



научно-методический журнал

ISSN 0430-5522

8
2017

ФИЗИКА

В ШКОЛЕ



Дидактический ресурс ученического проекта
География в задачах

Раздел «Астрономия»

Практические работы по астрономии





ФИЗИКА В ШКОЛЕ

Образован в 1934 году Наркомпросом РСФСР. Учредитель — ООО «Школьная Пресса». Журнал выходит 8 раз в год

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

- ▶ **В.В. Майер, Е.И. Вараксина**
Дидактический ресурс ученического проекта: демонстрация передачи электроэнергии на расстояние 3
- ▶ **А.О. Шведова**
Экспериментальные задачи как средство реализации ФГОС 8
- ▶ **Ю.Н. Быкова, Л.В. Дубицкая**
Реализация межпредметных связей физики и информатики при выполнении лабораторных работ в основной школе 16

ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

- ▶ **М.Н. Бондаров**
Об умении сокращать дроби, или Заметки о заданиях ЕГЭ по физике. 21

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

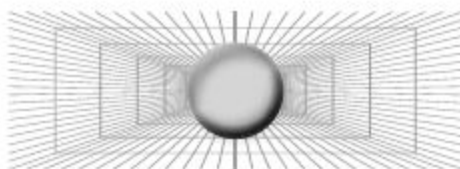
- ▶ **Б.А. Мукушев, Б.С. Желдыбаева**
Метод индукции как эвристический прием решения физических задач 26
- ▶ **В.В. Левин**
Геометрические построения для рычага 31
- ▶ **В.Б. Коробов, М.К. Есеев**
География в задачах физики 33

АСТРОНОМИЯ

- ▶ **Д.А. Ивашкина**
Новые практические работы по астрономии (часть 2). 39

Навстречу юбилею

- ▶ К юбилею Наталии Сергеевны Пурышевой (26 июня 2017 г.) 51

ОБ УМЕНИИ СОКРАЩАТЬ ДРОБИ,
ИЛИ ЗАМЕТКИ О ЗАДАНИЯХ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

М.Н. Бондаров , учитель физики, Лицей № 1501, Москва; physics.lyceum1501.ru	M.N. Bondarov , physics teacher, Lyceum № 1501, Moscow; physics.lyceum1501.ru
Ключевые слова: КИМ ЕГЭ по физике, ошибки в решениях и верные ответы	Key words: CMM The exam in physics, errors in solutions and correct answers
В статье приведены примеры заданий КИМ ЕГЭ, в которых может быть получен правильный ответ при ошибочном решении. Показана возможность видоизменения этих заданий с целью устранения этого недостатка	The article provides examples of tasks measuring exam materials, which can be obtained the correct answer in case of wrong decision. The possibility of modifying these tasks with the aim of eliminating this deficiency

«У меня ответ правильный! Почему же мне не поставлена «пятерка»?» — приходится слышать иногда от удивленного ученика. И, наверное, нет такого учителя, который хотя бы раз в жизни не пытался убедить своего питомца, что наличие правильного ответа к задаче не всегда заслуживает оценки «отлично». Ведь к правильному ответу можно прийти случайно, например, допустив четное число ошибок.

Иногда все же убеждать ученика настолько сложно, что приходится применять «запрещенный» педагогический прием под условным названием «26/65». Его суть состоит в следующем. Эта дробь обладает замечательным свойством: ее можно сократить на 13, приведя к виду $2/5$, но можно поступить «проще» — зачеркнуть цифру 6 в числителе и знаменателе, после чего результат тот же: $26/65 = 26/65 = 2/5!$ (Заметим, что дробей, обладающих таким свойством, немного. Интересующихся отсылаем к одному из заданий Турнира им. М.В. Ломоносова за 2003 год, где требовалось отыскать их все). После такого «доказательства», как правило, даже самые ярые «борцы за

справедливость» признают необоснованность своих претензий на «пятерку».

Наличие в КИМ ЕГЭ прошлых лет тестовых заданий давало серьезный повод для критики структуры экзамена. Действительно, экзамен должен с высокой надежностью дать представление о характере имеющихся у школьников знаний, а не о способности угадывать варианты ответов. Теперь, когда задания с выбором одного из четырех ответов удалены из КИМ и вероятность угадать ответ резко уменьшилась, осталась не до конца решенной еще одна проблема. Важно, чтобы выйти на правильный ответ смогли только те выпускники, в решениях которых не было ошибок. В нынешних вариантах КИМ это, к сожалению, случается не всегда (речь идет в данном случае о заданиях с записью ответа в виде числа).

Рассмотрим конкретные примеры, в которых неверное решение может привести к правильному ответу, и начнем с задачи на механические колебания.

1. *Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника 1 с. Каким будет период ее колебаний, если массу*

груза маятника и жесткость пружины увеличить в 4 раза?

Ответ: ____ с.

Начнем с того, как примерно должен рассуждать выпускник с хорошей подготовкой, решая эту задачу. Эти рассуждения можно условно разделить на два этапа.

1. Нужно непременно заметить, что в задаче говорится не о периоде колебаний пружинного маятника, а о периоде колебаний его *потенциальной энергии*, который, как известно, вдвое меньше. Следовательно, формула периода из коэффициатора

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

должна быть преобразована к виду

$$T = \pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (2)$$

2. Сделав в формуле (2) замену $m \rightarrow 4m$ и $k \rightarrow 4k$, приходим к выводу, что период не изменится и, следовательно, ответ в задаче 1 с.

Однако к тому же ответу могут прийти и те ученики, в целом неверно решившие задачу.

Вот только несколько возможных ошибочных решений, приводящих к правильному ответу.

1. Ученик не обращает внимание на выделенные курсивом слова о потенциальной энергии и пользуется только формулой (1).

2. Он может забыть о коэффициенте 2π в формуле (1) или коэффициенте π в формуле (2).

3. В обеих формулах (1) и (2) перестановка числителя m и знаменателя k никак не отразится на ответе.

Итак, налицо возможность получить правильный ответ при ошибках в решении. Что же делать? Задание-то в целом хорошее, не удалять же его из открытого банка заданий ЕГЭ. Конечно же, нет! Достаточно лишь немного изменить условие, и в результате получится следующее.

2. Период колебаний пружинного маятника 1 с. Каким будет период колебаний его потенциальной энергии, если массу груза маятника увеличить в 8 раз, а жесткость его пружины — в 2 раза?

Теперь уже к правильному ответу смогут прийти лишь те, кто решает без ошибок. По крайней мере, скажем осторожнее, вероятность случайного выхода на верный ответ ($T = 1$ с) значительно уменьшена.

Еще один пример из другого раздела физики.

3. В закрытом сосуде находится 2 г водяного пара под давлением 50 кПа и при температуре 100°C. Не изменяя температуры, объем сосуда уменьшили в 4 раза. Найдите массу образовавшейся при этом воды.

Как и в первой задаче, сначала рассмотрим ход решения хорошо подготовленного выпускника. Выделим основные этапы его рассуждений.

1. Будем считать водяной пар идеальным газом. При изотермическом уменьшении объема вдвое давление пара увеличится также в 2 раза и достигнет величины 100 кПа, т.е. пар станет насыщенным.

2. Дальнейшее уменьшение объема насыщенного пара еще в 2 раза будет происходить при постоянном давлении, зато его масса уменьшится вдвое и станет равной 1 г.

3. Следовательно, насыщенный пар уменьшил свою массу на величину 2 г — 1 г = 1 г, и масса образовавшейся воды составит тоже 1 г.

Обратите внимание, что в данном задании ответы во втором и третьем этапе решения совпадают. Значит, по ответу невозможно отличить тех, кто остановился на втором этапе, найдя лишь массу оставшегося пара, от тех, кто полностью решил задачу.

Заметим, что и в другой аналогичной задаче числовые значения подобраны так же неудачно.

4. В закрытом сосуде находится 6 г водяного пара под давлением 25 кПа и при температуре 100°C. Не изменяя температуры, объем сосуда уменьшили в 8 раз. Найдите массу пара, оставшегося после этого в сосуде.

Очевидно, что подправить обе задачи несложно. Достаточно, например, в третьей задаче указать, что объем уменьшается в 8 раз. Тогда масса оставшегося пара будет равна 0,5 г, в то время как масса образовавшейся воды станет равной 1,5 г.

Столь же просто внести исправления в условие четвертой задачи.

Следующее задание взято из варианта ЕГЭ 2012 года. Очевидно, что это задание совсем нетрудно переделать под новый вид КИМ: достаточно лишь убрать варианты ответов и задать числовое значение модуля импульса p .

5. Импульс частицы до столкновения равен \vec{p}_1 , а после столкновения равен \vec{p}_2 , причем $p_1 = p$, $p_2 = \frac{3}{4}p$, $\vec{p}_1 \perp \vec{p}_2$. Изменение импульса частицы при столкновении $\Delta\vec{p}$ равняется по модулю

$$1) \frac{\sqrt{7}}{4}p \quad 2) \frac{5}{4}p \quad 3) \frac{7}{4}p \quad 4) \frac{1}{4}p.$$

Нетрудно показать, что правильный ответ 2) могут получить как верно, так и неверно решившие эту задачу. Действительно, рассмотрим рисунки 1а–1е, на которых показаны три варианта изображения векто-

ров \vec{p}_1 , \vec{p}_2 и $\Delta\vec{p}$, встречающихся в черновиках учеников.

Модули изменения импульса частицы $\Delta\vec{p}$ на всех трех рисунках равны длинам гипотенуз соответствующих треугольников. Очевидно, что эти длины одинаковы. Но изменению импульса частицы $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$ соответствует только изображенное на рисунке 1а. В двух других случаях физический смысл вектора, обозначенного $\Delta\vec{p}$, иной: на рисунке 1б — это вектор суммы \vec{p}_1 и \vec{p}_2 , на рисунке 1в — $\Delta\vec{p} = \vec{p}_1 - \vec{p}_2$. Каждый из учителей, предложив аналогичное задание своим ученикам, может выяснить, какое количество верных ответов будет предложено, если попросить выполнить задание с пояснением к решению, а не ограничиваться лишь одним формальным ответом. Но числовой ответ в работе ЕГЭ не несет информацию о ходе решения задачи учеником, поэтому задание может быть зачтено и тем, кто решал его неправильно.

Каким же образом в этой задаче избавиться от возможности получить верный ответ при ошибочном решении? По-видимому, было бы уместно перенести это задание в качественное задание № 28 с развернутым ответом, добавив дополнительные вопросы: «Куда направлены векторы изменения импульса частицы $\Delta\vec{p}$ и равнодействующей сил, приложенных к частице во время столкновения?»

Похожая ситуация со следующим заданием.

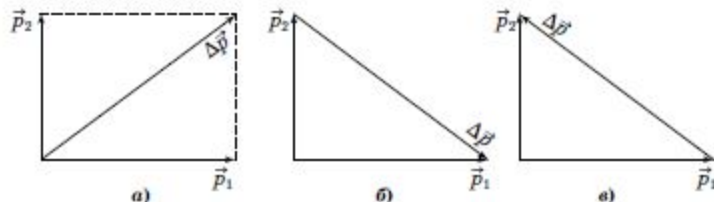


Рис. 1

6. Ящик тянут по земле за веревку по горизонтальной окружности длиной $L = 40$ м так, что он движется с постоянной по модулю скоростью. Работа силы тяги за один оборот по окружности $A = 2,4$ кДж. Каков модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли?

Нередко можно услышать следующие варианты рассуждений.

1 вариант. «Поскольку ящик тянут с постоянной по модулю скоростью, его кинетическая энергия не меняется. Вся энергия, которая поступает в систему за счет работы силы тяги, расходуется на работу силы трения. Отсюда находим модуль силы трения:

$$F_{\text{тр}} = A/L = 2400 \text{ Дж}/40 \text{ м} = 60 \text{ Н}.$$
 (3)

2 вариант. «Ящик движется равномерно, поэтому сила тяги F компенсируется силой трения $F_{\text{тр}}$, т.е. модули этих сил одинаковы. При малых перемещениях $\Delta \vec{s}$ вектор силы тяги \vec{F} совпадает с вектором $\Delta \vec{s}$, поэтому работа на этом малом участке $\Delta A = F \Delta s$. Суммируя работы по перемещению вдоль всей окружности, приходим к тому, что работа силы тяги

$$A = F \cdot L,$$

откуда

$$F = A/L = 2400 \text{ Дж}/40 \text{ м} = 60 \text{ Н}.$$

С учетом равенства модулей F и $F_{\text{тр}}$, снова приходим к ответу (3).

Но ведь при движении по окружности (даже с постоянной по модулю скоростью!) должно возникать центростремительное ускорение! А какая же сила его вызывает, если по логике предыдущих рассуждений силы тяги и трения компенсируют друг друга?!

На самом деле сила тяги направлена под некоторым углом α к касательной к окружности так, чтобы ее параллельная составляющая $F_{\text{нар}} = F \cos \alpha$ была по модулю равна силе трения, а перпендикулярная составляющая $F_{\text{нр}} = F \sin \alpha$ создавала центростремительное ускорение.

Таким образом, физическое содержание этой задачи несколько глубже того доста-

точно примитивного понимания, которое может привести к формально верному числовому ответу. Выходит, что и ее также имеет смысл видоизменить и переместить в качественное задание № 28.

Отличительной особенностью ЕГЭ является наличие в нем значительного количества графических задач, некоторые из которых можно считать превосходными образцами заданий, позволяющих не только четко выявить глубину понимания предмета, но и несущих яркий эстетический оттенок.

7. На рисунке 2 представлены графики зависимости давления одной и той же массы кислорода от его объема в изотермическом и адиабатном процессах. В исходном состоянии (точка А) температура газа равна 27°C . Какой станет температура газа в результате адиабатного сжатия при возрастании давления на $0,8 \cdot 10^4$ Па?

- 1) 600 К 2) 480 К 3) 420 К 4) 460 К.

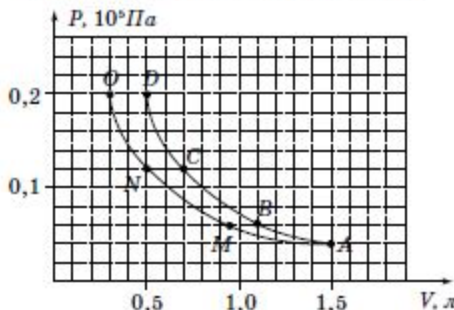


Рис. 2

Начнем с одного из возможных способов решения.

Очевидно, что адиабата AD идет круче изотермы AO . Двигаясь вверх от точки A по изотерме при возрастании давления на $0,8 \cdot 10^4$ Па мы попадаем в точку N , где температура газа та же $T_N = 300$ К. Точки N и C лежат на одной изобаре, поэтому выполняется соотношение

$$\frac{T_C}{T_N} = \frac{V_C}{V_N}, \quad (4)$$

откуда с учетом того, что $V_N = 0,5$ л и $V_C = 0,7$ л, находим искомую температуру в точке C $T_C = 420$ К. Таким образом, правильный ответ 3).

Однако если применить тот же подход к другой аналогичной задаче, получится, что верного ответа среди приведенных в задании нет. По тому же рисунку 2 в новой задаче изменится лишь величина возрастания давления.

8. Какой станет температура газа в результате адиабатного сжатия при возрастании давления на $0,2 \cdot 10^4$ Па?

- 1) 330 К 2) 430 К 3) 370 К 4) 410 К.

Повторите проведенный выше расчет, и вы увидите, что ответом для точки B , если принять $V_M = 0,95$ л и $V_B = 1,1$ л, является температура $T_B \approx 347$ К.

Но такого ответа нет среди предложенных для выбора!

Хорошо! Попробуем поступить иначе: воспользуемся объединенным газовым законом

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}. \quad (5)$$

Тогда, применяя этот закон для точек A и C (задание 7), получим тот же ответ, что и в первом способе решения.

Однако в задании 8 при подстановке в выражение (5) числовых значений из графика ($V_1 = 1,5$ л, $V_2 = 1,1$ л, $p_1 = 0,4 \cdot 10^4$ Па, $p_2 = 0,6 \cdot 10^4$ Па, $T_1 = 300$ К) ответ не совпадает с тем, что получен ранее: теперь $T_B = T_2 = 330$ К.

В чем же причина расхождений в ответах? Разгадка кроется в неточно построенном графике изотермы. Пригляди́мся к нему внимательнее. На графике точка M изображена неверно: ее следовало сместить на полклетки вправо, иначе не выполняется соотношение $pV = \text{const}$. При таком исправлении графика первый способ решения также приводит к тому же ответу $T_B = 330$ К.

Отметим, что не будь вариантов ответов к этому заданию, едва ли удалось бы в условиях экзамена заметить неточность построения графика изотермы и, следовательно, получить правильный ответ.

Мы остановились только на заданиях с кратким ответом. На наш взгляд, среди задач с развернутым ответом находятся такие, в которые также следовало бы внести некоторые коррективы, но об этом в другой раз.

