

**ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ВЫПУСКНИКОВ
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ ПО ТЕМЕ:
"ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И
МАГНИТНОМ ПОЛЯХ".**

*Кузнецова Наталья Сергеевна
учитель физики МБОУ «Вохтожская школа»
Грязовецкого муниципального района Вологодской области*



ФИПИ

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений»

М.Ю. Демидова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для учителей, подготовленные
на основе анализа типичных ошибок
участников ЕГЭ 2021 года

по **ФИЗИКЕ**

Москва, 2021

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

Методические материалы для председателей и членов
предметных комиссий субъектов Российской Федерации
по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом
экзаменационных работ ЕГЭ 2021 года

ФИЗИКА

Москва
2021

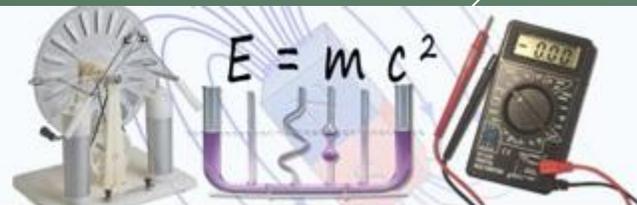


РЕШУ ОГЭ

Образовательный портал для подготовки к экзаменам

ФИЗИКА

СДАМ ГИА





Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений»

М.Ю. Демидова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для учителей, подготовленные
на основе анализа типичных ошибок
участников ЕГЭ 2021 года

по **ФИЗИКЕ**

Москва, 2021

Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях

В экзаменационную работу было включено 10 заданий базового уровня с кратким ответом в виде числа, которые в совокупности по всем вариантам проверяли понимание всех основных законов и формул курса физики средней школы.

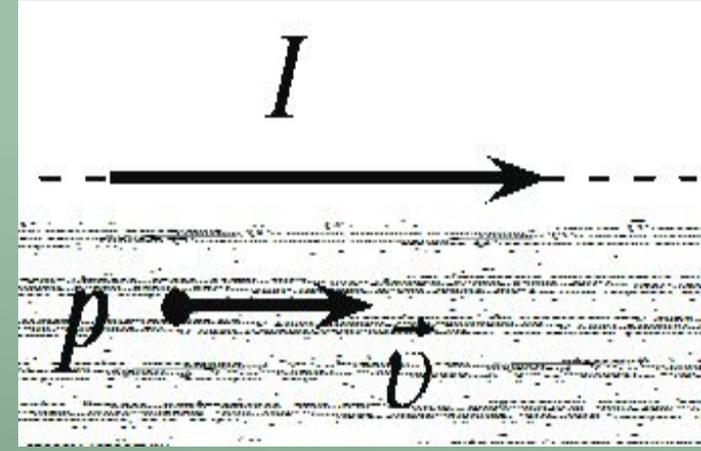
Остановимся на трудностях, которые испытывали участники экзамена, выполняя задания базового уровня сложности на применение законов и формул в типовых учебных ситуациях.

Пример 1 (средний процент выполнения – 45)

▶ Протон p имеет скорость \vec{v} , направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) действующая на протон сила Лоренца F ?

▶ Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____ вверх _____.



Пример 2 (средний процент выполнения – 44)

Как направлена относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) сила Ампера, действующая на проводник 1 со стороны проводника 2 (см. рисунок), если проводники тонкие, длинные, прямые, параллельные друг другу? (I – сила тока.)

Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____ вверх _____.



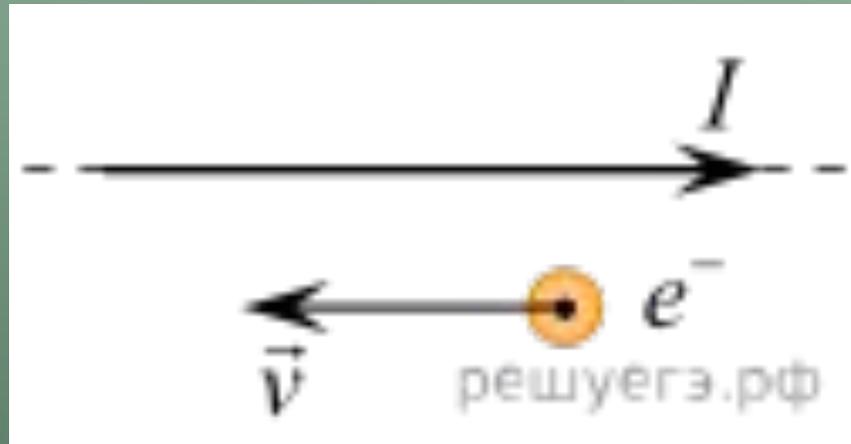
*В обеих сериях заданий необходимо было знать, как взаимодействуют сонаправленные и противоположно направленные проводники с током. Порядка **20%** участников экзамена указали ответ «вниз», т.е. ошиблись с направлением силы, верно определив прямую, вдоль которой она действует. В примере с движением протона ошибка состояла в определении направления тока. Конечно, в процессе обучения необходимо полностью разбирать механизм возникновения силы Ампера (или силы Лоренца) в подобных случаях, т.е. направление магнитного поля вокруг проводника с током и применение правила левой руки для определения направления действия силы, но в случае таких простых заданий не стоит забывать об использовании простейшего правила взаимодействия токов.*

Пример 3.

Электрон e^- имеет скорость v , направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) действующая на электрон сила Лоренца F ?

Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____



В этом задании лишь **35%** выпускников записали верный ответ «вверх». При этом еще **18%** указали ответ «вниз», неверно интерпретировав направление тока, который создает движущийся электрон. В подобных заданиях с использованием протонов результаты выполнения оказались несколько выше – **43%**.

Анализ и объяснение явлений и процессов

*Умения анализировать и объяснять протекание различных физических явлений и процессов проверялись в экзаменационной работе заданиями на соответствие (изменение величин) и на множественный выбор (двух верных утверждений из пяти предложенных). В каждом экзаменационном варианте встречалось по 3 задания на определение характера изменения физических величин в различных процессах: по механике, по электродинамике и квантовой физике. Средний процент выполнения этих линий заданий по механике составил **70**, по электродинамике – **59**, по квантовой физике – **63**.*

К проблемным можно отнести две группы заданий на анализ изменения физических величин

Пример 4 (средний процент выполнения – 34)

В первом опыте частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью v . Во втором опыте та же частица движется в том же магнитном поле по окружности большего радиуса. Как при переходе от первого опыта ко второму изменились кинетическая энергия частицы и период её обращения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

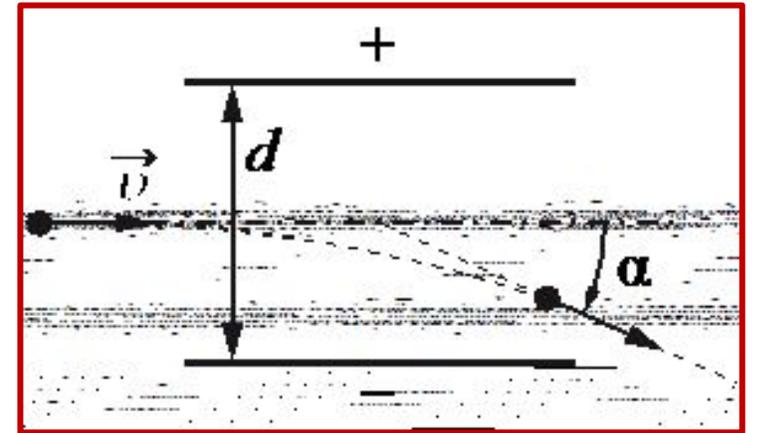
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия вылетевшей частицы	Период её обращения
1	3

*В этом задании **35%** экзаменуемых смогли верно указать увеличение кинетической энергии частицы, поняв, что увеличение радиуса движения частицы в магнитном поле связано с ростом ее скорости, а значит, и кинетической энергии. А вот тот факт, что период обращения частицы в магнитном поле не зависит от скорости ее движения, знают(или могут получить соответствующую формулу) лишь **24%** от общего числа участников, выполнявших данный вариант.*

Пример 5 задачи повышенного уровня сложности (**средний процент выполнения – 35**)

Протон, движущийся в вакууме со скоростью $v \ll c$, пролетает между пластинами заряженного конденсатора так, как показано на рисунке. Как изменится кинетическая энергия вылетевшей частицы и время пролёта конденсатора, если уменьшить напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



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

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

Кинетическая энергия вылетевшей частицы	Время пролёта конденсатора
2	3

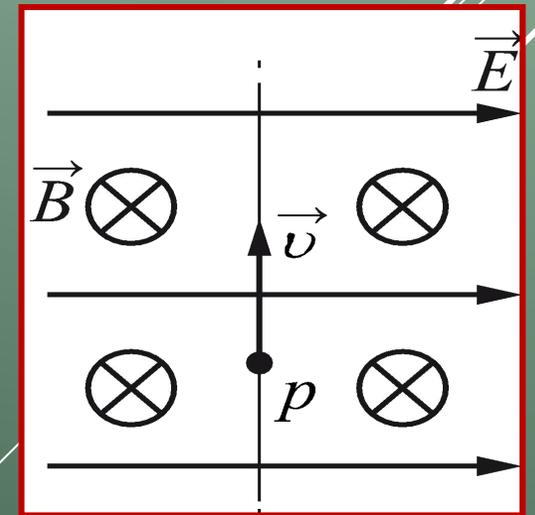
*В этом задании повышенного уровня более половины участников экзамена верно указали на характер изменения кинетической энергии частицы, т.е. они понимают взаимосвязь напряженности поля конденсатора и ускорения частицы. Но лишь **10%** смогли определить неизменность времени пролета конденсатора, поскольку не меняется начальная горизонтальная скорость движения частицы. Аналогия с движением тела, брошенного горизонтально в поле тяжести, доступна лишь наиболее подготовленным выпускникам.*

Общий план решения качественных задач состоит из следующих этапов.

- 1. Работа с текстом задачи (внимательное чтение текста, определение значения всех терминов, встречающихся в условии, краткая запись условия и выделение вопроса).**
 - 2. Анализ условия задачи (выделение описанных явлений, процессов, свойств тел и т.п., установление взаимосвязей между ними, уточнение существующих ограничений (чем можно пренебречь)).**
 - 3. Выделение логических шагов в решении задачи.**
 - 4. Осуществление решения.**
 - 4.1. Построение объяснения для каждого логического шага.**
 - 4.2. Выбор и указание законов, формул и т.п. для обоснования объяснения для каждого логического шага.**
 - 5. Формулировка ответа и его проверка (при возможности).**
- В процессе обучения решению качественных задач целесообразно использовать «вопросный» метод. При этом для каждого логического шага объяснения (доказательства) в самом общем случае можно задавать следующие вопросы.**
- ▶ Что происходит?**
 - ▶ Почему это происходит?**
 - ▶ Чем это можно подтвердить (на основании какого закона, формулы, свойства сделано этот вывод)?**

Примеры оценивания ответов на задание 27

В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью \vec{A} и магнитное поле с индукцией \vec{A} . Поля однородные, $\vec{A} \perp \vec{A}$. В камеру влетает протон p , вектор скорости которого перпендикулярен \vec{A} и \vec{A} , как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если напряжённость электрического поля увеличить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.



В решении этой задачи должно быть два логических шага:

- 1) первоначальное движение протона;
- 2) изменение характера движения после изменения напряжённости электрического поля.

Сформулируем вопросы для п. 1.

- ✓ Как движется протон?
- ✓ Почему он движется прямолинейно?
- ✓ Какое условие должно выполняться для такого движения?

Объяснение для этой части будет следующим/

2. На протон действуют магнитное поле силой $F_i = qvB$ и электрическое поле силой $F_e = qE$.
Поскольку заряд протона положительный, F_e сонаправлена с A , а по правилу левой руки F_i направлена противоположно силе F_e . Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.

Здесь обязательны указания на формулы расчета сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона. Вместо словесного указания на правило левой руки можно сделать рисунок, чтобы показать направления сил.

Сформулируем вопросы для п. 2:

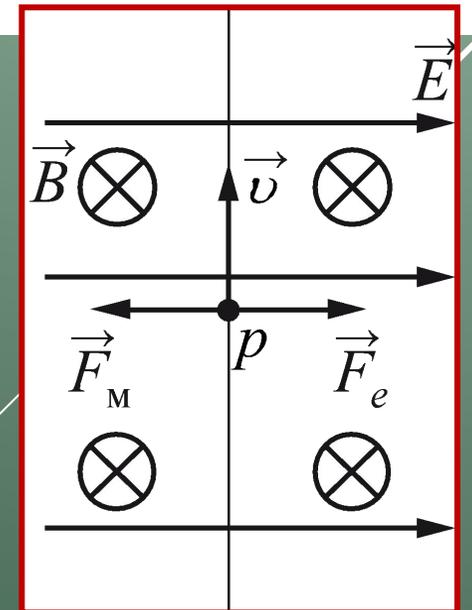
- Что происходит при изменении напряжённости электрического поля?
- Почему изменится характер движения частицы?
- Чем это можно подтвердить?

Объяснение будет следующим.

3. Сила действия электрического поля с увеличением напряжённости электрического поля увеличится. Поскольку равнодействующая сил F_i и F_e , а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены вправо, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо

Возможное решение

1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо.
2. На протон действуют магнитное поле силой $F_1 = qvB$ и электрическое поле силой $F_e = qE$. Поскольку заряд протона положительный, F_e сонаправлена с \vec{A} , а по правилу левой руки F_1 направлена противоположно силе F_e . Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.
3. Сила действия электрического поля с увеличением напряжённости электрического поля увеличится. Поскольку равнодействующая сил F_1 и F_e , а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены вправо, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо



Критерии оценивания выполнения задания

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: что траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо, п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона)

3 балла

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

В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)

И (ИЛИ)

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.

И (ИЛИ)

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

И (ИЛИ)

В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения

2 балла

Критерии оценивания выполнения задания

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, направленные на получение ответа на вопрос задания, 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, направленные на решение задачи

1 балл

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла

0 баллов

Пример 1.1 (3 балла)

→ по правилу левой руки определяем направление F_n силы Лоренца. т.к. заряд протона (q) $> 0 \Rightarrow$

\Rightarrow сила Лоренца направлена влево

Вектор напряжённости направлен от \oplus к \ominus

т.к. заряд протона $> 0 \Rightarrow$ электрическая сила F_e направлена вправо.

$$F_e = qE$$

$$F_n = qvB \sin 90^\circ = qvB$$

$$\leftarrow \oplus \rightarrow$$

$$F_n \quad F_e$$

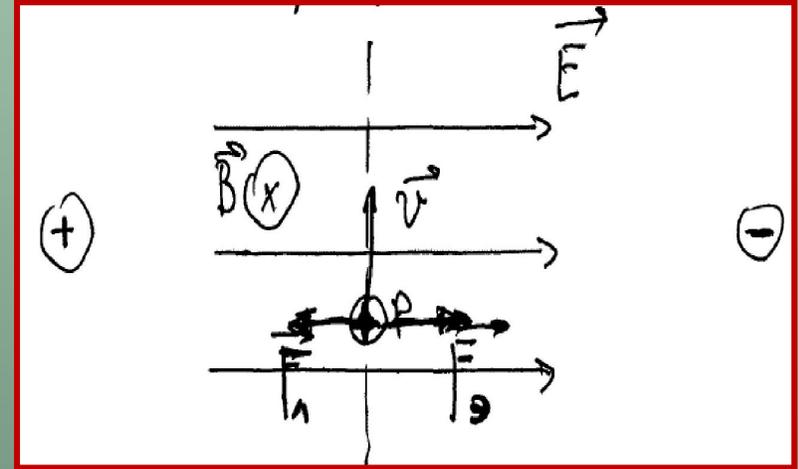
т.к. протон движется прямолинейно: $F_n = F_e$.

при увеличении E сила ~~Лоренца~~ электрическая (F_e) тоже увеличивается

$$F_e > F_n$$

протон начнет двигаться правее ~~от~~ предыдущей траектории. Его ~~как~~ траектория ~~уменьшится~~ станет положе к ~~части~~ кривой.

Ответ: протон начнет двигаться правее предыдущей траектории.



Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ. Приведены в виде формул или описания все необходимые для объяснения ссылки (формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона). Работа оценивается в 3 балла.

Пример 1.2 (2 балла)

1. На протон действуют 2 силы. 1 сила со стороны электрического поля направленная вправо и 2 сила со стороны магнитного поля направленная влево. При увеличении напряженности электрического поля сила направленная вправо возрастает так как эта сила прямо пропорциональна напряженности. Сила со стороны магнитного поля не зависит так как она не зависит от напряженности. В итоге сила электрического поля перевесит и протон будет двигаться вправо.

Приведён верный ответ, присутствуют верные рассуждения и словесные указания на зависимость (независимость) сил от напряженности электрического поля. Правило левой руки в явном виде не названо, но верно применено при определении направления сил. Отсутствует объяснение первоначального прямолинейного движения частицы. Работа оценивается в 2 балла.

Пример 1.3 (1 балл)

N27 Дано:

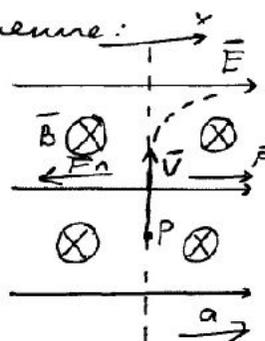
$$\vec{E}, \vec{B} \quad \vec{E} \perp \vec{B}$$

$$\vec{v} \perp \vec{E}, \vec{v} \perp \vec{B}$$

P движется прямолинейно

$$\vec{E} \uparrow$$

Решение:



$$F_{L0} = q \vec{B} \vec{v} \sin \alpha$$

По правилу левой руки:
можно увидеть, что

F_L направлено влево

$\vec{v} \perp \vec{B}$ по условию, а
следовательно $\sin \alpha = 1$

$$\Rightarrow \vec{F}_L = q \vec{B} \vec{v}$$

По третьему закону Ньютона
если сила $\vec{F} = \vec{F}_L$

$$\vec{F} = \frac{mv}{q} \quad \vec{F} \uparrow \wedge \vec{E}$$

$$x. \quad F = F_L$$

$$\frac{E}{q} = q B v \Rightarrow E = q^2 B v \quad \text{При увеличении напряженности}$$

силы будет увеличиваться ^{т.к.} $F = \frac{E}{q} \uparrow$, а F_L

F_L не увеличивается и будет т.к. F_L не зависит от E

Значит по 2-ому закону Ньютона появится ускорение сонаправленное с F

$F - F_L = ma$, а значит при этом после увеличения напряженности будет двигаться по параболе вправо.

Ответ, полученный в работе, неверен, поскольку указано, что частица будет двигаться по параболе. В работе есть верные рассуждения, приводящие к ответу. Верно указаны необходимые формулы и правила, но в формуле для силы, действующей на частицу со стороны электрического поля, допущена ошибка. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 1.5 (0 баллов)

N 27 Сюда траектории увеличат свое направление
Так направление электрического поля увеличится. Совер-
ственно взаимодействие между полями по-
меняется, но совершенно все стабилизируется
и против поля по траектории

Ответ неверный, рассуждения не поддерживают получение верного ответа.

При решении расчётных задач 28–32 целесообразно выделять следующие элементы

- **Работа с условием задачи: запись «Дано», представление рисунка, если это необходимо для понимания физической ситуации; описание физической модели, т.е. указание на то, какие явления или процессы рассматриваются, какие закономерности можно использовать для решения задачи и чем можно пренебречь, чтобы ситуация отвечала выбранной модели.**
- **Запись всех необходимых для решения задачи законов и формул; описание используемых физических величин, которые не вошли в «Дано».**

□ **Проведение математических преобразований и расчётов, получение ответа.**

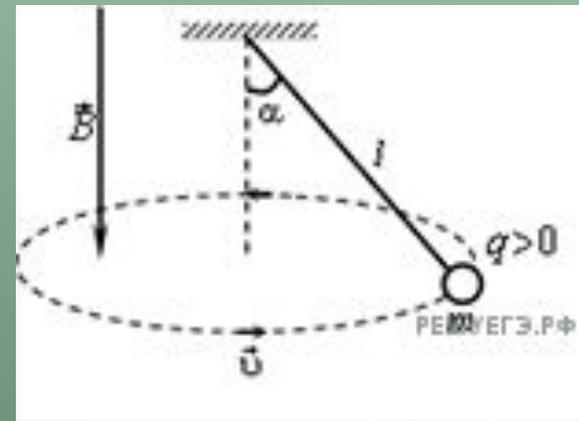
□ **Проверка ответа одним из выбранных способов.**

Необходимо учитывать, что в качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе, при этом форма записи формулы значения не имеет, но имеют значение используемые обозначения физических величин. Если используются отличные от кодификатора обозначения, то их нужно отдельно оговаривать.

Следует не только проверять размерность полученной величины по конечной формуле, но и обращать внимание на корректность числового ответа. В ЕГЭ числовой ответ задачи обязательно проверяется экспертами, при этом допускаются округления с учётом того числа значащих цифр, которые указаны в условии задачи.

Пример задачи №31

В однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} направленной вертикально вниз, равномерно вращается в горизонтальной плоскости против часовой стрелки положительно заряженный шарик массой m подвешенный на нити длиной l (конический маятник). Угол отклонения нити от вертикали равен α , скорость движения шарика равна v . Найдите заряд шарика.



Решение.

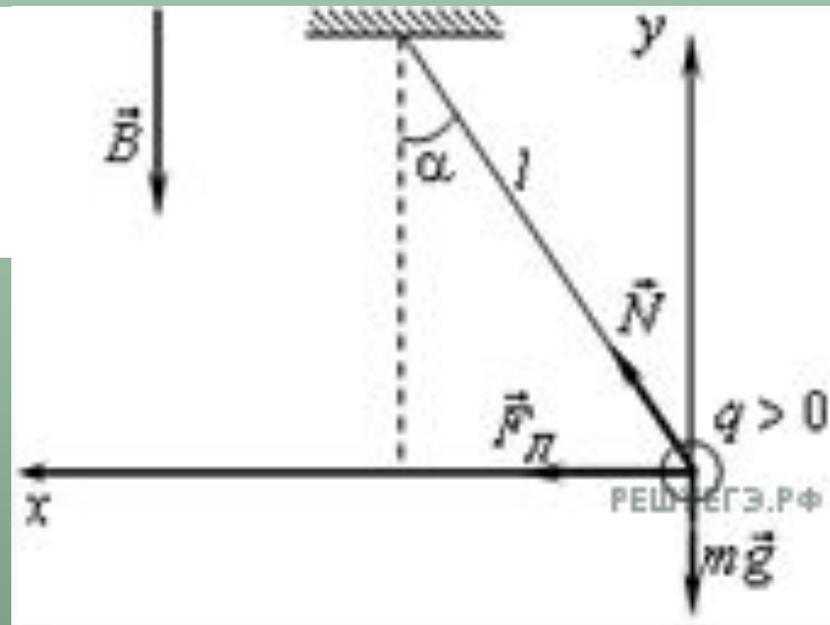
- 1) На чертеже указаны силы, действующие на шарик.
- 2) II закон Ньютона в проекциях на оси:

$$\begin{cases} N \sin \alpha + qvB = \frac{mv^2}{R}, \\ N \cos \alpha - mg = 0. \end{cases}$$

3) Так как $R = l \sin \alpha$,

то выражение заряда:

$$q = \frac{m}{B} \left(\frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha \right).$$



Ответ:

$$q = \frac{m}{B} \left(\frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha \right)$$

Рассмотрим типичные ошибки выпускников при решении задач ЕГЭ по физике

1. Использование формул, которых нет в кодификаторе

Снижение на два балла возможно, если в решении применяются формулы, которых нет в кодификаторе.

2. Решение задач только числами

Некоторые учащиеся решают задачи, сразу подставляя числа, не записав формулу в общем виде. В этом случае будет поставлено 0 баллов — за отсутствие формул, необходимых для решения задачи.

3. Не подставлены числа в формулу при расчете.

Для проведения расчетов в выведенную при решении задачи формулу, в которой искомая физическая величина выражена через известные в задаче физические величины, надо обязательно подставить числа. Их также надо подставлять и при расчете задачи по частям.

4. Не пишут единицы измерения.

Такое случается, когда ученик торопится, из-за чего записывает ответ не полностью. В таком случае нужно каждый раз тщательно проверять свои ответы, даже если это самые начальные задания, которые кажутся вам легкими. Именно чрезмерная самоуверенность забирает баллы у знающих предмет учеников.

5. Балл проверяющий снизит, если вы сделали правильный рисунок к задаче, но неправильно или вообще не подписали системы координат, обозначения. Забыли про рисунок вообще – тоже минус 1 балл.

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

И еще одна категория ошибок на ЕГЭ по физике связана с тем, что выпускники не обращают внимания на особые фразы-маяки в текстах заданий, например:

- ▶ Поверхность гладкая, трением пренебречь.
- ▶ Тело отрывается от опоры.
- ▶ Тело плавает.
- ▶ Массивный поршень.
- ▶ Идеальный колебательный контур.
- ▶ Достаточно долгое время.

Методическую помощь учителям и обучающимся при подготовке к ЕГЭ могут оказать материалы с сайта ФИПИ (www.fipi.ru):

✓ документы, определяющие структуру и содержание КИМ ЕГЭ 2022 г.;

✓ открытый банк заданий ЕГЭ;

✓ учебно-методические материалы для председателей и членов региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ;

✓ Методические рекомендации на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ прошлых лет;

✓ Методические рекомендации для учителей по преподаванию учебных предметов в образовательных организациях с высокой долей обучающихся с рисками учебной неуспешности.

Физика

(<https://fipi.ru/metodicheskaya-kopilka/metod-rekomendatsii-dlya-slabykh-shkol#!/tab/223974643-3>);

✓ Журнал «Педагогические измерения»;

✓ Youtube-канал Рособнадзора (видеоконсультации по подготовке к ЕГЭ 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 гг)

Благодарю за внимание!

*«Собраться вместе — это начало.
Держаться вместе — это прогресс.
Работать вместе — это успех».*

Генри Форд