



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

М.Ю. Демидова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для учителей
по преподаванию учебных предметов
в образовательных организациях с
высокой долей обучающихся с рисками
учебной неуспешности**

ФИЗИКА

Москва

Введение

Частой причиной учебной неуспешности обучающихся является слабая сформированность метапредметных умений и/или существенные пробелы в базовой предметной подготовке.

Диагностика обучающихся с трудностями в учебной деятельности и позволит выявить причины затруднений, например:

- слабая сформированность читательских навыков и навыков работы с информацией;
- слабая сформированность элементарных математических представлений (чувства числа, пространственных представлений, навыков счета и т.п.);
- слабая сформированность навыков самоорганизации, самокоррекции;
- конкретные проблемы в предметной подготовке (неосвоенные системообразующие элементы содержания, без владения которыми невозможно понимание следующих тем; слабо сформированные предметные умения, навыки и способы деятельности).

По итогам диагностики складывается содержательная картина проблем в обучении каждого класса, которая может быть взята за основу адресной корректировки методики работы учителя и образовательных программ.

В зависимости от распространенности среди учеников класса конкретной проблемы в обучении выбираются индивидуальные или групповые формы организации учебной работы.

В случае выявления проблем с грамотностью чтения и информационной грамотностью целесообразно больше внимания уделять работе с текстом учебника, детальному разбору содержания выдаваемых обучающимся заданий.

Система работы учителя может быть акцентирована на развитие у обучающихся навыков самоорганизации, контроля и коррекции результатов своей деятельности (например, посредством последовательно реализуемой совокупности требований к организации различных видов учебной деятельности, проверке результатов выполнения заданий).

Индивидуальные пробелы в предметной подготовке обучающихся могут быть компенсированы за счет дополнительных занятий во внеурочное время, выдачи обучающимся индивидуальных заданий по повторению конкретного учебного материала к определенному уроку и обращения к ранее изученному в процессе освоения нового материала.

Наличие одинаковых существенных пробелов в предметной подготовке у значительного числа обучающихся класса требует определенной корректировки основной образовательной программы вплоть до формирования образовательной программы компенсирующего уровня.

Методические рекомендации по преподаванию физики в образовательных организациях с высокой долей обучающихся с рисками учебной неуспешности выстроены на основе анализа проблем подготовки участников ЕГЭ, балансирующих на грани преодоления минимального балла. Рекомендации ориентированы на организацию преподавания учебных предметов в 10-11 классах и учитывают специфику учебного предмета. Рекомендации содержат в себе подходы к корректировке методики работы учителя-предметника, советы по организации подготовки к ЕГЭ.

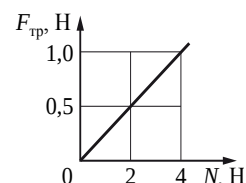
1. Описание проблем в образовательной подготовке обучающихся с низким уровнем подготовки

Ежегодный анализ результатов ЕГЭ по физике показывает, что для слабо подготовленных обучающихся отмечаются существенные дефициты как в освоении отдельных способов действий, так и в усвоении части элементов содержания курса физики средней школы. Среди слабо подготовленных можно выделить две группы: не достигающих минимального балла и тех, кто сумел «перешагнуть» минимальный балл, но успешно выполняет лишь задания базового уровня сложности.

Выпускниками, не достигшими минимального балла, более успешно выполняются задания базового уровня на применение наиболее значимых законов и формул по молекулярной физике и механике, а также задания на изменение величин по темам «Динамика», «Механические колебания» и «Постоянный ток». При этом они демонстрируют более устойчивые результаты для заданий, в которых проверяются законы и формулы, изучаемые как в основной, так и в средней школе (второй закон Ньютона, сила трения, закон Гука, количество теплоты, необходимое для нагревания вещества, строение ядра). Ниже приведен пример задания, с которым справляется около 45% данной группы выпускников.

Пример 1

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $F_{тр}$ бруска от модуля силы нормального давления N получен график, представленный на рисунке. Определите коэффициент трения.

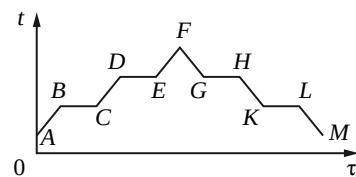


Для этой группы очень существенной является математическая составляющая заданий. Так, более успешно выполняются задания на знание формул, в которых используется прямая пропорциональность между двумя величинами. Кроме того, посильными являются двухбалльные задания базового уровня на узнавание тех зависимостей, которые изучаются в курсах основной и средней школы. Пример такого задания приведен ниже.

Пример 2

В цилиндре под поршнем первоначально находилось твёрдое вещество. Цилиндр сначала нагревали в печи, а затем охлаждали. На рисунке показан график изменения температуры t вещества с течением времени τ .

Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) DE
- Б) FG

ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРОЦЕССЫ

- 1) охлаждение пара
- 2) нагревание жидкости
- 3) кипение
- 4) плавление

Обучающиеся с низкими результатами, сумевшие «перешагнуть» минимальный балл, демонстрируют освоение наиболее важных законов и формул, а также умений применять эти формулы для анализа процессов в типовых учебных ситуациях, которые проверялись в экзаменационной работе заданиями базового уровня сложности. Таким образом, данная группа освоила курса физики средней школы на базовом уровне сложности.

Наиболее успешно выполняются задания по механике, в том числе: на определение ускорения по графику зависимости проекции скорости от времени; на знание формул второго закона Ньютона, сил трения, упругости и тяжести, импульса тела, кинетической и потенциальной энергий. Так же выполняются простые задания по квантовой физике: определение строения ядра или недостающего элемента ядерной реакции, расчет отношений энергий или импульсов фотонов. Ниже приведен пример задания, с которым справляется около 80% данной группы участников ЕГЭ.

Пример 3

В результате ядерной реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$ образуется ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Каковы заряд Z образовавшегося ядра (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A ?

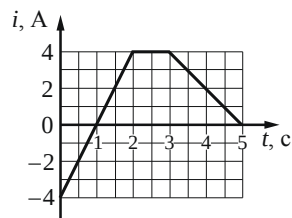
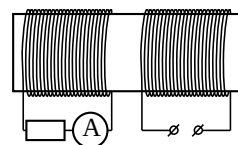
Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

Более трудными для этой группы оказываются задания базового уровня сложности, проверяющие знание элементов статики и гидростатики, владения понятиями насыщенных и ненасыщенных паров и относительной влажности.

Если рассматривать сформированность способов действий, то более успешно выполняются задания на использование изученных законов и формул в стандартных учебных ситуациях, а также на анализ изменения величин в различных процессах. Затруднения у этой группы выпускников вызывают задания на определение вида графиков (например, для механических колебаний или электромагнитных колебаний в колебательном контуре), а также на интерпретацию результатов экспериментов в виде графических или табличных зависимостей. Ниже приведен пример одного из таких заданий.

Пример 4

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 1) В промежутке 1–2 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.
- 2) В промежутке 0–2 с модуль магнитной индукции в сердечнике минимален.
- 3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
- 4) В промежутках 0–1 и 1–2 с направления тока в правой катушке различны.
- 5) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.

Здесь почти половина экзаменуемых смогла верно указать ответ 3, т.е. они понимают закономерности возникновения индукционного тока в левой катушке, но только около 10% этой группы смогли верно указать ответ 2, т.е. верно интерпретировать график изменения силы тока.

Основным дефицитом для данной группы является умение решать задачи повышенного уровня сложности. Из заданий с развернутым ответом эта группа выпускников приступает к решению преимущественно заданий по механике, частично записывая, как правило, необходимые исходные уравнения.

Опишем более подробно проблемы в подготовке этих групп обучающихся на основании выполнения заданий, проверяющих различные способы действий.

Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях

Для заданий базового уровня, проверяющих усвоение основных законов и формул, традиционно проблемной является математическая составляющая, поэтому менее успешно выполняются задания на закон всемирного тяготения и закон Кулона с использованием минимальных расчетов. Пример одного из таких заданий приведен ниже.

Пример 5

Два одинаковых маленьких шарика массой m каждый, расстояние между центрами которых равно r , притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю $0,2 \text{ нН}$. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса каждого из них $- 2m$, а расстояние между их центрами $- 2r$?

При этом для других заданий фиксируется усвоение формулы для закона Кулона, проблема возникает именно с расчетами с использованием простых дробей и переводом в долговые единицы.

Наблюдается снижение результатов выполнения однотипных заданий от механики к электродинамике. Это можно проиллюстрировать двумя примерами заданий, которые относятся к базовому уровню сложности и проверяют применение формулы в типовой учебной ситуации. Результаты выполнения задания по электродинамике из примера 7 почти в 1,5 ниже, чем задания по механике из примера 6.

Пример 6

Мальчик бросил мяч массой $0,1 \text{ кг}$ вертикально вверх с высоты 1 м над поверхностью Земли. Мяч поднялся на высоту $2,5 \text{ м}$ от поверхности Земли. Каково изменение потенциальной энергии мяча?

Ответ: 1,5 Дж.

Пример 7

При равномерном изменении силы тока в катушке на 10 А за $0,02 \text{ с}$ в ней возникает ЭДС самоиндукции, равная 200 В . Чему равна индуктивность катушки?

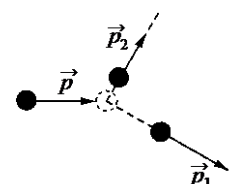
Ответ: 0,4 Гн.

Следует отметить, что существенные различия в результатах выполнения заданий базового уровня сложности по разным разделам характерны прежде всего для слабо подготовленных выпускников. Наиболее вероятной причиной является недостаток времени на качественное изучение вопросов электродинамики и квантовой физики в 11 классе.

По каждому из разделов школьного курса физики по результатам ЕГЭ демонстрируются типичные недочеты при выполнении заданий на применение законов и формул. По механике это задания на закон сохранения импульса, в которых необходимо использовать правило сложения векторов (см. пример 8).

Пример 8

На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс $p = 0,5 \text{ кг·м/с}$. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного $p_1 = 0,4 \text{ кг·м/с}$ (см. рисунок). Каков импульс другого шара после соударения?



По молекулярной физике традиционно наибольшие трудности вызывают задания на определение давления паров и относительную влажность воздуха.

Пример 9

В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ под давлением 40 кПа . Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, уменьшить объём пара в 4 раза?

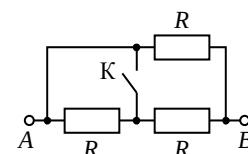
Давление насыщенного пара при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ равно нормальному атмосферному давлению – 100 кПа , первоначально пар является ненасыщенным, поскольку его давление равно 40 кПа . При изотермическом уменьшении его объема в 2,5 раза он станет насыщенным и будет оказывать давление 100 кПа . При дальнейшем сжатии уже насыщенного пара его концентрация и давление будут оставаться неизменными, а часть пара будет конденсироваться. В этом задании большинство участников дает ответ 160 кПа , заменив пар на идеальный газ.

По электродинамике выделяются несколько групп заданий.

1. Расчет цепей постоянного тока с использованием формул для последовательного и параллельного соединения проводников и закона Ома для участка цепи, особенно когда есть ситуация «закорачивания» одного из резисторов.

Пример 10

На сколько уменьшится сопротивление участка цепи AB , изображённого на рисунке, после замыкания ключа K , если сопротивление каждого резистора $R = 6\text{ Ом}$?

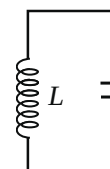


Выполняя такие задания экзаменуемые неверно строят эквивалентную схему после замыкания ключа.

2. Определение периода колебаний колебательного контура с использованием формулы для изменения напряжения на обкладках конденсатора.

Пример 11

В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_C = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 5\text{ В}$, $\omega = \pi \cdot 10^6\text{ с}^{-1}$. Определите период колебаний напряжения на конденсаторе.

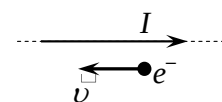


Аналогичные задания для механических колебаний выполняются более успешно. Очевидно, существуют определенные проблемы с переносом уже имеющихся знаний о механических колебательных процессах на электромагнитные колебания.

3. Определение направления силы Лоренца для заряженной частицы, движущейся вдоль проводника с током.

Пример 12

Электрон e^- 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 электрон сила Лоренца $\vec{F}$?



Основная ошибка – неверная интерпретация направления тока, который создает движущийся электрон. В подобных заданиях с использованием протонов результаты выполнения, как правило, несколько выше.

По квантовой физике следует обратить внимание на следующие два элемента.

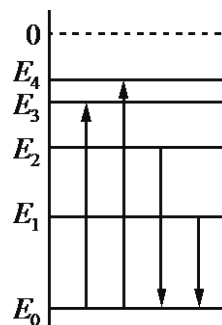
1. Излучение света атомом.

Пример 13

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.

Установите соответствие между процессами поглощения света наименьшей длины волны и излучения кванта света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС	ЭНЕРГИЯ ФОТОНА
А) поглощение света наименьшей длины волны	1) $E_1 - E_0$
Б) излучение кванта света наименьшей частоты	2) $E_2 - E_0$
	3) $E_3 - E_0$
	4) $E_4 - E_0$

Здесь обучающиеся путают переходы, приводящие к излучению и поглощению света, не имеют соотносить максимальную энергию фотона с максимальной частотой и минимальной длиной волны.

2. Среди заданий на проверку закона радиоактивного распада затруднения вызывают те, в которых спрашивается о числе распавшихся, а не оставшихся нераспавшимися ядер.

Пример 14

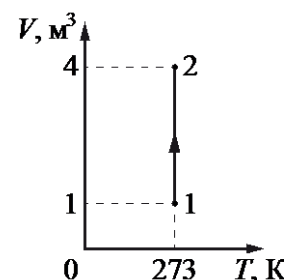
Образец радиоактивного висмута находится в закрытом сосуде. Ядра висмута испытывают α -распад с периодом полураспада 5 суток. Какая доля (в процентах) от исходно большого числа ядер этого изотопа висмута распадётся за 15 суток?

В этом задании вместо верного ответа 87,5%, записывают 12,5%, т.е. указывают число распавшихся ядер, не до конца понимая смысл закона радиоактивного распада.

Большое внимание в КИМ по физике уделяется проверке понимания различных графических зависимостей. Как правило, эти задания выполняются хуже, чем задания на проверку тех же формул без использования графической информации. Приведем два примера заданий, действия с графиками в которых вызывают существенные затруднения.

Пример 15

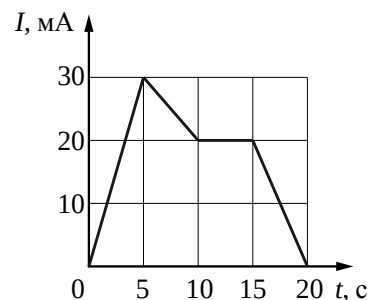
На рисунке представлен график зависимости объёма идеального газа от его температуры в некотором процессе. В состоянии 1 давление газа было равно нормальному атмосферному давлению. Какое давление соответствует состоянию 2, если масса газа остаётся неизменной?



Сложной оказывается комбинация нескольких действий: анализ графика, выбор изопроцесса, использование справочных данных о величине атмосферного давления (для состояния 1) и данных об изменении объема газа.

Пример 16

На рисунке показана зависимость силы тока I в проводнике от времени t . Определите заряд, прошедший по проводнику за интервал времени от 5 до 15 с.



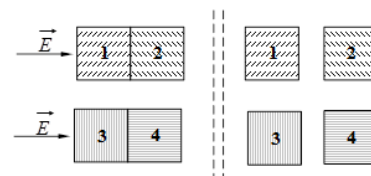
В заданиях такого типа сложным оказывается совмещение двух участков с различным характером изменения силы тока. При этом формулу, которая необходима для выполнения задания, участники знают (об этом свидетельствуют результаты выполнения других заданий).

Анализ и объяснение явлений и процессов

Умение анализировать и объяснять протекание различных физических явлений и процессов проверялось в экзаменационной работе заданиями на соответствие (изменение величин) и на множественный выбор (двух верных утверждений из пяти предложенных). Затруднения вызывают практически все задания на множественный выбор. Эти задания предполагают выбор двух верных утверждений на основе комплексного анализа физического процесса. Для них характерен более высокий процент участников, набравших 1 балл, и существенно более низкий процент участников, набравших 2 балла. Это связано с комплексным характером анализа процессов в этих заданиях и подбором ответов. Один из которых, как правило, проверяет понимание ситуации на качественном уровне, а для другого необходимо либо понимать объяснение процесса, либо провести какие-либо расчеты. Проиллюстрируем это на примерах двух заданий.

Пример 17

Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряжённость которого направлена горизонтально вправо, как показано в левой части рисунка. То же самое проделали с двумя незаряженными медными кубиками 3 и 4. Затем кубики быстро раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (правая часть рисунка). Выберите **два** верных утверждения, описывающих данный процесс.



- 1) После разделения кубик 3 приобретает отрицательный заряд.
- 2) При помещении стеклянных кубиков в электрическое поле наблюдается явление поляризации.
- 3) В электрическом поле кубики 1 и 2 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 4) В электрическом поле кубики 3 и 4 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 5) После разделения кубик 2 приобретает положительный заряд.

В этом задании анализируются процессы электризации проводника и поляризации диэлектрика. Ответ 2 более простой, так как требует лишь знания названия явления (поляризация), ответ 1 проверяет понимание перераспределения зарядов в проводнике при разделении в электрическом поле. Выпускники ошибочно указывают ответы 13 и 15,

т.е. показывают, что они понимают свойства электризации проводников, но не ориентируются в том, как ведут себя диэлектрики в электрическом поле.

Пример 18

При изучении процессов, происходящих с гелием, ученик занёс в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях. Какие **два** из утверждений, приведённых ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7
p , кПа	100	90	75	50	55	75	100
t , °C	27	27	27	27	57	177	327

- 1) В состояниях 4–7 объём газа был одинаковым.
- 2) Объём газа в состоянии 4 в 2 раза меньше объёма газа в состоянии 1.
- 3) Внутренняя энергия газа в состоянии 6 в 3 раза больше, чем в состоянии 5.
- 4) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 в ходе изотермического процесса газ получал тепло.
- 5) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 в ходе изохорного процесса газ совершал работу.

Для выполнения этого задания нужно выделить из таблицы изотермический процесс 1–4 и изохорный процесс 4–7 (предварительно выразив температуры в абсолютной шкале). Каждое из утверждений проверяет одно из свойств процессов: 1 и 2 – формулы для изопроцессов; 3 – внутреннюю энергию идеального газа; 4 и 5 – применение первого закона термодинамики к изопроцессам. Здесь распознавание изотермического процесса (неизменность температуры в состояниях 1–4) оказывается доступным для выпускников, а вот закономерности для изохорного процесса, к сожалению, обучающиеся не могут распознать.

Методологические умения

Как правило, по результатам ЕГЭ демонстрируется освоение умения записывать показания измерительных приборов с учетом заданной погрешности измерений. Проблемной оказывается ситуация с использованием фотографий двухпредельных приборов (см. пример ниже).

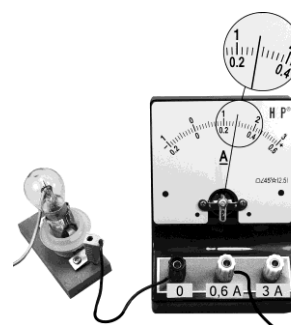
Пример 19

Чему равна сила тока в лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока амперметром на пределе измерения 3 А равна $\Delta I_1 = 0,15$ А, а на пределе измерения 0,6 А равна $\Delta I_2 = 0,03$ А?

Ответ: (_____ $\pm$ _____) А.

Анализ спектра ответов, представленных участниками экзамена к этому заданию, показывает что почти треть из них использует неверную шкалу для снятия показаний, а остальные допускают ошибки, связанные с неверной записью самих показаний или погрешности измерений.

Значительные затруднения вызвали задания, в которых необходимо было определить массу или длину объекта, определяемую с использованием метода рядов. При этом основная проблема состоит именно в определении абсолютной погрешности измерения. Ниже приведен пример выполнения одного из таких заданий.



Пример 20

Школьный реостат состоит из керамического цилиндра, на который плотно, виток к витку, намотана проволока. Для выполнения лабораторной работы по измерению удельного сопротивления материала, из которого изготовлена проволока реостата, необходимо измерить её диаметр. Ученик насчитал 40 витков проволоки, а длина намотки, измеренная линейкой, составила 3 см. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна ± 1 мм?

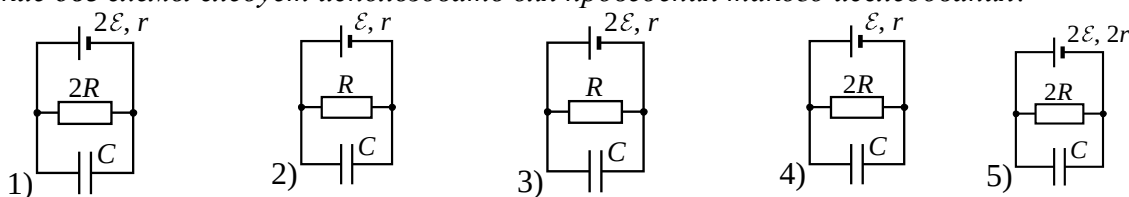
Ответ: (_____ $\pm$ _____) мм.

Результаты выполнения заданий на проверку умения выбирать оборудование для проведения опыта существенно зависят от их тематики. Если для опытов по механике демонстрируется успешное выполнение, то для опытов по электродинамике возникают затруднения. Ниже приведен пример одного из таких заданий.

Пример 21

Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от внутреннего сопротивления аккумулятора.

Какие **две** схемы следует использовать для проведения такого исследования?



Анализ ответов свидетельствует о том, что часть выпускников не имеет практики планирования реальных экспериментов в лабораторных работах.

2. Основные направления работы со слабо успевающими обучающимися

Для обучающихся с различным уровнем подготовки выявляются разные проблемы в освоении как способов действий, так и элементов содержания. Поэтому приоритетным направлением совершенствования процесса обучения физике является использование педагогических технологий, позволяющих обеспечить дифференцированный подход к обучению. Остановимся на том, какие методические приемы будут эффективны со слабо успевающими обучающимися.

Важнейшим элементом здесь является освоение теоретического материала курса физики без пробелов и изъянов в понимании всех основных процессов и явлений. Эта группа обучающихся нуждается в дополнительной работе с теоретическим материалом, выполнении большого количества различных заданий, предполагающих преобразование и интерпретацию информации. Приоритетной технологией здесь может стать совместное обучение – технология работы в малых группах сотрудничества из 3–5 человек. При использовании технологии сотрудничества обучающиеся обмениваются мнениями, учатся и помогают друг другу. При возникновении спорных вопросов они могут вместе их обсудить, чтобы найти ответы. В процессе групповой работы не только формируются предметные умения и навыки, но и развивается коммуникативная компетентность учащихся: умение формулировать проблему, способность слушать и слышать других, выражать собственное мнение и уважать мнение других людей, способность приходить к консенсусу, умение находить баланс между слушанием и говорением.

Важнейшая роль учителя при использовании групповой работы состоит в четкой формулировке задач, которые должны быть поняты и осознаны всеми членами группы, в оказании своевременной помощи при затруднениях, в грамотной организации оценки деятельности как группы в целом, так и каждого участника, а также в организации рефлексии.

В зависимости от поставленных задач группы могут формироваться как из обучающихся с различным уровнем подготовки, так и из обучающихся примерно одинакового уровня подготовки. В первом случае акцент делается на продвижение слабых обучающихся за счет помощи хорошо успевающих учеников. Такое формирование целесообразно при организации групповой работы при изучении нового материала. Во втором случае – на использование учебных материалов, специально разработанных с учетом особенностей данной группы обучающихся. Такой подход будет эффективнее при закреплении материала и обучении решению задач, поскольку для групп с различным начальным уровнем подготовки готовятся и предлагаются разноуровневые дидактические материалы.

Важно помнить, что при использовании групповой работы необходимо проводить как оценивание работы всей группы целиком, так и индивидуальные достижения каждого участника группы. Оценка деятельности группы существенно повышает индивидуальную ответственность каждого за совместную работу. Индивидуальная оценка в процессе обучения должна сравнивать достижения ученика с его прежними показателями, а не с достижениями других обучающихся.

Рекомендуется активно использовать приемы самостоятельного обучения. Основной акцент здесь делается на осознание обучающимися задач обучения. Механизмом является качественная разработка учителем промежуточных планируемых результатов (тематических или на законченный блок уроков). Обучающиеся заранее должны знать эти планируемые результаты, осознавать, какой материал они должны выучить за ближайшие несколько уроков, какие задания должны научиться выполнять, каким образом это будет проверяться и оцениваться. Осознание задач обучения повышает самостоятельность, позволяет понимать школьнику, на каком этапе обучения он находится и как он может улучшить свои результаты. Открытость ближайших целей и задач обучения, четкие ориентиры в виде учебных заданий, которые нужно научиться выполнять, и заранее известные критерии оценивания результатов – это залог развития учебной самостоятельности, освоения навыков самообразования и высоких учебных достижений.

Сегодняшние школьники, выбирающие ЕГЭ по физике, – это будущие инженеры, специалисты в области высоких технологий. Нельзя забывать, что специалисты современных высокотехнологичных производств работают в большинстве своем на стыке различных естественных наук. Поэтому одним из приоритетов в обучении физике является проектно-исследовательская деятельность интегрированного характера. Этой деятельности придается большое значение, поскольку она помогает подчеркнуть прикладной характер теоретических знаний и практических умений, формируемых в рамках традиционных уроков.

Ведущей здесь для предметов естественнонаучной области является STEM-технология, базирующаяся на проектно-исследовательской деятельности. Проекты имеют прикладной характер и требуют применения знаний из самых разных образовательных областей естественных наук, математики, инженерии и технологии. Обучающиеся учатся работать с информацией, критически ее оценивать, анализировать и систематизировать, получают возможность широкого выбора в области будущего профессионального развития на основе фундаментальной естественнонаучной и математической подготовки.

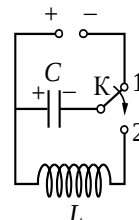
Остановимся на частных методиках обучения отдельным способам действий, проверяемых в экзаменационной работе по физике.

Успешное выполнения ряда заданий части 1 экзаменационного варианта базируется на умении комплексного анализа физических процессов. Обучение комплексному анализу различных физических процессов возможно в рамках повторительно-обобщающих уроков и подготовки к экзаменам, так как для такого анализа требуется освоение достаточно большого блока теоретического материала. Но и в

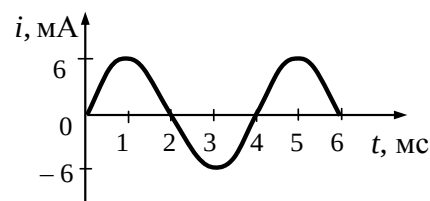
процессе изучения темы целесообразно чаще использовать обучающие задания, требующие проведения анализа отдельных характеристик процессов.

При этом важно отбирать описания процессов, которые использовали бы разные способы представления информации (словесный, табличный, графический или при помощи схем и схематичных рисунков). Примеры таких ситуаций (взятых из открытого банка ЕГЭ) для колебательного контура приведены ниже.

- 1) Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Период электромагнитных колебаний в контуре составляет 12 мкс.



- 2) На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн.



- 2) В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Изменение заряда одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени показано в таблице.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

- 3) Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивностью 4 мГн. Заряд на одной из пластин конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой $q(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(5000t)$ (все величины выражены в СИ).

Для каждой из ситуаций можно: обсуждать значения периода и частоты колебаний, характер изменения и моменты достижения максимальных и минимальных значений заряда конденсатора и силы тока в катушке индуктивности, энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки индуктивности; записывать для каждой из этих величин аналитические формулы; строить соответствующие графики.

Следует отметить, что непосредственное использование заданий из банка ЕГЭ на уроках не всегда эффективно, поскольку эти задания разрабатываются для итогового контроля, а не для целей обучения. Однако для обучающих заданий можно полностью использовать предлагаемые в ЕГЭ описания различных процессов (физические ситуации). В этом случае можно менять форму заданий, расширять количество вопросов, делая их более дробными, разбивать задание на несколько частей и т.д.

Поурочные дидактические материалы должны противодействовать принятой практике использования однотипных формулировок заданий при отработке одного и того же элемента содержания или способа действий. Необходимо использовать задания с различными текстами, с наличием лишних или недостающих данных и т.п. Только в этом случае будут созданы условия для эффективного обучения чтению и осмыслению условия задачи, для адекватного выбора физической модели, обоснованности суждений.

Решение задач – наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы и наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в

вузе. В КИМ ЕГЭ по физике в расчетных задачах повышенного уровня сложности (25, 26 и 28) предполагаются использование изученного алгоритма решения задачи и типовые учебные ситуации, с которыми обучающиеся встречались в процессе обучения и в которых используются явно заданные физические модели. В этих задачах предпочтение отдается стандартным формулировкам, а их подбор осуществляется преимущественно с ориентацией на открытый банк заданий.

Для расчетных задач с развернутым ответом необходим анализ всех этапов решения. Здесь используются измененные ситуации, в которых необходимо оперировать большим, чем в типовых задачах, количеством законов и формул, вводить дополнительные обоснования в решении и т.п. или совершенно новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьезную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

Расчетные задачи в одном варианте подбираются разной трудности: от 10% до 30–40% выполнения. Как правило, самое трудное задание рассчитано лишь на выпускников с высоким уровнем подготовки, а с менее сложными справляется и менее подготовленная группа. Приступая к выполнению расчетных задач, целесообразно сначала ознакомиться с содержанием всех задач и сгруппировать их по сложности (индивидуально для каждого выпускника). Начинать лучше с простых заданий, чтобы не потерять баллы на оформлении или случайных ошибках, которые наиболее вероятны, если выполнять эти задания в конце экзамена и в спешке.

В кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников для проведения ЕГЭ по физике внесены все формулы, выносимые на экзамен. Это связано в первую очередь с особенностями оценивания расчетных задач с развернутым ответом. Полное правильное решение таких задач предполагает запись всех физических законов и формул, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. При оценивании будут приниматься во внимание только те законы и формулы, которые указаны в кодификаторе. В кодификаторе учтены различные формы записи закономерностей. Однако другие сочетания из формул или формулы, уже полученные путем преобразования нескольких формул из кодификатора, не принимаются в качестве верных исходных уравнений для решения задач. Например, экзаменуемый может в качестве исходной использовать формулу для изменения внутренней энергии одноатомного идеального газа через произведение давления на объем, поскольку она есть в кодификаторе. Однако формулу для количества теплоты, полученного газом в изобарном процессе через произведение давления на изменение объема, в качестве исходной использовать нельзя (отсутствует в кодификаторе). В этом случае такая работа оценивается по критерию отсутствия одной из основополагающих формул и оценивается в 1 балл, даже при наличии верного числового ответа.

Кроме того, в критериях оценивания расчетных задач указано, что должны быть «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)». При этом если участник экзамена записал «Дано» в традиционных обозначениях физических величин, которые указаны в кодификаторе, то других дополнительных пояснений не требуется. Словесные пояснения необходимы только в тех случаях, когда по ходу решения появляется новая физическая величина (например, промежуточное значение скорости или параметры газа, не указанные в условии). Однако здесь так же надо учитывать, что используемые обозначения должны соответствовать стандартным обозначениям кодификатора.

Расчетные задачи оцениваются по единой обобщенной схеме, которая включает следующие требования к полному верному ответу:

- I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;
- 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) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);
- IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.

Таким образом, полное правильное решение каждой задачи должно включать в себя:

- запись графы «Дано» (хотя при проверке ее наличие не требуется);
- выполнение рисунков с указанием необходимых величин;
- запись всех необходимых уравнений;
- решение полученной системы уравнений в общем виде (если только для задачи решение «по действиям» не является оптимальным);
- подстановку численных значений;
- получение ответа и запись его в виде числа с наименованием.

Выполнение «проверки размерностей» и запись каких-либо поясняющих комментариев не требуются.

Если экзаменуемый выполняет решение сначала на черновике, то при записи ответа в экзаменационный бланк нужно не пропускать логически важных шагов (математических преобразований, пояснений к обозначению физических величин, поясняющего рисунка и т.п.) и постараться довести решение до правильного численного ответа. Только в этом случае можно получить максимальный балл за выполнение заданий части 3 работы.

Задание с развернутым ответом оценивается двумя экспертами. Для экспертов к каждой задаче дается подробная инструкция, в которой указывается, за что выставается каждый балл – от нуля до максимального балла.

В обобщенную систему оценивания вносятся изменения в следующих случаях.

а) Требуется дополнительно сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело. В этом случае в описание полного правильного ответа включаются требование к правильности рисунка, а также дополнительные условия к выставлению 2 баллов.

б) Требуется изобразить схему электрической цепи или оптическую схему. В этом случае в описание полного правильного ответа включаются требование к правильности рисунка, а также дополнительные условия к выставлению 2 и 1 баллов.

в) В задании не требуется получения числового ответа. В этом случае в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа, и вносятся изменения в критерии оценивания на 2 балла.

г) Условие задачи предполагает определение данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки. В этом случае в описание полного верного решения вносится дополнительное требование к правильности определения исходных данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки, а также указывается дополнительное требование к выставлению 2 баллов.

Таким образом, решение задачи, оцениваемое 2 баллами, означает понимание физической сути описываемых в задаче процессов, верную запись всех уравнений и осмысленные математические действия, направленные на решение задачи. Однако такое решение может содержать как один, так и все перечисленные выше недостатки. Так,

эксперт может снизить балл за верное решение, если экзаменуемый не описал одну из вводимых вновь физических величин. Однако так же 2 баллами будет оценено решение, в котором допущена ошибка в преобразованиях и, соответственно, получен неверный ответ, кроме того, есть недочеты в описании новых величин. Ясно, что в обоих случаях экзаменуемый успешно справляется с физической частью задачи, а решение на 2 балла подразумевает достаточно широкий диапазон математических погрешностей и погрешностей в оформлении решения.

Даже если записаны лишь исходные уравнения и в одном из них допущена ошибка, можно получить 1 балл. Поэтому, если решение задачи не выполняется до конца в силу недостатка времени или возникших трудностей, его все равно необходимо записать в бланк ответа, поскольку есть вероятность получения части баллов.

В процессе обучения отбор задач целесообразно осуществлять, базируясь на выделении трех последовательных групп по характеру деятельности и трех групп по используемому контексту. В первом случае можно выделить три группы заданий по деятельности:

- использование изученного алгоритма решения задачи;
- комбинирование различных изученных алгоритмов;
- выбор собственного алгоритма решения.

По используемому контексту различают:

- типовые учебные ситуации, с которыми обучающиеся встречались в процессе обучения и в которых используются явно заданные физические модели;
- измененные ситуации, в которых, например, необходимо увидеть и обосновать выбор физической модели, вводить дополнительные обоснования в решении;
- новые ситуации, которые предполагают серьезную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

Формируя наборы задач для обучения целесообразно, естественно, начинать с задач на использование только что изученного алгоритма и с типовой учебной ситуации, но нельзя полностью повторять формулировки уже решенных задач. В задаче должны быть не только изменены числовые данные, но и использованы другие словесные обороты для описания той же типовой ситуации. В этом случае освоение алгоритма осуществляется полностью с учетом работы над условием и осмысленным выделением физической модели. Затем можно переходить к использованию изученного алгоритма в измененной ситуации, затем – к комбинированию изученных алгоритмов в типовой ситуации и т.д. Таким образом, «лесенка» усложнения задач состоит из вариаций заданий, различающихся как по сложности деятельности, так и по контексту.

Известно, что в КИМ ЕГЭ для задач, использующих типовые учебные ситуации и требующих изученного алгоритма или комбинирования известных алгоритмов, предусмотрены задания с кратким ответом. В условиях итоговой оценки здесь можно ограничиться лишь анализом полученного ответа. В большинстве случаев по ошибке в ответе можно с достаточной степенью вероятности судить и о тех недостатках, которые были допущены участником в ходе решения задачи. Однако в процессе обучения нельзя допускать решения даже этих задач без должного обоснования и оформления («на черновике»). Не стоит экономить время на полную запись решений в угоду решению большого количества однотипных задач. Такой путь приводит к формальному заучиванию конкретного алгоритма, но не решает в полной мере задач по освоению такой сложной деятельности, как решение задач.

Если материал позволяет, то рекомендуется выбирать задачи, предполагающие альтернативные способы решения. В этом случае обучающиеся учатся использовать различные способы обоснования, что важно для профессиональной деятельности не только в области физики и техники.

Одно из заданий с развернутым ответом – качественная задача, в которой решение представляет собой логически выстроенное объяснение с опорой на физические законы и закономерности. Полное правильное решение должно включать в себя правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов. Здесь хочется отметить, что решение, оцениваемое 2 баллами, обязательно предполагает *правильный ответ и объяснение*. В объяснении допускается целый ряд недостатков (как один, так и все перечисленные в этом пункте критериев): логический недочет (т.е. пропуск одного из логических шагов объяснения), лишние записи (как правило, рассуждения, которые не относятся к решению задачи) и отсутствие указания на одно из используемых явлений или закономерность. Однако если при правильном ответе и рассуждениях не указано два используемых явления или две закономерности, то решение оценивается максимально 1 баллом.

Остановимся на особенностях обучения решению качественных задач. Как правило, в любой качественной задаче рассматривается один или несколько процессов. Решение такой задачи представляет собой доказательство, в котором присутствует несколько логических шагов. Как правило, каждый логический шаг – это описание изменений физических величин (или других характеристик), происходящих в данном процессе, и обоснование этих изменений. Обязательным является указание на законы, формулы или известные свойства явлений, на основании которых были сделаны заключения о тех или иных изменениях величин или характеристик.

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,

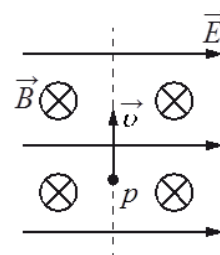
- Что происходит?
- Почему это происходит?
- Чем это можно подтвердить (на основании какого закона, формулы, свойства сделан этот вывод)?

Для ситуации конкретной задачи перечень вопросов может меняться. Например, первый вопрос может разбиваться на несколько «подвопросов». Но эти базовые вопросы помогут не совершать ошибок при выстраивании объяснения: не пропускать логических шагов и всегда давать указания на используемые законы и формулы. Анализ работ участников ЕГЭ по решению качественных задач показывает, что основными ошибками как раз и являются пропуск части логических шагов, формулировка тех или иных выводов без обоснования, т.е. без ссылок на законы и формулы.

Приведем два примера построения полных объяснений на базе заданий, использованных в ЕГЭ.

Пример 22

В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью $\vec{E}$ и магнитное поле с индукцией $\vec{B}$. Поля однородные, $\vec{E} \perp \vec{B}$. В камеру влетает протон p , вектор скорости которого перпендикулярен $\vec{E}$ и $\vec{B}$, 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 индукцию магнитного 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:

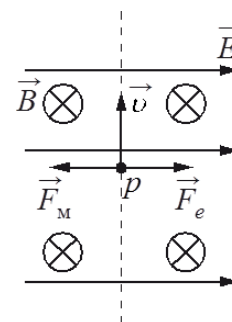
- 1) первоначальное движение протона;
- 2) изменение характера движения после изменения индукции магнитного поля.

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.

«На протон действуют магнитное поле силой $F_m = qvB$ и электрическое поле силой $F_e = qE$. Поскольку заряд протона положительный, $\vec{F}_e$ сонаправлена с $\vec{E}$, а по правилу левой руки $\vec{F}_m$ направлена противоположно силе $\vec{F}_e$. Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то по модулю эти силы были равны согласно второму закону Ньютона».



Здесь обязательны указания на формулы расчёта 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 индукции магнитного поля?
- Почему изменится характер движения частицы?
- Чем это можно подтвердить?

Объяснение будет следующим.

«Сила Лоренца с увеличением индукции магнитного поля увеличится. Поскольку равнодействующая сил $\vec{F}_m$ и $\vec{F}_e$, а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены влево, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой влево».

Здесь используются те же закономерности, что и в п. 1 (формула для силы Лоренца, второй закон Ньютона), поэтому второй раз на них можно не ссылаться.

На экзамене примерно треть обучающихся верно описала условие прямолинейного движения частицы, записала формулы для силы Лоренца и силы, действующей со стороны электрического поля, верно определила направления действия сил. Но половина из числа верно решивших задачу сделала ошибку в самом конце, указав, что новой траекторией движения частицы станет окружность.

Приведем пример рассуждений для еще одной задачи.

Пример 23

На столе установили два незаряженных электрометра и соединили их металлическим стержнем с изолирующей ручкой (рис. 1). Затем к первому электрометру поднесли, не касаясь шара, отрицательно заряженную палочку (рис. 2). Не убирая палочки, убрали стержень, а затем убрали палочку. Ссылаясь на известные

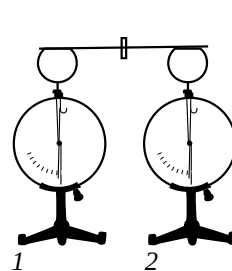


Рис. 1

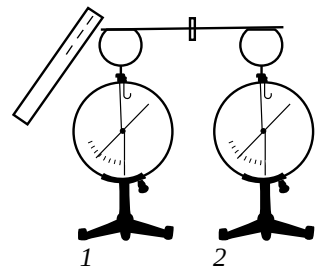


Рис. 2

Вам законы и явления, объясните, почему электрометры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрометров после того, как палочку убрали.

При решении этой задачи также важно формулировать правильные вопросы.

- Что наблюдалось до поднесения заряженной палочки?

Два соединённых металлическим стержнем электрометра образуют изолированную систему, первоначальный заряд которой равен нулю.

- Что происходит при поднесении отрицательно заряженной палочки к шару электрометра 1?

Электроны в шаре, стержне и стрелке электрометра 1 по металлическому стержню стали перемещаться на электрометр 2.

- Почему происходит перемещение зарядов и чем это можно подтвердить?

Электроны перемещаются под действием электрического поля, созданного палочкой, так как одноименные заряды отталкиваются.

- До каких пор будет происходить перемещение зарядов?

Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы.

- Какие заряды приобретут электрометры?

Электрометр 1 имеет положительный заряд, а электрометр 2 – отрицательный. Модули зарядов будут одинаковы.

- Чем это можно подтвердить?

Так как первоначальный заряд системы электрометров был равен нулю, то согласно закону сохранения заряда положительный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю отрицательному заряду электрометра 2.

Такой «вопросный» метод решения качественных задач учит тщательно анализировать физическую ситуацию и делать обоснованные выводы с опорой на изученные законы и закономерности.

Важной частью успешной подготовки к сдаче ЕГЭ является грамотное использование справочных данных, работа с единицами измерений физических величин и их перевод в кратные и дольные единицы, вычисление с помощью калькулятора и оформление заданий с развернутым ответом. Остановимся на этих аспектах подготовки.

При проведении расчетов в заданиях всех частей работы достаточно часто необходимо использовать различные физические постоянные. Как правило, их значения не указывается в тексте задания, а приводятся в специальных справочных таблицах в начале каждого варианта. В каждом бланке варианта на первой странице после «Инструкции по выполнению работы» приведен список всех необходимых физических постоянных и справочных данных (масса частиц, плотность и молярная масса веществ, массы атомов, энергия покоя различных ядер и т.п.).

Запись постоянных величин (в справочных данных к варианту) приведена в тех или иных приближениях (как правило, исходя из соображений уменьшения сложности вычислений). Например, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, а не $9,8 \text{ м/с}^2$, постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$, а не привычное значение $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$. Все ответы к заданиям 1–26 вычислены с учетом этих округлений. Особенно это касается задач № 25–27, в которых ответ «без округления» получается только с использованием указанных в варианте значений физических постоянных. В задачах части 2 есть требования к записи ответа, например: «Ответ выразите в сантиметрах (см)»; «Ответ выразить в микросекундах, округлив его до целых»; «Полученный результат умножьте на 10^{20} и округлите его до двух значащих цифр».

Наименование, обозначение и соответствующие множители всех используемых десятичных приставок указаны в специальной таблице в начале экзаменационного варианта. Если в задании нет специальных указаний на единицы измерения величин, то все значения физических величин следует записывать в Международной системе единиц (СИ). При подготовке к экзамену необходимо повторить правила округления и понятие значащей цифры.

Выполняя задания, требующие расчетов, обучающиеся должны:

- 1) убедиться, что в ответе получается целое число или конечная десятичная дробь, не нуждающаяся в округлении (это касается всех заданий части 1 работы);
- 2) если целое число или конечная десятичная дробь не получается, то округлить ответ в соответствии с теми требованиями, которые приведены в задании;
- 3) проверить правильность перевода ответа в единицы, которые указаны в строке «Ответ: _____» в задаче.

Во избежание лишних арифметических трудностей и ошибок нужно обеспечить некоторую тренировку в использовании соответствующих справочных материалов.

Вариант по физике содержит много заданий, в которых необходимо производить различные арифметические расчеты. На экзамене разрешается пользоваться непрограммируемым калькулятором, поэтому при подготовке к экзамену выпускникам необходимо выбрать себе калькулятор, в котором есть не только все арифметические действия, операции возведения в квадрат и извлечения квадратного корня, но и операции вычисления тригонометрических функций (синус, косинус, тангенс). Наилучшим вариантом являются инженерные калькуляторы, в которых ввод осуществляется в

привычном естественном виде, что позволяет после ввода проверить соответствие введенных чисел условию задания.

При подготовке обучающихся к сдаче ЕГЭ необходимо помнить, что успех выполнения экзаменационной работы зависит не только от прочности и глубины знаний по физике, но и от психологических аспектов готовности к этому итоговому испытанию. Здесь можно порекомендовать обратить внимание на следующие моменты.

- КИМ по физике включает в себя задания с разными формами записи ответов: с кратким ответом (запись числа, набора цифр или слова в соответствующем месте бланка) и с развернутым ответом (запись полного решения). На первой странице экзаменационного варианта приведена инструкция по его выполнению, с которой желательно ознакомиться предварительно. Перед каждой частью работы или заданиями представлены инструкции по оформлению ответа. Поскольку расположение различных форм заданий в вариантах однотипно и в точности соответствуют демонстрационному варианту, то имеет смысл изучить все эти инструкции заранее. Чтобы не допускать технических ошибок, рекомендуется 2–3 раза прорешать пробные варианты с использованием аналогов экзаменационных бланков, соответственно выполняя все инструкции по оформлению ответов. Следует научить, например, решать на черновике задачи с кратким ответом, не тратя время на лишние записи. В этом случае на экзамене не нужно будет терять время на чтение инструкций или исправление ошибок при переносе ответов в соответствующие бланки.

- Экзаменационный вариант по физике имеет большой объем и рассчитан на выполнение заданий в течение почти четырех часов. Очень важно научить правильно распределять время на экзамене. Желательно, чтобы сначала выпускники выполняли все те задания, которые являются для них легкими или знакомыми, а для этого необходимо научить их пропускать трудные задания. Затем в оставшееся время они могут вернуться к выполнению более трудных заданий, а в конце обязательно должны оставить время на быструю проверку всей работы на предмет правильности записи ответов в соответствующие бланки.

- При выполнении заданий выпускникам необходимо внимательно дочитывать до конца не только текст самого задания, но и все ответы к нему. При невнимательном чтении можно попасться в «ловушку» знакомой по первым словам формулировки задания и рассматривать другую ситуацию.

- Необходимым условием является осознание своих возможности и понимания, что при выполнении теста ЕГЭ для получения хороших результатов необязательно выполнять все задания, однако надо представлять себе тот оптимальный набор количества заданий из всех частей работы, который приведет к запланированному результату.

3. Методика организации учебной деятельности

Для группы обучающихся, не претендующих на высокие баллы ЕГЭ, акцент при подготовке следует сделать на заданиях базового уровня сложности, а следовательно, на важнейших элементах содержания по всем разделам курса физики средней школы. Опишем, на какие вопросы целесообразно обратить внимание при изучении различных тем.

Механика

При повторении раздела «Механика» следует помнить, что знания по механике являются для школьного курса физики основополагающими, так как многие задания из других разделов невозможно выполнить без привлечения соотношений кинематики или динамики.

В заданиях по кинематике используются разные способы задания характера движения тел, поэтому нужно уметь читать как уравнения, отражающие зависимость скорости или пути от времени в символическом виде, так и соответствующие графики.

Пример 24

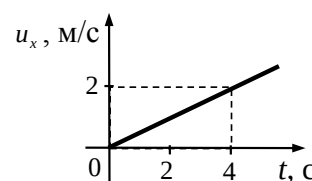
Зависимость пути от времени прямолинейно движущегося тела имеет вид: $s(t) = 2t + 3t^2$, где все величины выражены в СИ. Определите ускорение тела.

В этом задании необходимо понимать, что об ускорении говорит коэффициент при t^2 и он равен половине ускорения. Ответ: **6 м/с²**.

При выполнении заданий с использованием графиков следует сначала определить вид движения (равномерное или равноускоренное), а уже затем делать вычисления, используя соответствующие формулы.

Пример 25

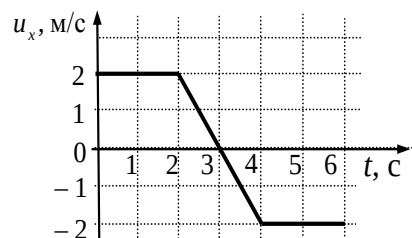
Тело движется по оси OX . Проекция его скорости $v_x(t)$ меняется по закону, приведенному на графике. Найдите путь, пройденный телом за 2 с.



Поскольку движение тела равноускоренное, то по графику определяем ускорение $0,5 \text{ м/с}^2$, а затем вычисляем путь – 1 м. Но гораздо проще воспользоваться графическим методом, определив площадь треугольника, которая и будет равна искомому пути.

Пример 26

На графике изображена зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси OX , от времени. Какой путь прошло тело к моменту времени $t = 6 \text{ с}$?



Такие задачи решаются графически. Но здесь необходимо обратить внимание на то, что искомой величиной является путь, который равен 10 м, а не перемещение, равное 0.

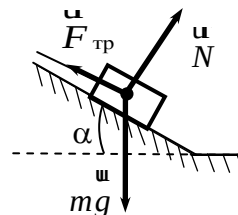
При изучении динамики основополагающим является понимание законов Ньютона. Понимание первого закона Ньютона проверяется, как правило, двумя способами.

1) Описывается ситуация и необходимо выбрать, в каком случае ту или иную систему отсчета можно считать инерциальной. В этом случае инерциальной можно считать только ту систему отсчета, которая движется относительно Земли (которая является ИСО), прямолинейно и равномерно.

2) Описывается ситуация, в которой тело движется прямолинейно и равномерно. При этом рассматриваются действующие на него силы. Ответы заданий проверяют понимание того факта, что в инерциальных системах отсчета тело покоится или движется равномерно и прямолинейно в том случае, если действие всех сил на него скомпенсировано.

Пример 27

Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести mg , сила упругости опоры N и сила трения $F_{\text{тр}}$. Если брусок покоится, то чему равен модуль равнодействующей сил $F_{\text{тр}}$ и N ?



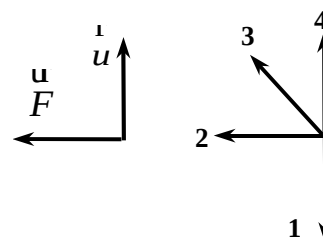
Строго говоря, на брусок действуют две силы: сила тяжести и сила реакции опоры, но в школьной методике принято делить общую силу реакции на силу трения и силу нормальной реакции (или силу упругости) опоры. Если тело покоится относительно выбранной ИСО или движется равномерно и прямолинейно, то векторная сумма всех сил будет равна нулю, а векторная сумма любых двух сил будет равна третьей.

Одна из главных идей динамики Галилея–Ньютона: сила определяет изменение скорости, т.е. ускорение, а не скорость. Поэтому при проверке понимания второго закона Ньютона в заданиях достаточно часто предлагается ответить на вопрос о сонаправленности векторов равнодействующей силы и ускорения.

Пример 28

На левом рисунке представлены вектор скорости и вектор равнодействующей всех сил, действующих на тело. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора ускорения этого тела в инерциальных системах отсчета?

Ответ: 2.



При выполнении простейших заданий на закон всемирного тяготения нужно обращать внимание на расчет с учетом квадрата расстояния в знаменателе.

Пример 29

Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются с силой 4 нН . Какова сила гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного – $2m$, масса другого – $\frac{m}{2}$, а расстояние между их центрами – $\frac{r}{2}$. Ответ: 16 нН .

Кроме того, следует обратить внимание на расчет гравитационной силы, действующей на тело, которое расположено на некотором расстоянии от поверхности Земли (нужно помнить, что расстояние отсчитывается от центра Земли, а не от ее поверхности).

Пример 30

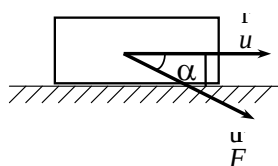
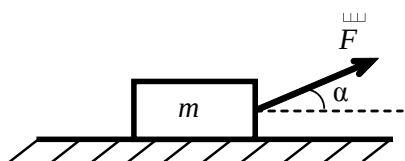
У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 720 Н . Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который с помощью реактивных двигателей удерживается неподвижно относительно Земли на расстоянии двух ее радиусов от земной поверхности?

Здесь сила 720 Н действует на расстоянии R , а затем тело перенесли на расстояние $3R$ от центра земли, поэтому сила уменьшилась в 9 раз.

Для выполнения заданий на проверку понимания силы трения скольжения нужно учитывать следующие моменты.

- Сила трения скольжения не зависит от площади опоры, т.е. если в задании брусок равномерно движется по одной и той же поверхности и его поворачивают при этом разными гранями, то сила трения скольжения не меняется.

- Сила трения скольжения связана соотношением $F = \mu N$ с нормальной силой упругости опоры. Поэтому нельзя автоматически использовать формулу $F = \mu mg$, а нужно сначала определить силу реакции опоры, а затем уже вычислять силу трения. Например, в случае, приведенном на рисунке слева, сила трения будет уменьшаться за счет действия силы тяги: $\mu(mg - F \sin \alpha)$; а во втором случае (рисунок справа), наоборот, будет увеличиваться: $\mu(mg + F \sin \alpha)$.

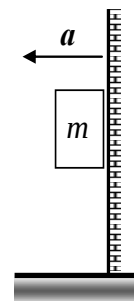


В приведенном ниже задании ускорение должно быть таким, чтобы обеспечивать силу реакции опоры, при которой сила трения будет (при минимальном ускорении) равна силе тяжести.

Пример 31

К подвижной вертикальной стенке приложили груз массой 10 кг. Коэффициент трения между грузом и стенкой равен 0,4. С каким минимальным ускорением надо передвигать стенку влево, чтобы груз не соскользнул вниз?

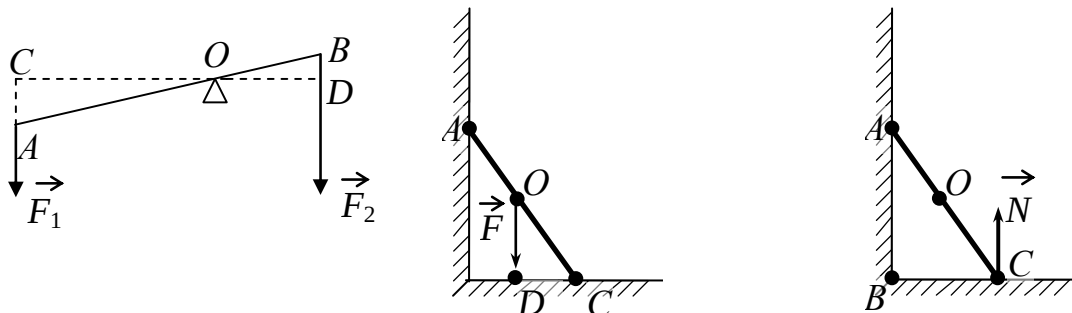
$Ma = N$; $F_{\text{тр}} = \mu N$; $mg = F_{\text{тр}}$. Следовательно, ускорение равно 25 м/с^2 .



Большая часть материала базового уровня темы «Элементы статики» относится к курсу физики основной школы. Поэтому при подготовке к экзамену их обязательно нужно повторить. В заданиях на проверку момента силы нужно лишь аккуратно опустить перпендикуляр из заданной точки на линию действия силы. Особое внимание надо обратить на те случаи, где плечо силы, а следовательно, и ее момент относительно заданной точки равны 0.

Примеры 32–34

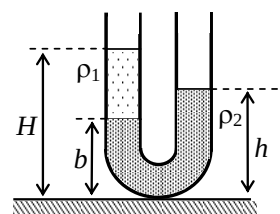
Момент для силы F_1 относительно точки O равен $F_1 \cdot OC$. Момент для силы тяжести F относительно точки O равен $F \cdot DC$. Момент силы N относительно точки C равен 0.



При выполнении заданий на равновесие жидкостей в сообщающихся сосудах нужно научиться правильно выбирать тот уровень, относительно которого будет записываться условие равновесия жидкостей (равенство гидростатических давлений).

Пример 35

В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость плотностью ρ_1 и вода плотностью $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (см. рисунок). На рисунке $b = 10 \text{ см}$, $h = 24 \text{ см}$, $H = 30 \text{ см}$. Определить плотность жидкости ρ_1 .



Здесь лучше всего записать равенство давлений относительно уровня на высоте b от горизонтальной поверхности. Тогда $\rho_1(H-b) = \rho_2(H-h)$ и искомая плотность равна 700 кг/м^3 .

Для успешного выполнения заданий по теме «Работа силы» нужно всегда помнить, о работе какой силы идет речь.

Пример 36

Груз массой 1 кг под действием силы 30 Н , направленной вертикально вверх, поднимается на высоту 2 м . Какова работа этой силы?

Правильный ответ (4) можно было получить из определения работы силы: $A = Fh$, или, понимая, что работа внешней силы (по отношению к системе тел: «груз–Земля») равна сумме изменений кинетической и потенциальной энергии груза. Масса груза в условиях приведенной задачи – лишнее данное.

Расчет импульса тел обычно не вызывает затруднений, но гораздо сложнее определить импульс тела, если одновременно требуется провести еще одну операцию (например, применить закон сложения скоростей).

Пример 37

Два автомобиля одинаковой массой m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем? Ответ: $3mv$.

При выполнении заданий по этой теме нужно хорошо понимать векторный характер импульса и его изменения. Например, если требуется рассчитать «сумму импульсов шаров, если их модули равны $0,3 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ и $0,4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$, а угол между их направлениями равен 90° », то нужно сложить два взаимно перпендикулярных вектора и суммарный импульс найти по теореме Пифагора: $\sqrt{0,3^2 + 0,4^2} = 0,5 \text{ (кг}\cdot\text{м/с)}$.

Пример 38

Материальная точка массой 1 кг движется по окружности с постоянной скоростью 10 м/с . Определите модуль изменения импульса материальной точки за одну четверть периода.

Так как за четверть периода материальная точка поворачивается на 90° , то модуль изменения импульса будет равен $10\sqrt{2} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$.

Следующим шагом является освоение решения задач на применение закона сохранения импульса: для упругого и неупругого ударов.

Пример 39

При произвольном делении покоившегося ядра химического элемента образовалось три осколка массами: $3m$; $4,5m$; $5m$. Скорости первых двух взаимно перпендикулярны, а их модули равны соответственно $4v$ и $2v$. Определите модуль скорости третьего осколка.

Так как ядро элемента покоилось, то первоначальный импульс был равен 0. Следовательно, и после деления суммарный импульс образовавшихся осколков будет равен нулю. Модуль импульса первых двух осколков: $p = \sqrt{(12mv)^2 + (9mv)^2} = 15mv$. Значит, модуль третьего осколка равен $15mv$, а модуль скорости третьего осколка равен $3v$.

При решении задач на неупругое столкновение нужно понимать, что в этом случае закон сохранения механической энергии не выполняется и следует сначала применить закон сохранения импульса.

Пример 40

Пластилинный шар массой $0,1 \text{ кг}$ имеет скорость 1 м/с . Он налетает на неподвижную тележку массой $0,1 \text{ кг}$, прикрепленную к пружине, соединенную с неподвижной стенкой, и прилипает к ней. Чему равна полная энергия системы при ее дальнейших колебаниях. Трением пренебречь.

Применив закон сохранения импульса: $mv = 2mu$, находим скорость системы после удара: $u = \frac{v}{2}$, а затем кинетическую энергию $E = \frac{2mu^2}{2} = mu^2 = 0,025 \text{ Дж}$.

Сложными оказываются задания на применение закона сохранения энергии.

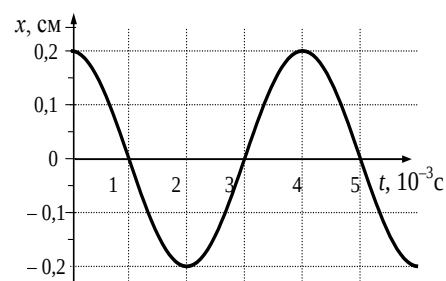
Пример 41

Камень бросали с балкона 3 раза с одинаковой по модулю начальной скоростью. Первый раз вектор скорости камня был направлен вертикально вверх; во второй раз – горизонтально; в третий раз – вертикально вниз. Если сопротивлением воздуха можно пренебречь, то в каком случае модуль скорости камня при подлете к земле будет наибольшим?

Интуитивно кажется, что в третьем случае, но это неверно. Применение закона сохранения энергии: $mgh + \frac{mu^2}{2} = \frac{mu^2}{2}$ – сразу дает ответ $u = \sqrt{v^2 + 2gh}$, из которого ясно, что искомая скорость не зависит от угла бросания камня, а полностью определяется начальной скоростью v и начальной высотой h .

В теме «Механические колебания и волны следует обратить внимание на умение записывать уравнение гармонических колебаний по заданным амплитуде и периоде колебаний и на обратную задачу – определять параметры (амплитуду, частоту, период, начальную фазу) по уравнению гармонических колебаний. Кроме того, нужно уметь находить параметры колебаний по заданному графику зависимости координаты от времени или, например, по графику зависимости амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Те же операции проверяются в вариантах ЕГЭ и для волн.

В этом случае амплитуда равна 0,2 см, период – 4 миллисекунды, частота – 250 Гц.



Для математического и пружинного маятников следует четко представлять, от каких величин зависит период их колебаний, а от каких нет. Например, в задании: «Как изменится период колебаний математического маятника, если длину его нити уменьшить в 4 раза, а массу увеличить в 2 раза?» – ответ будет «уменьшится в 2 раза», так как от массы период колебаний математического маятника не зависит.

Более сложным оказывается освоение вопросов, в которых изменяется ускорение свободного падения (маятник поднимают на гору, опускают в шахту и т.п. и спрашивают, как изменится ход маятниковых часов). При этом следует помнить, что если период колебаний увеличится, то ход часов замедлится, и они будут отставать. Например, если на некоторой планете период колебаний секундного земного математического маятника окажется равным 2 с, то ускорение свободного падения на этой планете равно примерно $2,5 \text{ м/с}^2$.

Молекулярная физика и термодинамика

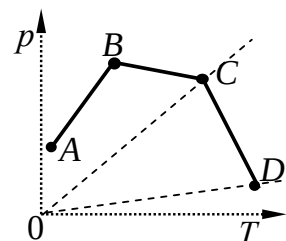
Важнейшие элементы в этом разделе – понимание основных положений МКТ, их опытного обоснования и умение объяснять различные явления на основе этих положений. Следует обратить внимание на вопросы, связанные с объяснением явлений, распознаванию диффузии и броуновского движения и пониманию того, какие условия и как влияют на их протекание.

Например, одинаковая плотность газа в небольшом сосуде объясняется хаотичностью движения молекул газа. Для диффузии нужно повторить зависимость скорости ее протекания от температуры и от агрегатного состояния веществ; для броуновского движения – понимать зависимость характера движения броуновских частиц от температуры газа или жидкости и от их масс.

Практически в каждом экзаменационном варианте встречаются вопросы, которые в той или иной степени проверяют понимание изопроцессов в идеальном газе. Самыми сложными здесь оказываются следующие типы вопросов/

А) Узнавание изопроцесса по описанию. Например, «воздушный пузырек поднимается со дна равномерно прогретого водоема». Здесь не меняется температура воды, а значит, и температура воздуха в пузырьке, давление воды уменьшается, объем пузырька увеличивается, следовательно, речь идет об изотермическом процессе. Если в тексте задач встречается сочетание слов «газ в закрытом сосуде», то описывается изохорный процесс, а если газ находится в открытом сосуде при атмосферном давлении, то – изобарный.

Б) Преобразование графиков изопроцессов из одной системы координат в другую или чтение графиков, которые напрямую не отражают изопроцессов. Например: «В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости давления газа от температуры при изменении его состояния представлен на рисунке. Какому состоянию газа соответствует наименьшее значение объема?»



Если провести изохоры, проходящие через точки *A*, *B*, *C* и *D*, то изохора, проходящая через точку *A*, соответствует наименьшему значению объема. Это видно из выражения: $V = \frac{\nu RT}{p}$, вытекающего из уравнения Менделеева–Клапейрона. Чем больше угол наклона изохоры к оси температуры, тем меньше объем газа.

Задания, проверяющие основное уравнение МКТ и уравнение Менделеева–Клапейрона, обычно предполагают расчеты, и здесь нельзя забывать пользоваться справочными таблицами в начале варианта. Например, при выполнении задания: «В баллоне объемом $1,66 \text{ м}^3$ находится 2 кг азота при давлении 10^5 Па . Какова температура этого газа?» – из таблицы необходимо взять данные о значениях универсальной газовой постоянной и молярной массе азота. Обратите внимание на то, что числа в таких заданиях обычно подобраны таким образом, чтобы максимально «сокращаться» при расчетах.

Не стоит забывать о том, что если в задании приведена не масса, а количество вещества, то задание существенно упрощается и становится устным. Например, «3 моль водорода находится в сосуде при комнатной температуре и давлении p . Каким будет давление 3 моль кислорода в том же сосуде и при той же температуре?» Сразу ясно, что давление будет таким же.

Вопросы, связанные с изменением агрегатных состояний вещества, изучаются в основной школе. Поэтому их крайне важно повторить перед экзаменами. Здесь советуем обратить внимание на перечисленные ниже элементы.

1. Для формулировки заданий по изменению агрегатного состояния вещества часто используют графики зависимости температуры от времени. Нужно уметь различать на них участки нагревания (охлаждения), плавления (кристаллизации) или кипения (конденсации). При этом следует обращать внимание на начальные условия: в каком состоянии находить вещество при начальной температуре.

2. При решении задач на уравнение теплового баланса (особенно в заданиях с кратким ответом) нужно пользоваться только справочными данными в начале варианта. В этом случае получается именно тот численный ответ, который обозначен как верный. Например: «В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент

кусочки льда перестают таять. К концу процесса масса воды увеличилась на 84 г. Какова начальная масса воды, если ее первоначальная температура равна 20 °С?»

Для решения задачи нужно взять удельную теплоемкость воды, равную $4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К), а теплоту плавления льда – $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг. В этом случае получится ответ 330 г, а остальные цифры в общей формуле сократятся, что существенно снижает затраты времени на решение этих задач.

3. Необходимо понимание того, какие преобразования энергии сопровождают изменения агрегатного состояния вещества.

«В сосуде находятся жидкость и ее пар. В процессе испарения жидкости поглощается некоторое количество теплоты. Как при этом меняется внутренняя энергия жидкости?»

Если при изменении агрегатного состояния вещества температура не меняется, то меняется лишь потенциальная энергия взаимодействия молекул, кинетическая же энергия остается постоянной. Например, выделение энергии при конденсации парообразного вещества (или при кристаллизации) происходит главным образом в результате уменьшения потенциальной энергии взаимодействия молекул вещества. При плавлении кристаллических тел или при кипении жидкостей происходит увеличение потенциальной энергии взаимодействия молекул.

4. Жидкость кипит при условии, что давление насыщенных паров равно атмосферному давлению. Этот момент проверяется, например, при выполнении заданий следующего типа:

«При одинаковой температуре 100 °С давление насыщенных паров воды равно 10^5 Па, аммиака – $59 \cdot 10^5$ Па и ртути – 37 Па. В каком из вариантов ответа эти вещества расположены в порядке убывания температуры их кипения в открытом сосуде?»

Здесь давление паров воды равно атмосферному давлению, значит, она кипит при заданной температуре, давление паров аммиака значительно больше атмосферного, следовательно, его температура кипения существенно ниже заданной, а давление паров ртути ниже атмосферного, поэтому температура ее кипения будет выше заданной.

5. При выполнении заданий на первые три элемента нужно помнить, что: при тепловом равновесии одинакова температура тел, а значит, и средняя кинетическая энергия движения молекул; теплопередача всегда происходит от более нагретых к менее нагретым телам.

6. Зависимость внутренней энергии идеального газа от температуры.

«Как меняется внутренняя энергия идеального газа при изохорном увеличении давления (изобарном сжатии и т.п.)?»

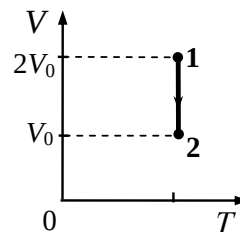
В этих случаях сначала нужно выяснить, как изменяются параметры газа, а затем делать вывод об изменении внутренней энергии на основании изменения температуры. Для обеспечения изобарного процесса при сжатии газа надо отводить от него тепло, т.е. для сохранения давления температура газа должна уменьшиться, значит, и внутренняя энергия тоже уменьшится.

Первый закон термодинамики проверяется, как правило, несложными расчетными заданиями следующего типа: *«Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж и совершил работу 100 Дж. Как изменилась при этом внутренняя энергия газа?»* Здесь нужно внимательно относиться к сочетаниям слов «получил (или отдал) количество теплоты» и «газ совершил (или над газом совершили) работу». В задании газ получил 300 Дж теплоты, значит, его внутренняя энергия увеличилась сначала на 300 Дж. Затем он совершил работу 100 Дж за счет уменьшения внутренней энергии. Следовательно, в целом внутренняя энергия увеличилась на 200 Дж.

В этом разделе наряду с обычными расчетными задачами на применение первого закона термодинамики к изопроцессам встречается целый ряд заданий с использованием графиков. При их выполнении необходимо сначала по графику определить вид процесса, а затем применить первый закон термодинамики.

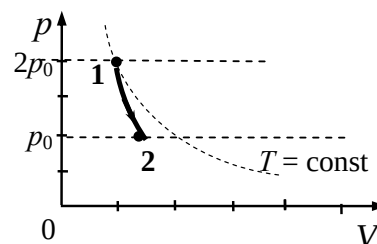
На V - T -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдает 50 кДж теплоты. Чему равна работа внешних сил?

График показывает, что процесс изотермический. Так как при изотермическом процессе изменение внутренней энергии равно нулю, то работа внешних сил равна отданному газом количеству теплоты.



На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от объема при его адиабатном расширении. Газ совершил работу, равную 20 кДж. Как при этом изменилась внутренняя энергия газа?

Поскольку процесс адиабатный, то $Q = 0$ и первый закон термодинамики можно записать в виде: $A = -DU$, следовательно, $DU = -20$ Дж. Другими словами, внутренняя энергия уменьшилась на 20 Дж.

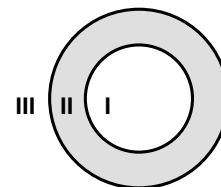


Электродинамика

При изучении электростатики следует обратить особое внимание на освоение вопросов, связанных с электризацией, электростатической индукцией проводников и поляризацией диэлектриков в электрическом поле.

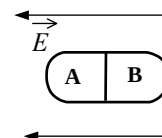
Обучающиеся должны понимать, что внутри электрически заряженного уединенного проводника (см. рисунок, область I) и в полости (область II), находящейся внутри такого проводника, напряженность электростатического поля равна нулю и заряд этого проводника локализован на его поверхности.

Приведем пример задания на электризацию проводников в электрическом поле.



Пример 42

Незаряженное металлическое тело внесли в однородное электростатическое поле, а затем разделили на части A и B (см. рисунок). Какими электрическими зарядами обладают эти части после разделения? (ответ: A – положительным; B – отрицательным)



В таких заданиях следует помнить о том, что в проводниках имеются свободные заряды и, следовательно, при внесении их в электростатическое поле заряды перераспределяются по проводнику. Если же в задании используется диэлектрическое тело, то при помещении его в электростатическое поле происходит поляризация диэлектрика. Отсутствие свободных зарядов приводит к тому, что внутри тела заряды не перемещаются. Следовательно, после разделения тела оба его части остаются электрически нейтральными.

Расчетные задачи по электростатике требуют, как правило, привлечения знаний из геометрии и из раздела «Механика».

Пример 43

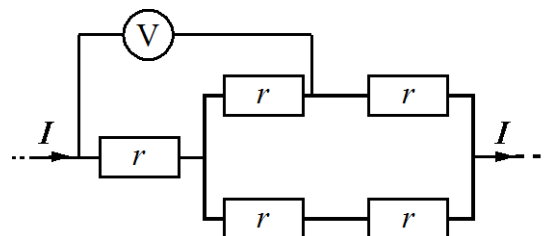
Шарик массой $m = 20$ г подвешен на шелковой нити длиной $l = 10$ см. Шарик имеет положительный заряд $q = +10^{-5}$ Кл и находится в однородном электрическом поле напряженностью $E = 10^4$ В/м, направленном вертикально вниз. Каков период малых колебаний шарика?

В этой задаче необходимо понять, что результирующая сила, действующая на заряд, складывается из силы тяжести и кулоновской силы, и, зная формулу для периода колебаний математического маятника, подставить туда результирующее ускорение $g + qE/m$.

В теме «Постоянный электрический ток» основополагающим является применение закона Ома для участка цепи и закона Ома для полной цепи. В первом случае более серьезного внимания требуют задания, в которых нужно найти показания вольтметра в схеме со смешанным соединением проводников.

Пример 44

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 1 Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток 4 А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



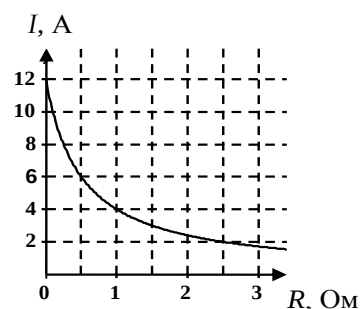
Кроме того, при решении задач на расчет цепей с использованием формул для последовательного и параллельного соединений проводников нужно обратить внимание на случаи, в которых один из резисторов закорачивают. Здесь целесообразно сначала изобразить новую схему, а затем уже рассчитывать общее сопротивление.

При изучении закона Джоуля–Ленца рекомендуется обратить внимание на вопросы, требующие расчета отношения количеств теплоты, выделяющегося на разных элементах цепи, поскольку здесь используются дополнительно формулы для расчета сопротивлений или закон Ома для участка цепи.

При решении задачи по теме «Постоянный ток» довольно часто используют различные графики (зависимости силы тока от напряжения, силы тока от внешнего сопротивления), а также схемы электрических цепей. Для таких задач необходимо получить информацию от чтения графиков, схемы электрической цепи, результатов опыта.

Пример 45

К источнику тока с ЭДС = 6 В подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?

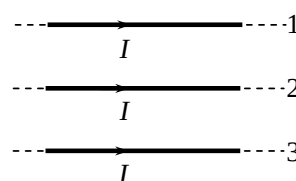


Здесь на графике следует найти ток короткого замыкания, равный 12 А. По определению он равен отношению ЭДС к внутреннему сопротивлению источника, значит, ответ: 0,5 Ом.

В теме «Магнитное поле» следует особое внимание обратить на определение направления силы Ампера и силы Лоренца. Одно из таких заданий приведено ниже.

Пример 46

По трем параллельным проводникам протекает постоянный электрический ток (см. рисунок). Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, и расстояния между соседними проводниками одинаковы, I – сила тока. Определите направление силы Ампера, действующей на проводник № 3.

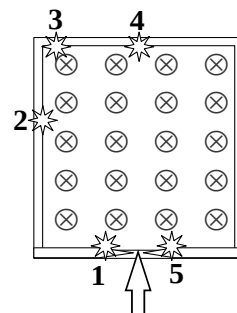


Здесь для ответа на вопрос можно, конечно, провести ряд рассуждений о силах, которые будут действовать на третий проводник со стороны двух других, рассматривая создаваемые ими магнитные поля. Но проще всего вспомнить, что два проводника, по которым текут токи одного направления, притягиваются друг к другу. Следовательно, на третий проводник будет действовать сила, направленная вверх.

Приведем пример комплексного задания, в котором надо применить правило левой руки для определения направления смещения конкретных частиц.

Пример 47

В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны ${}^0_{-1}e$, позитроны ${}^0_{+1}e$, протоны 1_1p , нейтроны 1_0n , α -частицы 4_2He и γ -кванты). Определите, какая вспышка соответствует каждой из частиц.



Применив правило левой руки для протонов, можно сделать вывод, что они отклоняется влево. Но влево отклоняются также позитроны и α -частицы. Следовательно, надо понимать, как зависит радиус кривизны от массы и заряда частиц:

$R = \frac{mv}{qB}$. С учетом этого вспышка при попадании позитронов будет в точке 1, протонов – в точке 2, альфа-частиц – в точке 3. Ясно, что вспышка при попадании электронов будет в точке 5, γ -квантов – в точке 4.

Существует также целая серия заданий, в которой предлагается на качественном уровне ответить вопросы, применив выражения для силы Лоренца и второй закон Ньютона:

$$F = ma, \quad quB = \frac{mv^2}{R}, \quad qB = \frac{mv}{R}. \quad \text{Отсюда следует} \quad R = \frac{mv}{qB},$$

$T = \frac{2\pi R}{u} = \frac{2\pi m}{qB}$. Анализ этих выражений позволяет ответить на все вопросы, предлагаемые в этих заданиях: зависимость радиуса кривизны от заряда, периода обращения заряженной частицы от заряда, зависимость периода обращения от энергии частицы, периода обращения от скорости частицы.

Обучающимся, в том числе и слабо подготовленным, вполне доступны задачи на движение заряженных частиц сначала в электрическом, а затем в магнитном полях.

Пример 48

Два первоначально покоящихся электрона ускоряются в электрическом поле: первый в поле с разностью потенциалов U , второй – $2U$. Ускорившиеся электроны попадают в однородное магнитное поле, вектор индукции которого перпендикулярен скорости движения электронов. Каково отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электронов в магнитном поле равно

В этой задаче, кроме выражения $R = \frac{mv}{qB}$, надо, применив закон сохранения энергии:

$$qU = \frac{mv^2}{2}, \text{ получить выражение } v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}, \text{ откуда следует, что } R : \sqrt{U}.$$

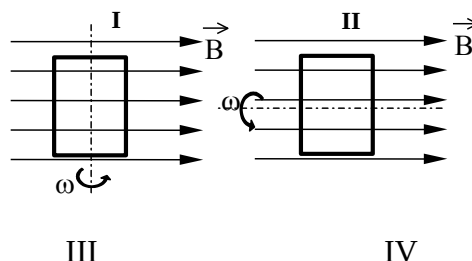
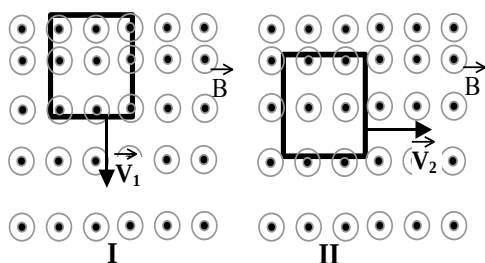
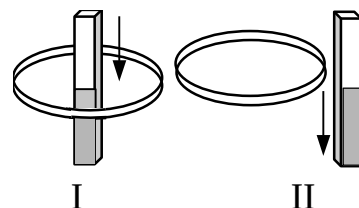
В теме «Электромагнитная индукция» основное внимание необходимо уделить пониманию явления электромагнитной индукции и условиям возникновения индукционного тока.

Пример 49

Один раз металлическое кольцо падает на стоящий вертикально полосовой магнит так, что надевается на него, второй раз – так, что пролетает мимо него. Плоскость кольца в обоих случаях горизонтальна.

Здесь нужно понимать, что индукционный ток возникает в обоих случаях, так как изменяется магнитный поток, пронизывающий кольцо, которое является замкнутым и проводящим.

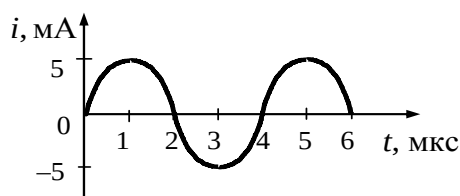
Целесообразно разобрать различные ситуации, в которых проводящая рамка вращается в магнитном поле или движется в неоднородном магнитном поле. Требуется указать, в каких случаях возникает индукционный ток. Здесь необходимо определить, будет ли меняться магнитный поток при движении рамки, и сделать вывод о возникновении или отсутствии тока.



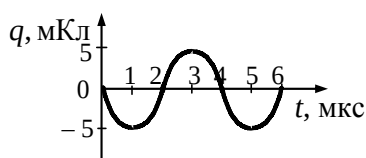
В первом случае рамка движется в неоднородном магнитном поле таким образом, что магнитный поток изменяется и возникает индукционный ток, а во втором, хотя поле и неоднородно, магнитный поток не меняется при движении рамки, следовательно, и ток не

возникает. В третьем случае при вращении рамки меняется угол между линиями магнитной индукции и нормалью к рамке, значит, меняется и магнитный поток, вызывая возникновение индукционного тока. В четвертом же случае рамка вращается таким образом, что пронизывающий ее магнитный поток остается неизменным и ток не возникает.

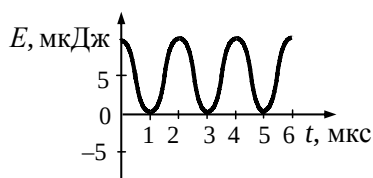
В теме «Электромагнитные колебания» важным аспектом является построение графиков колебаний для различных величин с учетом начальных условий. Например, на рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре.



Построить график изменения заряда конденсатора и изменения энергии электрического поля конденсатора. Правильный график для изменения заряда показан ниже, учтено, что сдвиг фаз между колебаниями силы тока в катушке и заряда на конденсаторе равен $\pi/2$.



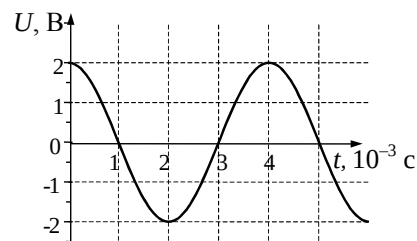
Частота изменения энергии электрического поля конденсатора в 2 раза больше, чем частота изменения силы тока. Кроме того, энергия всегда положительна, поэтому график будет иметь следующий вид:



Необходимо обратить внимание на понимание процессов преобразования энергии и на применение закона сохранения энергии к электромагнитным колебаниям в колебательном контуре.

Пример 50

Напряжение на клеммах конденсатора в колебательном контуре меняется с течением времени согласно графику на рисунке. Какое преобразование энергии происходит в контуре в промежутке от $2 \cdot 10^{-3}$ с до $3 \cdot 10^{-3}$ с?



Здесь в начальный момент времени напряжение на конденсаторе максимально, следовательно, и максимальна энергия электрического поля конденсатора. В указанном в задании промежутке конденсатор разряжается (в конечный момент времени $U = 0$) и вся энергия преобразуется в энергию магнитного поля катушки с током.

Пример 51

В процессе колебаний в идеальном колебательном контуре в момент времени t заряд конденсатора $q = 4 \cdot 10^{-9}$ Кл, а сила тока $I = 3$ мА. Период колебаний $T = 6,3 \cdot 10^{-6}$ с. Найдите амплитуду колебаний заряда q_m .

Задания такого типа можно решать разными способами. Первый способ основан на применении закона сохранения энергии: $\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}$ (1) и формулы периода

электромагнитных колебаний в колебательном контуре: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (2). Возможно также и альтернативное решение, основанное на использовании уравнений электромагнитных колебаний в контуре: $q = q_m \sin 2\pi t/T$ (1). Так как сила тока является первой производной от заряда, то можно записать: $I = q' = 2\pi q_m \cos 2\pi t/T$ (2). Учитывая, что $\sin 2\pi t/T = \sqrt{1 - \cos^2 2\pi t/T}$ (3), получаем искомый ответ, совпадающий с ответом,

полученным первым способом: $q_m = \sqrt{q^2 + \frac{I^2 T^2}{4\pi^2}}$.

Ряд задач формулируются с использованием табличных данных. Приведем пример такой задачи.

Пример 52

В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре, подключенном к источнику переменного тока, с течением времени.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

При какой индуктивности катушки в контуре наступит резонанс, если емкость конденсатора равна 50 пФ? Ответ выразите в мГн.

Записав условие резонанса: $\omega = 2\pi/T = 1/(LC)^{1/2}$, получим: $L = T^2 / 4\pi^2 C$. Подставив значение периода колебаний из таблицы ($T = 8 \cdot 10^{-6}$ с), получим: $L = 32 \cdot 10^{-3}$ Гн = 32 мГн.

Традиционно сложными оказываются стандартные вопросы на понимание идей Максвелла об излучении электромагнитных волн:

А) излучение электромагнитных волн происходит при ускоренном движении заряженных частиц. Следовательно, излучение электромагнитных волн происходит и при ускоренном прямолинейном движении заряженной частицы, и при ее равномерном движении по криволинейной траектории, и при совершении колебаний;

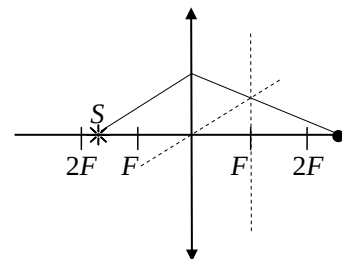
Б) взаимная перпендикулярность трех векторов в электромагнитной волне: индукции магнитного поля, напряженности электрического поля и скорости распространения волны.

По теме «Геометрическая оптика» на базовом уровне необходимо уметь: различать углы падения и отражения света в плоском зеркале; использовать свойства изображения в плоском зеркале; применять формулу для определения относительного показателя преломления: $n_{\text{отн}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$; строить изображения предметов в

собирающей линзе; определять фокусное расстояние и оптическую силу линзы.

Задания на изображения в плоском зеркале, как правило, не вызывают трудностей, так же как и на стандартные построения в собирающей линзе. Однако сложности возникают подчас в том случае, если вид изображения описан словами. Нужно помнить, что изображение может быть действительным или мнимым, прямым или перевернутым, увеличенным или уменьшенным. Для построения изображения в линзах целесообразно разобрать не только применение трех основных лучей, но и построение с использованием побочной оптической оси, пример которого приведен на рисунке ниже.

При изучении преломления света важно использовать задания, в которых встречаются ситуации расчета показателя преломления через отношение скоростей или отношение длин волн в разных средах. (Например: *Длина волны света лазерной указки равна 532 нм в воздухе и 400 нм в воде. Каков показатель преломления стекла? Ответ: 1,33.*) Кроме того, можно предлагать ситуации, которые позволяют запомнить, что при переходе светового пучка из одной среды в другую не изменяется частота световой волны, но изменяется скорость распространения электромагнитной волны.



Во всех задачах по геометрической оптике необходимо делать поясняющие рисунки и обозначать соответствующие углы и расстояния, как это делается в задачах по геометрии. Подчас все решение состоит из правильно выполненного рисунка.

Пример 53

На оси x в точке $x_1 = 0$ находится тонкая линза с фокусным расстоянием $f_1 = 30$ см, а в точке $x_2 > 0$ – тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $f_2 = -20$ см. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси x . На собирающую линзу падает параллельный пучок света из области $x < 0$. Пройдя оптическую систему, пучок остается параллельным. Найдите расстояние $x_2 - x_1$ между линзами.

Чтобы после прохождения рассеивающей линзы пучок света стал параллельным, на нее должен падать пучок, сходящийся в противоположном фокусе. Значит, фокусы собирающей и рассеивающей линз должны совпадать, следовательно, расстояние между ними должно быть: $x_2 - x_1 = f_1 - |f_2| = 10$ см.

В теме «Волновая оптика» основные сложности вызывают задания на объяснение явлений интерференции, дифракции или дисперсии, а также на проявление этих явлений в окружающей жизни. Для дисперсии света необходимо понимать, что: показатель преломления для данного вещества зависит от частоты падающего света; суть дисперсии – зависимость показателя преломления (а значит, и скорости распространения света в среде) от частоты световой волны; разложение пучка солнечного света в спектр при прохождении его через призму объясняется движением с разными скоростями в стекле световых волн различной частоты.

Следовательно, цвет стекол определяется тем диапазоном световых волн, которые они пропускают, а цвет цветной бумаги – тем диапазоном, которая она отражает. Не стоит путать с дисперсией возникновение радужных полос при интерференции или дифракции.

Решая расчетные задачи по волновой оптике, не стоит забывать о проверке ответа с учетом физического смысла полученной величины. Обучающиеся должны понимать, что

если при расчете, например, показателя преломления вещества по известному ходу лучей (на рисунке) получили значение абсолютного показателя преломления стекла равным 0,6, то ответ неверен, так как абсолютный показатель преломления меньше единицы, хотя показатель преломления для вакуума равен 1, т.е. не было учтено, что луч света переходит из оптически более плотной среды в менее плотную.

Приведем разбор одного из заданий на интерференцию света в тонких пленках.

Пример 54

Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна длиной 600 нм. Чему должно быть равно минимальное расстояние между зеркалами, чтобы наблюдался первый минимум интерференции проходящих световых волн?

Здесь необходимо понимать, что при правильном подборе толщины зазора интерференция отраженных от двух поверхностей лучей приводит к их гашению.

Записав условие интерференционного минимума: $2d = \frac{\lambda}{2}$, получим: $d = \frac{\lambda}{4} = 150$ нм. (При

отражении световой волны от более плотной среды происходит «потеря половины длины волны». В данном случае наблюдается двойное отражение, поэтому разность хода равна $2d$ – сдвига фаз не происходит. Но это условие можно и не знать, так как «двойная потеря» закладывается в условие задач.)

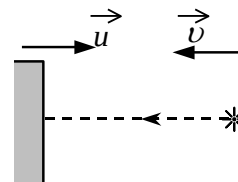
Элементы СТО

На изучение этой темы в курсе физики отводится мало времени, поэтому и проверяется, как правило, понимание всего двух идей – постулатов СТО.

1. Скорость света является инвариантной величиной во всех инерциальных системах отсчета и не зависит ни от скорости источника света, ни от скорости приемника света.

Пример 55

В инерциальной системе отсчета свет распространяется в вакууме со скоростью c . В этой системе отсчета источник света движется со скоростью v , а зеркало – со скоростью u навстречу ему (см. рисунок). С какой скоростью в этой системе отсчета распространяется свет, отраженный от зеркала?



Правильный ответ во всех заданиях этого типа – $c = 300\,000$ км/с (скорость света в вакууме) и не зависит от перечисленных причин.

2. Во всех инерциальных системах отсчета все явления протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях). Одинаковыми будут и все закономерности, устанавливаемые в различных инерциальных системах отсчета, движущихся друг относительно друга с постоянной скоростью. Например, если в задании спрашивается, будут ли различаться результаты экспериментальных исследований, проводимых с пружинным маятником, то ответ, безусловно, нет. К примеру, зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы груза будет одинаковой во всех инерциальных системах отсчета. Другое дело, что отдельные физические величины могут иметь разные значения: промежуток времени, длина отрезка, период колебаний и т.д.

Квантовая физика

Понимание условий протекания явления фотоэффекта, знание его законов и умение применять уравнение Эйнштейна для фотоэффекта – наиболее часто встречающиеся элементы для раздела «Квантовая физика» в ЕГЭ. Поэтому нужно четко понимать, как протекает явление фотоэффекта, знать, что количество выбиваемых электронов зависит от

интенсивности света, но их максимальная энергия определяется только частотой падающего света.

Пример 56

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только желтый свет, а во второй – пропускающий только синий. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение.

Определим, как при переходе от первой серии опытов ко второй изменяются физические величины, описывающие фотоэффект.

Частота желтого света меньше частоты синего света, значит, частота падающего света в процессе опыта увеличилась. Так как $\nu = \frac{c}{\lambda}$, то длина волны падающего света уменьшилась. Энергия фотонов падающего света увеличилась, так как $E = h\nu$. Работа выхода электронов из металла является характеристикой вещества и не зависит от частоты падающего света, поэтому работа выхода не изменилась. Частота и длина волны света, соответствующего «красной границе» фотоэффекта, связаны с работой выхода: $A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$. Следовательно, они также не изменились.

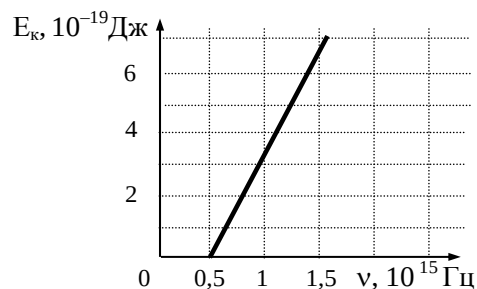
В соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта ($E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин макс}}$, где $E_{\text{кин макс}} = \frac{m u_{\text{макс}}^2}{2} = eU_{\text{зап}}$) при увеличении энергии фотонов падающего света максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличивается, как и максимальная скорость фотоэлектронов, и запирающее напряжение.

Если ученик понимает, что при фотоэффекте в процессе вылета из металлической пластины электронов она приобретает электрический заряд, то для него не будут сложными вопросы типа «Как изменится минимальная частота, при которой возникает фотоэффект, если пластинке сообщить отрицательный заряд?» (Правильный ответ «уменьшится», так как фотоэффект будет наблюдаться для фотонов с меньшей энергией.)

В заданиях по этой теме достаточно часто используются графики. Например, предлагается по заданному графику зависимости силы фототока в фотоэлементе от приложенного к нему напряжения определить, как изменится этот график в случаях изменения частоты или интенсивности падающего света, провести выбор нужного графика зависимости фототока от приложенного напряжения между фотокатодом и анодом. Эти задания требуют глубокого понимания законов фотоэффекта и умения работать с графиками.

Пример 57

Слой оксида кальция облучается светом и испускает электроны. На рисунке показан график изменения максимальной энергии фотоэлектронов в зависимости от частоты падающего света. Какова работа выхода фотоэлектронов из оксида кальция?

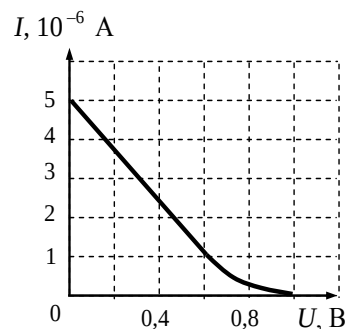


Задание можно было выполнить двумя способами:

- 1) графическим. Продлив график до пересечения с осью E_k , получаем, что $A = -E_k$, так как $\nu = 0$;
- 2) расчетным: $A = h\nu - E_k$. Выбрав по графику значение $\nu = 10^{15}$ Гц, а кинетическую энергию фотоэлектрона: $E_k = 3 \cdot 10^{-19}$ Дж, получаем искомый ответ: 2,1 эВ.

Пример 58

Фотоэлектроны, вылетающие из металлической пластины, тормозятся электрическим полем. Пластина освещена светом, энергия фотонов которого – 3 эВ. На рисунке приведен график зависимости фототока от напряжения тормозящего поля. Какова работа выхода электрона с поверхности пластины?



Работа выхода электрона с поверхности пластины можно рассчитать, применив формулу Эйнштейна для фотоэффекта: $A = h\nu - E_k$, а максимальную кинетическую энергию фотоэлектрона E_k легко найти из графика: $E_k = 1$ эВ. Следовательно, искомая работа выхода равна 2 эВ.

Вопросы, связанные с темой «Корпускулярно-волновой дуализм», требуют устойчивых знаний формул для энергии и импульса фотонов и умения применять их в простейших расчетах.

Следует обратить внимание на расчетные задачи повышенного уровня, в которых нужно совместить знания из разных разделов. Например, в приведенном ниже задании необходимо выразить мощность светового потока, используя фотонные представления о свете.

Пример 59

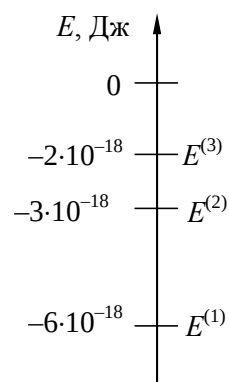
Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц. Поглощаемая мощность $P = 3,3 \cdot 10^{-14}$ Вт. Сколько фотонов поглощает детектор за время $t = 5$ с?

Число фотонов равно:
$$N = \frac{Pt}{h\nu} = 5 \cdot 10^{15}.$$

Необходимо самое пристальное внимание обратить на изучение постулатов Бора и их применение к анализу энергетических переходов атома при поглощении и испускании фотона используют как словесную формулировку и символическую запись энергии, так и схемы энергетических уровней атома.

Пример 60

Предположим, что схема энергетических уровней атомов разреженного газа имеет вид, изображенный на рисунке. В начальный момент атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(2)}$. Фотоны с какой энергией может поглощать данный газ?



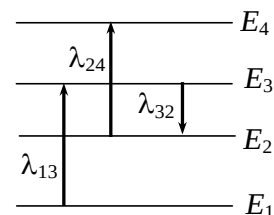
Для выполнения этих заданий нужно понимать, что на уровне E_1 электроны обладают минимальной энергией и могут перейти на следующие уровни, поглотив фотоны с энергией, равной разности энергий соответствующих уровней.

Наиболее «типичной» ошибкой в таких задачах является сложение или вычитание величин для длин волн, аналогично тому, как можно оперировать с частотами, излучаемыми или

поглощаемыми при переходах с одного энергетического уровня на другой.

Пример 61

На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Какова длина волны для фотонов, излучаемых при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 , если $\lambda_{13} = 400$ нм, $\lambda_{24} = 500$ нм, $\lambda_{32} = 600$ нм?



Для решения этой задачи необходимо сначала провести расчеты для энергии, а только потом подсчитать длину волны, используя выражения для энергии фотона и связи длины волны с частотой света.

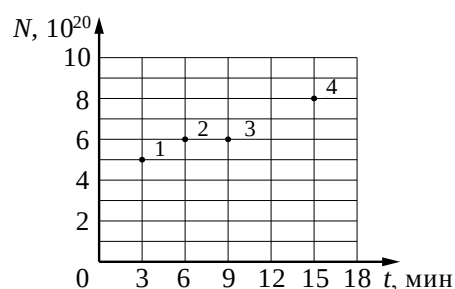
По теме «Физика атомного ядра» необходимо обратить внимание на виды радиоактивных излучений (названия, состав и основные свойства, например проникающая способность или отклонение в магнитном и электрическом полях); строение ядра атома, понимание понятия «изотопы» (причем здесь используются как словесные описания состава ядер, так и символическая запись или схематичные рисунки). Закон сохранения заряда и массового числа в ядерных реакциях, как правило, не вызывает больших затруднений.

Закон радиоактивного распада является самым сложным элементом в этой теме.

Здесь нужно четко помнить, что в законе радиоактивного распада: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ – под N_0 понимают первоначальное число атомов, а N – это число нераспавшихся ядер (оставшихся). По заданному периоду полураспада можно определять число ядер (массу, количество вещества, долю ядер) распавшегося элемента и число ядер (массу, количество вещества, долю ядер) образующегося элемента в заданные моменты времени; по графику зависимости $N(t)$ – определять период полураспада; строить график $N(t)$ и определять число ядер распавшегося элемента и число ядер образующегося элемента в заданные моменты времени.

Пример 62

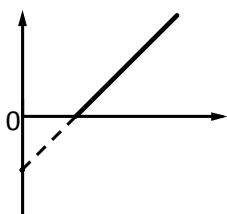
Из ядер таллия $^{208}_{81}\text{Tl}$ при β -распаде с периодом полураспада 3 мин. образуются стабильные ядра свинца. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер таллия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдет график зависимости числа ядер свинца от времени (см. рисунок)?



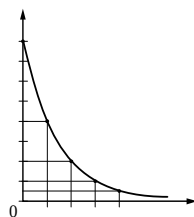
Здесь нужно понимать, что в любой момент времени суммарное число ядер висмута и таллия в каждый момент времени остается постоянным и равным $8 \cdot 10^{20}$. В данном случае в точке 2 число ядер таллия будет $2 \cdot 10^{20}$ (так как это соответствует промежутку времени, равному двум периодам полураспада), а ядер висмута – $6 \cdot 10^{20}$.

Отдельные задания проверяют элементы из разных тем раздела «Квантовая физика». Так, например, целесообразно научить соотносить схематичный вид графика с различными зависимостями (см. примеры ниже).

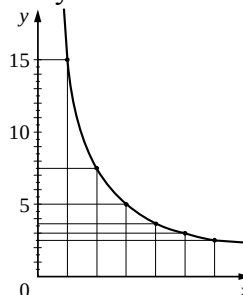
Зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света



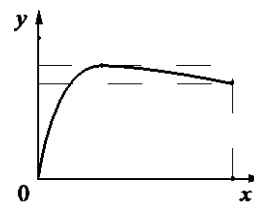
Закон радиоактивного распада



Зависимость энергии фотонов от длины волны излучения



Зависимость удельной энергии связи ядер от массового числа



Элементы астрофизики

В настоящее время существует отдельный предмет «Астрономия», включающий в том числе и те элементы астрофизики, которые должны изучаться по программе физики. Остановимся на тех содержательных элементах, которые обязательно должны быть освоены для сдачи ЕГЭ.

1. Строение Солнечной системы, основные отличия планет земной группы от планет-гигантов и отличительные признаки каждой из планет; причины смены дня и ночи и смены времен года, расчет первой и второй космических скоростей.

Этот материал проверяется на базе таблиц с характеристиками планет. Ниже приведен пример одной из таких таблиц.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6°	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Необходимо научить анализировать и сравнивать характеристики планет, представленные в каждом из столбцов таблицы. В данном случае: переводить а.е. в км, используя соотношение из справочных данных ($1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн км}$); понимать, что масса определяется не только объемом планеты, который пропорционален R^3 , но и плотностью; понимать, что смена времен года связана с наклоном оси вращения планеты к плоскости ее орбиты вокруг Солнца (при наличии наклона наблюдается смена времен года);

использовать формулу для первой космической скорости: $v_{1к} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}$ – и

рассчитывать ускорение свободного падения, а также соотношение между первой и второй космическими скоростями: $v_{2к} = \sqrt{2}v_{1к} = \sqrt{\frac{2GM}{R_0}}$.

2. Спектральные классы звезд, взаимосвязь основных звездных характеристик (температура, цвет, спектральный класс, светимость), диаграмма Герцшпрунга – Рессела, различия звезд главной последовательности, белых карликов и гигантов (сверхгигантов).

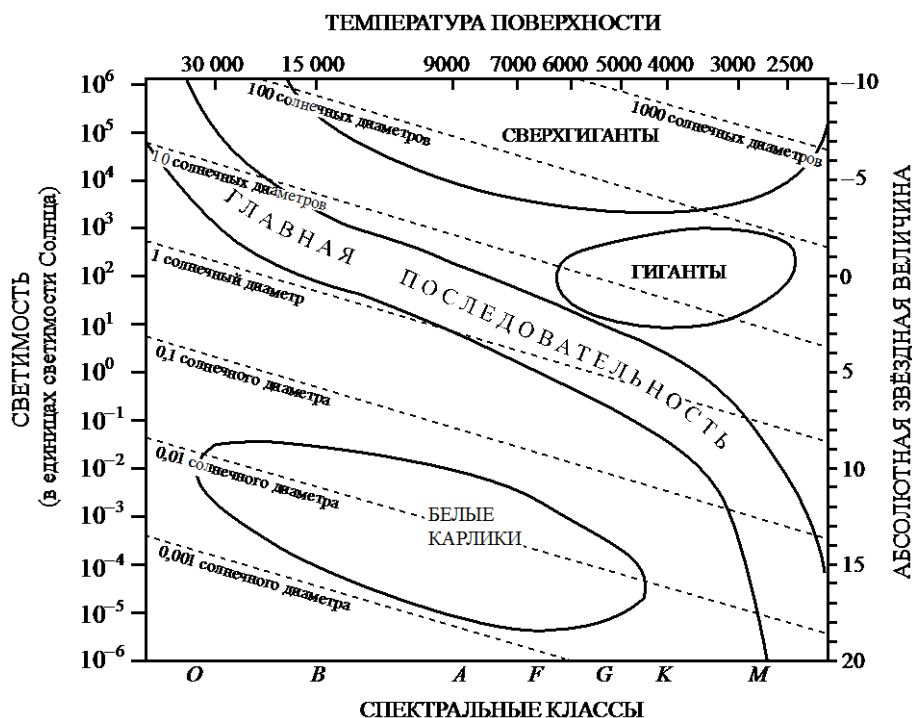
Эти элементы проверяются на базе табличных данных о ярких звездах, пример которой приведен ниже.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Плотность по отношению к плотности воды
ε Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Здесь нужно научить ориентироваться в спектральных классах, причем не нужно четко знать границы температур поверхности звезд для разных спектральных классов, достаточно представлять себе общую классификацию и понимать, что, например, капелла не может иметь спектральный класс *O*, а Ригель – спектральный класс *M*. Плотности и радиусы звезд позволяют отнести их к звездам главной последовательности (плотности сравнимы с плотностью воды), белым карликам (малые размеры и плотности порядка 10^5 – 10^6 плотности воды) и гигантам (очень низкая плотность и большие размеры).

3. Основные этапы эволюции звезд типа Солнца и массивных звезд, сравнение продолжительности «жизненного цикла» звезд разной массы.

Здесь обучающиеся должны уметь анализировать диаграмму Герцшпрунга – Рессела:



Как правило, нужно ориентироваться в самой диаграмме: соотносить температуру поверхности и спектральный класс звезд; понимать, что для звезд главной последовательности увеличение светимости означает увеличение их масс и размеров; относить звезды по их радиусам к белым карликам или гигантам. Кроме того, надо помнить о том, что плотности белых карликов существенно выше плотности гигантов и звезды главной последовательности после выгорания в ядре гелия переходят в стадию гигантов или сверхгигантов, а продолжительность «жизненного цикла» уменьшается с ростом массы или светимости звезды.

Надеемся, что данные рекомендации помогут усовершенствовать приемы работы со слабо успевающими обучающимися.

Литература

1. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2019 года по физике // «Педагогические измерения». – 2019. – № 4. – С. 86–108.
2. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2018 года по физике // «Педагогические измерения». – 2018. – № 4. – С. 121–143.
3. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2017 года по физике // «Педагогические измерения». – 2017. – № 4. – С. 3–24.
4. Гиголо А.И. Демидова М.Ю. Особенности системы оценивания заданий с развернутым ответом в контрольных измерительных материалах по физике // «Педагогические измерения». – 2019. – № 2. – С. 28–36.
5. Демидова М.Ю., Камзеева Е.Е., Гиголо А.И. Всероссийская проверочная работа по физике: особенности инструментария и основные итоги // «Педагогические измерения». – 2018. – № 1. – С. 54–60.
6. Демидова М.Ю. Основные результаты всероссийских проверочных работ по физике в 11 классах // «Физика в школе». – 2017. – № 7 – С. 28–38.
7. Демидова М.Ю., Грибов В.А., Гиголо А.И. Я сдам ЕГЭ. Физика. Типовые задания: Учебное пособие для общеобразовательных организаций. – М.: Просвещение, 2019. – Ч. 1. – 160 с.
8. Демидова М.Ю., Грибов В.А., Гиголо А.И. Я сдам ЕГЭ. Физика. Типовые задания: Учебное пособие для общеобразовательных организаций. – М.: Просвещение, 2019. – Ч. 2. – 160 с.
9. Демидова М.Ю., Грибов В.А., Гиголо А.И. Я сдам ЕГЭ. Физика. Курс самоподготовки. Технология решения заданий: Учебное пособие для общеобразовательных организаций. – М.: Просвещение, 2019. – 96 с.
10. Демидова М.Ю., Грибов В.А., Гиголо А.И. ЕГЭ. Физика. Учебный экзаменационный банк: тематические работы / под ред. М.Ю. Демидовой – М.: Национальное образование, 2018. – 272 с.