см

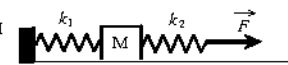
A6 Санки массой m тянут в гору с постоянной скоростью. Когда санки поднимутся на высоту h от первоначального положения, их полная механическая энергия

- 1) не изменится
2) увеличится на mgh
3) будет неизвестна, т. к. не задан наклон горки
4) будет неизвестна, т. к. не задан коэффициент трения

A7 Массивный шарик, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Чтобы увеличить период колебаний в 2 раза, достаточно массу шарика

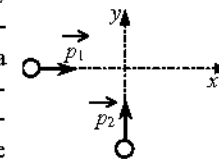
- 1) увеличить в 4 раза
2) уменьшить в 4 раза
3) увеличить в 2 раза
4) уменьшить в 2 раза

A8 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жесткости пружин равны $k_1 = 400 \text{ Н/м}$ и $k_2 = 200 \text{ Н/м}$. Удлинение первой пружины равно 2 см. Вторая пружина растянута на



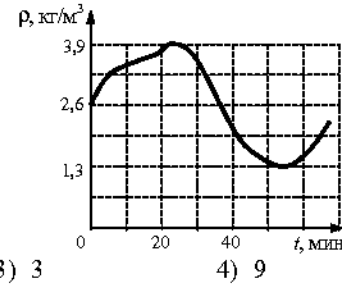
- 1) 1 см 2) 2 см 3) 4 см 4) 8 см

A9 По гладкой горизонтальной плоскости по осям x и y движутся две шайбы с импульсами, равными по модулю $p_1 = 2 \text{ кг·м/с}$ и $p_2 = 3,5 \text{ кг·м/с}$, как показано на рисунке. После соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси y в прежнем направлении с импульсом, равным по модулю $p_3 = 2 \text{ кг·м/с}$. Найдите модуль импульса первой шайбы после удара.



- 1) 2 кг·м/с 2) 2,5 кг·м/с 3) 3,5 кг·м/с 4) 4 кг·м/с

A10 Плотность идеального газа меняется с течением времени так, как показано на рисунке. Температура газа при этом постоянна. Во сколько раз давление газа при максимальной плотности больше, чем при минимальной?



- 1) 0,3 2) 1,5 3) 3 4) 9

A11 При понижении абсолютной температуры идеального газа в 1,5 раза средняя кинетическая энергия теплового движения молекул

- 1) увеличится в 1,5 раза
2) уменьшится в 1,5 раза
3) уменьшится в 2,25 раза
4) не изменится

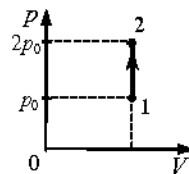
A12 В цилиндрическом сосуде под поршнем находится идеальный газ, давление которого $4 \cdot 10^5$ Па и температура 300 К. Как надо изменить объем газа, не меняя его температуры, чтобы давление увеличилось до $0,8 \cdot 10^6$ Па?

- 1) увеличить в 2 раза
2) увеличить в 4 раза
3) уменьшить в 2 раза
4) уменьшить в 4 раза

A13 Как изменяется внутренняя энергия вещества при его переходе из газообразного состояния в жидкое при постоянной температуре и постоянном давлении?

- 1) уменьшается
2) увеличивается
3) у разных веществ по-разному
4) остается постоянной

A14 На pV -диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы идеального одноатомного газа. Внутренняя энергия газа увеличилась на 20 кДж. Количество теплоты, полученное газом, равно

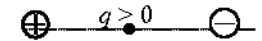


- 1) 0 кДж 2) 10 кДж 3) 20 кДж 4) 40 кДж

A15 В тепловой машине температура нагревателя 600 К, температура холодильника на 200 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

- 1) $\frac{3}{4}$ 2) $\frac{2}{3}$ 3) $\frac{1}{2}$ 4) $\frac{1}{3}$

A16 Точечный положительный заряд q помещен между разноименно заряженными шариками (см. рисунок). Куда направлена равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд q ?

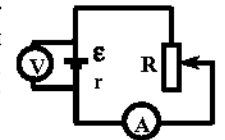


- 1) \rightarrow 2) \downarrow 3) \uparrow 4) \leftarrow

A17 Как изменятся модуль и направления сил взаимодействия двух небольших металлических шаров одинакового диаметра, имеющих заряды $q_1 = +5$ нКл и $q_2 = -3$ нКл, если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

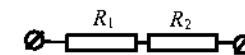
- 1) модуль увеличится, направления сохраняются
2) модуль уменьшится, направления изменятся на противоположные
3) модуль уменьшится, направления сохраняются
4) модуль увеличится, направления изменятся на противоположные

A18 При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр – 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



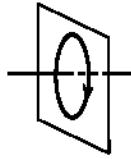
- 1) 0,5 Ом 2) 1 Ом 3) 1,5 Ом 4) 2 Ом

A19 По участку цепи, состоящему из резисторов $R_1 = 1$ кОм и $R_2 = 3$ кОм (см. рисунок), протекает постоянный ток $I = 100$ мА. Какое количество теплоты выделится на этом участке за время $t = 1$ мин?



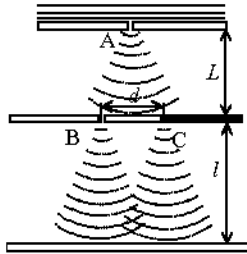
- 1) 2,4 Дж 2) 40 Дж 3) 2,4 кДж 4) 40 кДж

A20 На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в вертикальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен



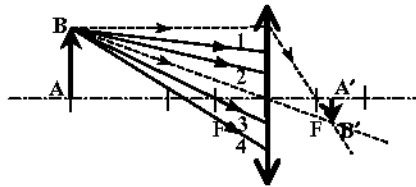
- 1) вправо →
- 2) вертикально вниз ↓
- 3) вертикально вверх ↑
- 4) влево ←

A21 В классическом опыте Юнга по дифракции пучок света, прошедший через узкое отверстие A, освещает отверстия B и C, за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок). Если увеличить L вдвое, то



- 1) интерференционная картина останется на месте, сохранив свой вид
- 2) расстояние между интерференционными полосами увеличится
- 3) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 4) интерференционная картина сместится по экрану, сохранив свой вид

A22 Ученик построил изображение $A'B'$ предмета AB в тонкой линзе.



Какие из лучей – 1, 2, 3, 4 – пройдут через точку B' ?

- 1) только 1
- 2) только 1 и 2
- 3) только 1, 2, 3
- 4) все лучи – 1, 2, 3, 4

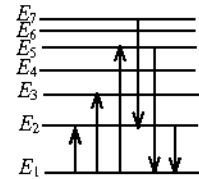
A23 Нейтрон ${}_0^1n$ и альфа-частица ${}_2^4He$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одинаковыми скоростями v . Отношение модулей сил $\frac{F_n}{F_{He}}$, действующих на них со стороны магнитного поля в этот момент времени, равно

- 1) 1
- 2) $\frac{1}{2}$
- 3) $\frac{1}{4}$
- 4) 0

A24 В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Амплитудное значение силы тока в первом контуре 3 мА. Каково амплитудное значение силы тока во втором контуре, если период колебаний в нем в 3 раза больше, а максимальное значение заряда конденсатора в 6 раз больше, чем в первом?

- 1) $\frac{2}{3}$ мА
- 2) $\frac{3}{2}$ мА
- 3) 3 мА
- 4) 6 мА

A25 На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается поглощением кванта минимальной частоты?



- 1) с уровня 1 на уровень 5
- 2) с уровня 1 на уровень 2
- 3) с уровня 5 на уровень 1
- 4) с уровня 2 на уровень 1

A26 Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом фиксированной частоты. При этом задерживающая разность потенциалов равна U . После изменения частоты света задерживающая разность потенциалов увеличилась на $\Delta U = 1,2$ В. Насколько изменилась частота падающего света?

- 1) $1,8 \cdot 10^{14}$ Гц
- 2) $2,9 \cdot 10^{14}$ Гц
- 3) $6,1 \cdot 10^{14}$ Гц
- 4) $1,9 \cdot 10^{15}$ Гц

A27 Атом натрия ${}_{11}^{23}Na$ содержит

- 1) 11 протонов, 23 нейтрона и 34 электрона
- 2) 23 протона, 11 нейтронов и 11 электронов
- 3) 12 протонов, 11 нейтронов и 12 электронов
- 4) 11 протонов, 12 нейтронов и 11 электронов

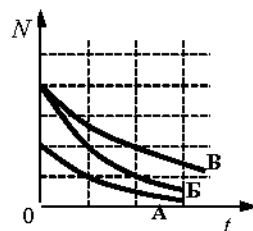
Часть 2

A28 Как изменится число нуклонов в ядре атома радиоактивного элемента, если ядро испустит γ -квант?

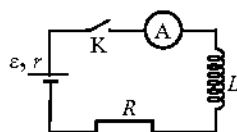
- 1) увеличится на 2
- 2) не изменится
- 3) уменьшится на 2
- 4) уменьшится на 4

A29 На рисунке приведена зависимость от времени числа нераспавшихся ядер в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Для какого из них период полураспада наибольший?

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) у всех одинаков



A30 В схеме, показанной на рисунке, ключ К замыкают в момент времени $t = 0$. Показания амперметра в последовательные моменты времени приведены в таблице.



| | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t, \text{мс}$ | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
| $I, \text{мА}$ | 0 | 23 | 38 | 47 | 52 | 55 | 57 | 59 | 59 | 60 | 60 |

Определите ЭДС источника, если сопротивление резистора $R = 100 \text{ Ом}$. Сопротивлением проводов и амперметра, активным сопротивлением катушки индуктивности и внутренним сопротивлением источника пренебречь.

- 1) 1,5 В
- 2) 3 В
- 3) 6 В
- 4) 7 В

В задании В1 требуется указать последовательность цифр, соответствующих правильному ответу. Эту последовательность следует записать сначала в текст экзаменационной работы, а затем перенести в бланк ответов № 1 без пробелов и других символов. (Цифры в ответе могут повторяться.)

В1 К концам длинного однородного проводника приложено напряжение U . Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение U . Какими станут при этом сила и мощность тока, сопротивление проводника? К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|-----------------|
| А) сила тока в проводнике | 1) уменьшится |
| Б) сопротивление проводника | 2) увеличится |
| В) выделяющаяся на проводнике тепловая мощность | 3) не изменится |

| | | |
|---|---|---|
| А | Б | В |
| | | |

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

Ответом к каждому заданию этой части будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания (В2 – В4), начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В2 Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с^2 . На каком расстоянии от остановки мотоциклист догонит грузовик?

В3 Идеальный газ изотермически сжали из состояния с объемом 6 л так, что давление газа изменилось в $n = 3$ раза. На сколько уменьшился объем газа в этом процессе? Ответ выразите в литрах.

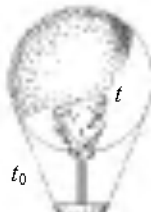
В4 Предмет высотой 6 см расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от ее оптического центра. Оптическая сила линзы 5 дптр. Найдите высоту изображения предмета. Ответ выразите в сантиметрах (см).

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

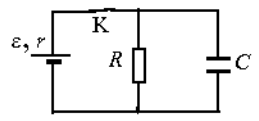
Часть 3

Задания C1 – C5 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

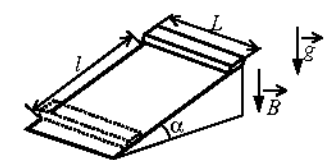
C1 Тело, свободно падающее с некоторой высоты, первый участок пути проходит за время $\tau = 1$ с, а такой же последний – за время $\frac{1}{2}\tau$. Найдите полное время падения t , если начальная скорость равна нулю.

C2  Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объем $V = 230$ м³, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

C3 В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ К замкнут. Заряд конденсатора $q = 2$ мкКл, ЭДС батареи $\mathcal{E} = 24$ В, ее внутреннее сопротивление $r = 5$ Ом, сопротивление резистора $R = 25$ Ом. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа К в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.



C4 Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения, имеющий длину $L = 0,5$ м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле индукцией $B = 0,1$ Тл (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$. Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. Найдите величину ЭДС индукции на концах бруска в момент, когда брусок пройдет по наклонной плоскости расстояние $l = 1,6$ м.



C5 π^0 -мезон массой $2,4 \cdot 10^{-28}$ кг распадается на два γ -кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся γ -квантов в системе отсчета, где первичный π^0 -мезон покоится.