**РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

**Рекомендации по совершенствованию организации и методики преподавания физики в Красноярском крае на основе выявленных типичных затруднений и ошибок**

#### *Рекомендации по совершенствованию преподавания учебного предмета всем обучающимся*

Результаты ЕГЭ 2021 года позволяют рекомендовать учителям физики Красноярского края:

- разъяснять обучающимся правила решения и оформления заданий КИМ ЕГЭ. В особенности заданий с развернутым ответом. Незнание требований к оформлению решений заданий ЕГЭ приводит к снижению оценки при правильно решенном задании:

1. участники пишут знакомые им частные формулы без вывода.
2. при записи решения с черновика, не переписывают промежуточные преобразования формул и расчеты.
3. не подставляют в верную итоговую формулу числа, а сразу записывают ответ.
4. не поясняют и не описывают вводимые обозначения величин;

- разъяснять обучающимся принципы отбора и построения КИМ;

- освоить нормативную базу, которая определяет подходы к отбору содержания и построению КИМ, учитывая тот факт, что в КИМ ЕГЭ обязательно включаются задания, предусматривающие контроль качества усвоения материала на профильном уровне;

- использовать в процессе подготовки обучаемых учебно-тренировочные материалы, в том числе размещенные на сайтах: www.еge.edu.ru и [www.fipi.ru](http://www.fipi.ru),;

- применять различные виды контроля знаний на уроках и во внеурочной деятельности;

- обратить внимание на существенные изменения в КИМ ЕГЭ в 2022 году;

- при рассмотрении качественного задания с развернутым ответом (задание 27) обратить внимание на традиционные проблемы:

* решения качественных заданий последних лет показывает низкий уровень общей грамотности, знаний по предмету и способностей к формулировке своих мыслей участниками ЕГЭ. Крайне редко в решениях присутствуют полные логические цепочки рассуждений. В этих цепочках рассуждений серьезные «разрывы», которые решающие закрывают, делая неочевидные выводы для получения ответа.
* решения качественных задач зачастую чисто текстовые. В решениях либо вовсе отсутствуют формулы, либо они приводятся, но логические шаги рассуждений не сопровождаются преобразования с формулами.

*Рекомендации по разделам физики.*

Чтобы выстроить эффективную работу с освоением каждого раздела предмета, учитель должен хорошо понимать, с чем не справляется ученик, какие трудности испытывает. Ниже описаны основные проблемы учеников в освоении каждого раздела.

*Механика.* К кинематике традиционно плохо решаются задания на криволинейное движение. В заданиях на движение брошенного горизонтально тела или брошенного под углом к горизонту, разложить движение по двум перпендикулярным осям для многих участников ЕГЭ сложно.

В задачах на динамику довольно много работ, в которых участники неверно рисуют силы, или рисуют не все силы, действующие на тело. И, как следствие, неверно записывают второй закон Ньютона. Число ошибок возрастает, если силы записываются для тела, движущегося по дуге окружности. В особенности, если силы необходимо записать не для положения равновесия, а в другой точке траектории.

Многие участники крайне небрежны в использовании третьего закона Ньютона. Путают вес и силу реакции опоры; силу натяжения, приложенную к телу и приложенную к блоку и т.п.

В заданиях ЕГЭ часто встречаются задания на движение связанных тел. Встречаются работы, в которых школьники записывают второй закон Ньютона для всей системы вместе, а не отдельно для каждого тела.

В заданиях по динамике проявляется низкая математическая подготовка. Школьники путают вектора и проекции на координатные оси. Не умеют определять углы между вектором и осью, и нужную для проекции тригонометрическую функцию.

Участники экзамена делают много ошибок в законах сохранения. Путают упругий и неупругий удары. Не знают, что полная механическая энергия сохраняется только при абсолютно упругом ударе (часто закон сохранения механической энергии записывают для неупругого удара).

Несколько лет подряд задания 29 или 28 (в этом году)– это задания по разделу «Статика». При решении задач по статике очень много ошибок на определение знака момента силы и плеча силы. Условие равновесия твердого тела относительно оси вращения записывается с ошибками в знаках моментов сил.

*Молекулярная физика и термодинамика.* Среди заданий с развернутым ответом это задание 30. Чаще всего это задания по термодинамике с графиками процессов. Эти задания указывают слабое место в традиционном изучении газовых законов и термодинамики в школе. Школьники неплохо решают задачи с графиками на изопроцессы и текстовые задачи на термодинамику. Комплексные задачи с графиками на применение первого начала к изопроцессам решаются хуже. При нахождении работы газа, хорошо решаются задания на изобарное расширение. Поиск работы газа при адиабатическом или изотермическом процессах вызывает существенные затруднения.

Качественное задание КИМ прошлых лет показало низкий уровень знаний по теме «Пар». Влажность, различие насыщенного и ненасыщенного пара, изотерма насыщенного пара вызвали затруднения участников ЕГЭ. Проблемы с этим разделом наблюдались не только в группе выпускников, набравших балл ниже минимального, но и в самой массовой группе с баллами от минимального до 60 баллов.

*Электричество и магнетизм.* При решении заданий по теме «Электростатика» в части 1 КИМ у участников ЕГЭ возникают затруднения при решении простых заданий на суперпозицию напряженностей и сил Кулона.

В заданиях на «Постоянный электрический ток» в КИМ ЕГЭ последних лет часто встречаются задания, где в электрической цепи постоянного тока включен конденсатор. Решения участников ЕГЭ показывает, что в основной массе выпускники школ не понимают разницы между постоянным и переменным током и не понимают, как работает конденсатор.

В части 1 низкая решаемость в заданиях по темам «Магнитное поле» и «Электромагнитная индукция». Участники ЕГЭ плохо справляются с простыми заданиями, где требуется рисовать вектора: вектор магнитной индукции проводника с током или катушки, суперпозицию полей, нахождение направления сил Ампера и Лоренца, направление вектора индукции магнитного поля индукционного тока (правило Ленца) и т.п.

*Оптика.* Школьники со слабой подготовкой испытывают сложности в построении изображения в линзе. В заданиях с развернутой формой ответа задания по оптике редки. Как правило, это задания с тонкой линзой. Это задания с громоздким решением геометрическим способом через подобия треугольников.

*Квантовая физика.* Самыми распространенными заданиями в этом разделе являются задания на фотоэффект и линейчатые спектры.

Традиционно успешность решения заданий на фотоэффект высокая. В решении таких заданий проявляется шаблонность решений участников. Любое изменение в стандартном задании значительно уменьшает процент верных решений.

Заданий на линейчатые спектры уже несколько лет не было в развернутой части КИМ ЕГЭ. Это задания, где требуется найти частоты или длины волн, излучаемые при переходе электрона с уровня на уровень в атоме. И эти задания не очень успешны в решении.

*Ядерная физика.* Задания на данную тему в части с развернутым ответом встречаются крайне редко. И решаются они плохо из-за отсутствия навыков решения. В первой части КИМ задания по ядерной физике – это задания на состав ядра атома и формулы радиоактивного распада. Эти задания просты и вызывают затруднения только у участников ЕГЭ со слабой подготовкой.

Подготовка к ЕГЭ не должна сводиться к запоминанию формул и их применению в стандартных задачах. Такой подход оправдан лишь для очень слабого ученика, претендующего на невысокий балл. Для обеспечения качественных образовательных результатов рекомендуется осуществлять организацию изучения учебного предмета «Физика» на основе современных педагогических технологий, направленных на развитие критического мышления, проблемно-рефлексивного подхода, решения проблемных познавательных задач.

Наряду с традиционными методами и формами проверки знаний, умений и навыков учащихся в учебный процесс необходимо включать тестовые формы контроля, используя проверочные тесты, сравнимые с КИМ ЕГЭ, по различной тематике заданий и включающие различные по форме задания: с выбором ответов, с краткой записью ответа, с развернутым ответом. Однако важно понимать, что обучение физике не должно превращаться в «натаскивание» на ЕГЭ. Для получения хорошего результата на ЕГЭ обучение должно быть комплексным. *Требуется тратить время и силы для формирования понимания сути физических явлений и процессов. Решение задач лишь одно из средств достижения этого. Необходимо развивать способности по целостному восприятию физической ситуации задания и навыки ее физического моделирования. Нужно ставить целью изучение физики, а не подготовку к ЕГЭ. Этот путь дает лучшие конечные результаты*.

#### *Рекомендации по организации дифференцированного обучения школьников с разными уровнями предметной подготовки*

Для участников со слабым уровнем подготовки по физике характерны проблемы и с уровнем знаний по математике: сложности в операциях с дробями, незнание как выразить синус и косинус через стороны треугольника, неумение складывать и умножать числа в степени, неумение решать системы уравнений и т.п. Участники со слабой подготовкой плохо решают задания с графиками и таблицами.

Последние годы заметно снизился общий уровень знаний по векторной алгебре. Проблемы с векторами есть и у самой большой группы участников, получивших от минимального до 60 баллов. Участник со слабыми знаниями и навыками по математике не может быть успешным при решении задач по физике. Для решения данной проблемы требуется усиление межпредметных связей в преподавании физики и математики.

При работе со слабыми учениками следует обратить внимание на темы, которые были неуспешными для участников, набравших балл ниже минимального: законы Ньютона, механическая работа и мощность, законы сохранения импульса и энергии, гидростатика, влажность, закон Кулона, конденсатор, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, силы Ампера и Лоренца, электромагнитная индукция, фотоны, линейчатые спектры, закон радиоактивного распада. В работах других категорий участников ошибки по данным темам встречаются значительно реже.

При изучении физики (подготовке к ЕГЭ в частности) требуется использовать методы и средства, ориентированные на дифференциацию и индивидуализацию обучения. В частности разноуровневые задания, позволяющие оптимизировать учебный процесс в ориентации на индивидуальное усвоение материала и диагностику знаний учащихся. Требуется также систематическая диагностика уровня подготовленности к экзамену, определения проблем, формирования траектории обучения предмету.

### **Рекомендации по темам для обсуждения на методических объединениях учителей-предметников, возможные направления повышения квалификации**

С целью качественной подготовки учащихся к сдаче ЕГЭ по физике учителям рекомендуется обсудить следующие темы:

-анализ типичных ошибок обучающихся, выявленных трудных для восприятия тем и заданий на основе анализа результатов ЕГЭ текущего года;

- существенные изменения в КИМ ЕГЭ в 2022 году;

- организация самостоятельной подготовки к ЕГЭ по физике на основе применения электронных образовательных ресурсов, содержащих репетиционные задания.

При изучении методики обучения по различным разделам следует обратить на разделы с низкими процентами выполнения КИМ ЕГЭ:

- «Статика»: задания на момент силы

- «Молекулярная физика и термодинамика»: задания с графиками на применение первого начала к изопроцессам

- «Электромагнетизм»: задания на суперпозицию электрических и магнитных полей, направления сил Кулона, Ампера и Лоренца, направление вектора индукции магнитного поля индукционного тока, задания с электрической цепью постоянного тока с конденсатором.

**Обзор заданий с развёрнутыми ответами (типичные ошибки)**

Среди заданий с развернутым ответом задание 27 – качественное, 5 заданий (28-32) – количественные. Задание 28 имеет максимальный балл – 2, остальные задания имеют максимальный балл – 3. Эти задания проверяются экспертами предметной комиссии (ПК) по физике.

С данными заданиями успешно справляются участники ЕГЭ с хорошей подготовкой. *Для участников с баллами ниже минимального* процент выполнения 0% (для всех заданий). *Для участников с баллами от минимального до 60 баллов* процент выполнения от 0,77% (задание 29) до 6,71% (задание 32).

**Задание 27 (качественное)**

Тема задания: В сосуд наливают воду при комнатной температуре. В сосуд погружают нагревательные элементы с сопротивлениями R1 и R2, подключенные к источнику постоянного напряжения. Приведенный рисунок *а* показывает, что при положении ключа 1 электрический ток протекает только через нагреватель R1. Оставив ключ в положении 1, воду доводят до кипения. Затем кипяток выливают, сосуд охлаждают до комнатной температуры, вновь наполняют таким же количеством воды при комнатной температуре. Затем ключ поворачивают в положение 2 (приведенный рисунок *б* показывает, что при данном положении ключа электрический ток протекает через нагреватели R1 и R2 включенные последовательно), и повторяют опыт. Напряжение источника в опытах одинаково. Необходимо объяснить, в каком из опытов быстрее закипит вода.

Комментарий к заданию. Для полного и правильного решения необходимо знание законов и явлений: *закон Джоуля-Ленца, формулы для определения сопротивления последовательно соединённых проводников, мощности и количества теплоты, необходимого для нагревания воды*.

Для нагревания воды в обоих случаях требуется одинаковое количество теплоты. Приведённые рисунки необходимо распознать как цепь с одним резистором (рис. *а*) и последовательное соединение двух резисторов (рис. *б*). Согласно закону Джоуля-Ленца , теплота выделяемая в единицу времени обратно пропорциональна сопротивлению. Которое больше во втором случае:  (последовательное соединение). Следовательно, время нагревания будет больше в положении ключа 2. В итоге: вода закипит быстрее в первом опыте.

Решения участников ЕГЭ (типичные ошибки).

Многие участники экзамена упускали важный момент: необходимо было пояснить, что для нагревания воды в обоих случаях требуется одинаковое количество теплоты. Можно было написать формулу  или словами связать необходимую теплоту с одинаковым количеством воды и одинаковым изменением температуры в обоих случаях. Без данных указаний решение было неполным. Согласно критериям: не указано или не используется одно из физических явлений. В этом случае решение оценивалось в 2 балла.

Вместо закона Джоуля-Ленца в решении можно было обойтись формулой мощности тока . Достаточно указать связь теплоты (тепловой мощности) с сопротивлением и верно посчитать сопротивление последовательно соединения цепи.

Значительная часть участников верно указывали необходимые формулы, но допускали математические ошибки при подстановке и выводе. Или же не приводили необходимые математические преобразования для подкрепления итогового вывода. Ошибки в формулах или неверное распознавание соединения по рисунку встречались редко.

Процент решаемости задания[[1]](#footnote-1) **27:**

0 баллов 68,63%;

1 балл 8,70%;

2 балла 10,25%;

3 балла 12,42%.

В сумме баллы от 1 до 3 получили 31,37% решавших это задание (процент выполнения[[2]](#footnote-2) 14,81%). Это максимальные показатели для заданий с развернутым ответом за этот год. С этим заданием справлялись *участники из всех групп, кроме набравших балл ниже минимального значения*. *У группы 61-80 баллов процент выполнения 69,47%, а у группы 81-100 баллов - 86,93%.*

**Задание 28**

Тема задания: Деревянная линейка длиной 60 см выдвинута вправо за край стола на 1/4 часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на ее правом конце лежит груз массой 250 грамм. На какое расстояние можно выдвинуть вправо за край стола эту линейку, если на ее правом конце лежит груз 125 г.

Комментарий к заданию. Для полного и верного решения необходимо записать *уравнение моментов сил для двух случаев*. При записи уравнения моментов для первого опыта обычно в качестве точки опоры берётся край стола. В этом случае момент силы реакции опоры будет равен нулю. Поэтому ошибки в определении направления силы реакции опоры не влияют на решение, и не учитывались при оценивании решения задания. В итоговом уравнении момент силы тяжести линейки (момент силы тяжести центра масс линейки) уравновешивается моментом силы тяжести груза на правом конце линейки:

.

Из этого уравнения можно найти массу линейки *М*. Остается записать уравнения для второго случая

.

Решая уравнение получаем *x* = 20 см.

Решения участников ЕГЭ (типичные ошибки).

Математические ошибки при решении задания были редки. Ошибки по физике были представлены разнообразными неверными записями уравнения моментов. В части работ приравнивался момент груза из первого опыта к моменту груза из второго опыта. Чаще ошибки сводились к неверному плечу силы тяжести линейки: плечо проводилось не к центру масс линейки, а к левому краю линейки.

Альтернативное решение данного задания делило линейку на две части: слева от края стола (масса 3/4 M) и справа от края стола (масса 1/4 M). Если у этих частей линейки верно были определены центры масс и плечи сил тяжести, то решения были верны. При таком решении часто ошибались в определении плеч сил. В ряде решений в качестве плеча силы брали всю длину левой и правой части линейки.

Изредка встречались попытки решения без уравнения моментов.

Процент решаемости задания **28:**

Это задание повышенной сложности с максимальной оценкой в 2 балла. Ошибка по физике означает итоговую оценку 0 баллов, математическая ошибка – 1 балл. Процент решаемости задания**:**

0 баллов - 8,82%;

1 балл - 4,04%;

2 балла - 7,14%.

Баллы за задание получили всего 11,18% решавших это задание. Это минимальный показатель из заданий с развернутым ответом. Процент выполнения задания 9,66%. *В группе 61-80 баллов процент выполнения 26,45%. В группе 81-100 процент выполнения 69,89%.* Данные показатели ниже чем при решении заданий 31 и 32.

Задание 28 (повышенной сложности, максимальный балл - 2) решалось участниками хуже, чем большинство 3-х балльных заданий КИМ высокого уровня сложности.

**Задание 29**

Тема задания: Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях разной длины так, что шарики находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью пружина. При пережигании связывающей нити пружина распрямляется, расталкивает шарики и падает вниз. В результате нити с шариками отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Во сколько раз одна нить длиннее другой, если отношение масс шариков равно 1,5.

Комментарий к заданию. Для полного и верного решения необходимо записать: *закон сохранения импульса, закон сохранения полной механической энергии для каждого из двух шариков*.

После пережигания нити пружина распрямляется, сообщая шарикам скорости. Для движения шариков выполняется закон сохранения импульса

.

При дальнейшем движении шариков будет выполняться закон сохранения полной механической энергии. Кинетическая энергия будет уменьшаться, а потенциальная расти. Для крайних положений шарика получим:

 (для первого шарика).

Где *h* – максимальная высота подъема шарика. Аналогично записывается уравнение для второго шарика. Из геометрических соображений получаем , где *l* – длина нити, а угол α – угол максимального отклонения шарика.

Из полученных уравнений составляем и решаем систему. Искомое отношение длин нитей равно 2,25.

Решения участников ЕГЭ (типичные ошибки).

Полностью верно решенные задания крайне редки.

Процент решаемости задания **29:**

0 баллов - 87,58%;

1 балл - 7,76%;

2 балла - 0,62%;

3 балла- 4,04%.

Баллы за задание получили всего 12,42% решавших это задание (процент выполнения 5,90%). *В группе выпускников, набравших 61-80 баллов*, процент выполнения составил 13,42%, в *группе от 81-100* баллов - 52,46%. Это самые низкие показатели из заданий КИМ этого года для всех групп участников.

Небольшой процент участников, получивших 2 балла. Основная масса ошибок были физическими. Главная сложность в решении была связана с интерпретацией действия пружины на систему. То, что пружина действовала только в самом начале, а потом падала, не все верно учли. Часть участников записывали закон сохранения энергии для шарика, добавляя в него потенциальную энергию сжатой пружины. Причем необоснованное считали, что энергия пружины поровну делится на два шарика. По их мнению, на всем движении шариков на них действовала пружина. То есть система являлась пружинным маятником. Были попытки решения через формулу частоты (периода) пружинного или математического маятников. Встречались попытки записать закон Гука для шариков и пружины. Закон сохранения импульса в таких решениях отсутствовал.

Математических ошибок в определении связи высоты *h* и длины нити *l* было очень мало. В небольшом числе работ, при наличии закона сохранения импульса, закон сохранения механической энергии был записан сразу для двух шариков:

.

На первый взгляд проблемы нет. Если сложить левые и правые части законов, записанных отдельно для каждого тела, то так и получится. Но с другой стороны тела 2 и 1 достигают максимальной высоты не одновременно. То есть их потенциальная энергия максимальна в разные моменты времени. Выходит, что запись формулы содержит ошибку. Такое решение оценивалось в 2 балла.

**Задание 30**

Тема задания: Для воздушного полета изобретатель массой 60 кг решил использовать 5000 воздушных шаров, наполненных гелием. До какого объема необходимо надуть каждый шар, чтобы изобретатель смог подняться в воздух при нормальном атмосферном давлении и температуре 27 0С.

Комментарий к заданию. Для полного и верного решения необходимо записать: *второй закон Ньютона; закон Архимеда, уравнение Менделеева-Клапейрона для воздуха и гелия.*

Записав второй закон Ньютона, получаем что сила Архимеда должна быть больше суммы силы тяжести изобретателя и силы тяжести гелия внутри шаров , где *M* – масса изобретателя, а *m*г – масса гелия. Далее расписывается сила Архимеда. Связь между плотностью и массой участник тоже должен знать. Для нахождения плотности воздуха и массы гелия записывается дважды закон Менделеева-Клапейрона. Возможна запись как через массу, так и через плотность:

 или ,

а , где *V*0 – объем одного шарика, *N* – число шариков.

Затем решается система уравнений и находится объем шарика. В данном задании он не менее 12 л.

Согласно разъяснениям ФИПИ, в данном задании не снижался балл если ответ не был записан как неравенство, а найден только минимальный объем (*V*0=12 л).

Решения участников ЕГЭ (типичные ошибки).

Процент решаемости задания **30:**

0 баллов - 84,16%;

1 балл - 8,07%;

2 балла - 2,48%;

3 балла - 5,28%.

Баллы за задание получили всего 15,84% решавших (процент выполнения 8,83%). *В группе выпускников, набравших 61-80 баллов,* процент выполнения - 22,02%, *в группе от 81 до 100* баллов– 72,16%. Статистика решаемости лучше, чем у задания 29.

Задачи на воздухоплавание типичны и широко представлены в учебной литературе. Допущенные ошибки были также типичными: неверно записывали условие плавания тела; путали плотности воздуха и гелия; забывали массу гелия внутри шаров; путали массы, записав уравнение Менделеева-Клапейрона, вместо массы газа подставляли в него массу человека. Другая распространенная ошибка – школьники не умеют искать плотность из уравнения Менделеева-Клапейрона. Были решения, в которых плотность воздуха не искалась из решения, а бралось табличное значение (примерно ρ≈1 кг/м3, без учета температуры).

Для участников со слабой подготовкой проблему вызвала математическая сложность решения системы из нескольких уравнений.

Процент выполнения задания ниже ожидаемого. Большинство допущенных ошибок были физическими.

**Задание 31**

Тема задания: Между обкладками плоского конденсатора висит заряженная капелька ртути. Какова разность потенциалов обкладок, если расстояние между ними 2 см, заряд капельки 5,44·10-18 Кл, а объем капли 2·10-18м3?

Комментарий к заданию. Для полного и верного решения необходимо записать: *условие равновесия капли; связь напряженности поля с разностью потенциалов; связь массы и плотности.*

Капля находится в покое если сила тяжести уравновешивается силой, действующей со стороны электрического поля . Поле между обкладками однородное, следовательно, разность потенциалов . Остается расписать массу капли , где ρ – плотность ртути (указана в КИМ). Дальнейшие математические преобразования уравнений дают ответ *U*=1000 В.

Решения участников ЕГЭ (типичные ошибки).

Это задание также является типичным и широко представлено в учебной литературе. Существенных сложностей в понимании оно не имело.

Из физических ошибок чаще встречались ошибки в записи связи напряженности и разности потенциалов: неверные записи формулы ; путали понятия напряжение и напряженность; пытались связать величины через формулы напряженности и потенциала точечного заряда; считали напряжение и напряженность одной и той же величиной.

Достаточно часто встречалась ошибка, в которой вместо *d* брали *d*/2: . То есть капля представлялась посередине расстояния между обкладками и в форму ставилось расстояние от капли до пластины. Обычно в таких решениях расстояние *d* пытались выразить через работу электростатической силы в однородном поле. В этих решениях движение капли бралось из средней точки и в итоговой формуле вместо *d* получали *d*/2.

Часть участников, рассматривая работу, путали однородное поле и поле точечного заряда. Встречались решения, в которых присутствовали формулы электроемкости плоского конденсатора, энергии конденсатора и т.п. При использовании этих формул зачастую принимали заряд капли за заряд конденсатора.

Процент решаемости задания **31:**

0 баллов - 85,71%;

1 балл - 2,48%;

2 балла - 1,86%;

3 балла - 9,94%.

Баллы за задание получили всего 14,29% решавших (средний процент выполнения 10,70%). *В группе выпускников, набравших 61-80 баллов,* процент выполнения - 28,07%, *в группе от 81 до100 баллов* – 86,36%.

Задание было понятным и знакомым для многих участников ЕГЭ, большинство решивших задание получали 3 балла.

**Задание 32**

Тема задания: Фототок с литиевого фотокатода, освещаемого монохроматическим излучением с длиной волны λ0, прекращается при некотором значении запирающего напряжения. Если длину волны изменить в 1,5 раза, то для прекращения фототока необходимо увеличить запирающее напряжение в 2 раза. Работа выхода 2,39 эВ. Определите λ0.

Комментарий к заданию. Для полного и правильного решения необходимо знать и применить: *уравнение Эйнштейна для фотоэффекта; закон сохранения энергии для электрона; проведенный анализ знака изменения длины волны.*

При запирающем напряжении, кинетическая энергия вылетевшего фотоэлектрона уменьшается до нуля из-за того, что электрическое поле совершает работу по торможению электрона . С учетом этого перепишем закон Эйнштейна для фотоэффекта в форме

.

Важно понимать: так как во втором случае запирающее напряжение возросло, то длина волны должна уменьшаться - . В итоге для второго случая получаем

.

Решая систему, получаем λ0 ≈ 259 нм.

Решения участников ЕГЭ (типичные ошибки).

Большинство участников экзамена показали знание закона Эйнштейна для фотоэффекта. Связь кинетической энергии и запирающего напряжения знали большинство решавших. Ошибки в записи уравнения через запирающее напряжение встречались крайне редко. Иногда путали понятия напряжения и напряженности, напряжение и кинетическую энергию. Больше всего ошибок было в определении знака изменения длины волны, т.е. решавшие полагали что раз запирающее напряжение возросло, то длина волны должна тоже возрасти. Это физическая ошибка, из-за нее оценка снижалась на 2 балла.

Процент решаемости задания **32**

0 баллов - 74,22%

1 балл - 11,49%

2 балла - 4,66%

3 балла - 9,63%

Баллы за задание получили всего 25,78% решавших (средний процент выполнения 19,54%). Статистика решаемости задания самая высокая из заданий с развернутым ответом КИМ этого года. *Для группы выпускников, получивших 61-80 баллов,* процент выполнения задания составил 62,19%. *Для группы от 81 до100* баллов процент выполнения - 91,67%.

1. Процент решаемости считается от числа решавших именно это задание данного конкретного варианта. [↑](#footnote-ref-1)
2. Средний процент выполнения задания (общая решаемость) считается как отношение суммы первичных баллов за данное задание, полученных всеми участниками, выполнявшими данный конкретный вариант, к произведению количества таких участников и максимального первичного балла за данное задание. Значения приведены в Табл. 2-13. [↑](#footnote-ref-2)