

Рыбаков Александр Борисович

Кандидат физико-математических наук.

Учитель физики гимназии № 144 г. Санкт-Петербург.

Найди ошибку в условии

В «Потенциале» уже печатались материалы, где анализировались ошибки, допущенные абитуриентами на экзаменах. В настоящей же статье анализируются ошибки, совершаемые авторами экзаменационных материалов.

Введение

Разные аспекты экзаменов вызывают разные мнения в обществе. Но есть один аспект, относительно которого, по-моему, споров быть не может: задания должны быть сформулированы корректно. Что это значит? Это значит, что в задании должны быть указаны данные, *необходимые и достаточные* для нахождения ответа. Надо ли напоминать, что в условии физической задачи важно *каждое* слово?

В последние годы на прилавках книжных магазинов появляются разного рода сборники, предназначенные облегчить учащимся подготовку к интеллектуальным испытаниям по школьной программе. Но многие из издающихся материалов способны не научить старшеклассников чему-либо, а наоборот, ввести их в заблуждение. Я предлагаю чита-

телям внимательно присмотреться к некоторым задачам по физике из сборника¹, опубликованного весьма авторитетной организацией (заметьте, что авторы и редакторы издания не указаны). Как это становится принятым в последнее время, все задачи оформлены как задания с выбором ответа.



¹ Выходные данные издания предоставлены редакции.

Прошу читателей во всех случаях самостоятельно решать рассматриваемую задачу (промоделировав тем

самым действия выпускника или абитуриента на экзамене) и лишь потом читать мои заметки.

Задачи

Задача 1. «Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 находятся на некотором расстоянии друг от друга. Заряды привели в соприкосновение, потом развели на прежнее расстояние. Сила электрического взаимодействия между ними:

- 1) не изменилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) увеличилась;
- 4) недостаточно данных для ответа на вопрос.»

Обсуждение. Вот пример задачи, где данных недостаточно для решения.



Заметим, что выражение «заряды привели в соприкосновение» – это недопустимый в такого рода материалах жаргон. Ведь не скажем же мы «привели в соприкосновение две температуры». Приводят в соприкосновение не заряды, а материальные тела, на которых эти заряды расположены. Что произойдёт в результате такого соприкосновения? Это определяется конкретными свойствами этих самых тел. Какого они размера? Из какого материала сделаны? Но как раз об этом ничего не сказано в условии задачи. Возможно, авторы

имели в виду простую задачу, присутствующую во всех школьных учебниках, о соприкосновении двух *одинаковых металлических* шариков? Но как раз этих-то слов и нет в условии. А тогда правильным надо считать не авторский ответ 3), а ответ 4).

Задача 2. «Плотность Луны составляет 0,6 от плотности Земли, а радиус 0,27 от земного радиуса. Отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Луны по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли равно

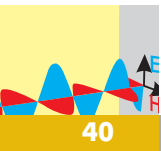
- 1) 0,52; 2) 1; 3) 1,41; 4) 2,82.»

Обсуждение. Задача слишком хорошо известна, встречается во многих задачниках. Я лишь напомню, что период обращения T низколетящего спутника зависит только от плотности ρ небесного тела (т.е. не зависит от его радиуса!), причём $T \sim \rho^{-1/2}$. Итак, в условии есть лишние данные!

Если авторы считают, что можно составлять условия задач с лишними данными, тогда этот принцип следовало бы отчётливо сформулировать. Но, кажется, авторы просто не смогли решить задачу. Приведём правильный ответ:

$$\frac{T_{\text{Л}}}{T_{\text{З}}} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{З}}}{\rho_{\text{Л}}}} = 1,29.$$

Если же мы ещё заметим, что в одном варианте заданий авторы считают правильным ответ 0,52, а в другом – 0,2, и ни один из них не является правильным, то текст приобретает черты абсурда.



Задача 3. «На горизонтальной шероховатой поверхности лежит тело массой 390 г. На тело действуют силой 2 Н, направленной вверх под углом 30° к горизонту. Под действием этой силы тело равномерно переместилось вдоль поверхности на 5 м. Определить величину работы, совершённой при этом силой трения. Коэффициент трения между телом и поверхностью $\mu = 0,6$.

1) 0,8 Дж; 2) 8,7 Дж; 3) 43 Дж; 4) 50 Дж.»

Обсуждение. Введём обозначения: $m = 390$ г, $F = 2$ Н, $\alpha = 30^\circ$, $S = 5$ м, $A_{\text{тр}}$ и A_F – работы силы трения и силы F , N – сила нормального давления, действующая на тело. Поскольку тело перемещается равномерно, то работа силы трения по абсолютной величине равна работе силы F :

$$|A_{\text{тр}}| = A_F = FS \cos \alpha \approx 8,7 \text{ Дж.}$$

Видно, что значения массы тела m и коэффициента трения μ нам не понадобились. То есть мы опять имеем дело с лишними данными в условии задачи. Хотя, конечно, можно выбрать иной путь решения с использованием этих данных:

$$\begin{aligned} A_{\text{тр}} &= -\mu NS = \\ &= -\mu(mg - F \sin \alpha)S \approx -8,5 \text{ Дж.} \end{aligned}$$

Заметим, что в этом конкретном случае авторы так подобрали эти *ненужные, лишние* данные, чтобы второй путь решения приводил бы примерно к тому же по абсолютной величине ответу (а на знак искомой величины они почему-то не обращают внимания). Ситуация с этой задачей представляется мне уникальной, кажется, я с такой ещё не встречался.

Результаты экзаменов последних лет показывают, что некоторые затруднения у выпускников вызывают

задачи по термодинамике. Перейдём к термодинамике.

Задача 4. «На рисунке 1 приведён график зависимости объёма идеального одноатомного газа от давления. Внутренняя энергия газа увеличилась на 100 кДж. Количество теплоты, сообщённое газу, равно:

1) 0 кДж; 2) 100 кДж; 3) 300 кДж; 4) 500 Дж.»

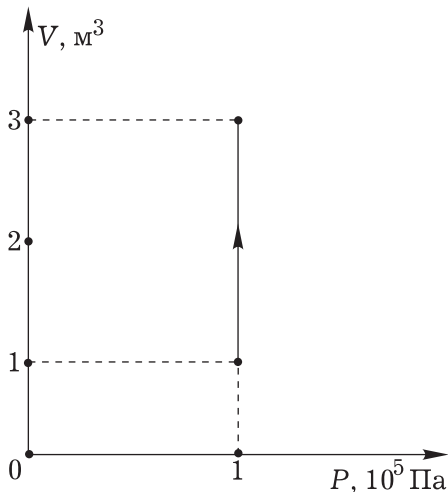


Рис. 1

Обсуждение. Догадайтесь, как решали задачу сами авторы, а потом найдите ошибку!

Так как авторы считают правильным ответ 3, можно думать, что они сами решали задачу таким образом. Работа, совершённая газом в изобарическом процессе, $A = p\Delta V$. По графику легко видеть, что $A = 200$ кДж. По первому началу термодинамики

$$Q = \Delta U + A = 200 + 100 = 300 \text{ (кДж).}$$

Заметим, что при этом не используется условие, что газ одноатомный.

Но приглядимся внимательнее к условию задачи. Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, получим $A = p\Delta V = \mu R\Delta T$, где μ – число молей. Изменение внутренней энергии одноатомного газа $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$.



То есть для указанных условий $\Delta U = \frac{3}{2}A$. Мы же имеем в задаче $A = 200$ кДж, $\Delta U = 100$ кДж (?!). Итак, условия задачи *несовместимы*. И здесь ситуация для экзаменующегося просто безнадежная: исходя из разных данных в условии, можно, *не сделав ошибок* в решении, получить разные ответы.

Задача 5. «Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 100 м/с. В точке максимального подъёма снаряд разорвался на два осколка. Массы осколков относятся как 2:1. Осколок большей массы упал на землю первым вблизи точки выстрела со скоростью 50 м/с. До какой максимальной высоты может подняться осколок меньшей массы?»

Обсуждение. Сможет ли читатель решить эту задачу? Я не смог.

Не стоит пытаться решить эту задачу: ведь при разрыве должна увеличиться кинетическая энергия обоих осколков, а, значит, и на землю они должны упасть со скоростью, большей начальной (сопротивление воздуха, конечно же, не учитывается).

Задача 6. «На горизонтальной поверхности лежит стальной кубик. В верхнюю грань кубика ударяется летящий по воздуху шарик, изготовленный из пластичного материала. Скорость шарика v_0 в момент удара составляла угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. При столкновении 50% энергии шарика переходит в тепло, а сам шарик отражается от кубика и продолжает полёт под некоторым углом к горизонту с энергией, в три раза меньшей первоначальной. Определить величину этого угла. Масса кубика в два раза больше массы шарика».

Обсуждение. Обратите внимание,

что в условии нет никаких указаний на отсутствие силы трения между шариком и кубиком. Задачи на этот сюжет (когда шарик при ударе о какое-то тело закручивается) встречались на районных олимпиадах в Петербурге. Авторы же, как можно судить по ответу, решали задачу в предположении, что шарик не закручивается. Есть и другие вопросы к условию.

Возникает парадоксальная и очень опасная ситуация: чем глубже экзаменующийся понимает явления, происходящие в этой системе, тем дальше он от решения, которое авторы

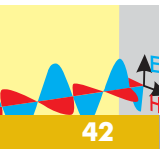


Задача 7. «При конденсации пара температура жидкости и пара одинакова и не меняется.

При этом

- 1) увеличивается энергия теплового движения молекул вещества;
- 2) увеличивается потенциальная энергия взаимодействия молекул вещества;
- 3) уменьшается потенциальная энергия взаимодействия молекул вещества;
- 4) уменьшается энергия теплового движения молекул вещества.»

Обсуждение. Я привёл условие задачи полностью. Может ли читатель сразу сказать, какой конкретно процесс производят и с какой системой? Условие сформулировано очень невнятно. Я показывал это условие



коллегам и сильным ученикам – все они оказались в затруднении.

Что значит «при конденсации пара»? На границе пара и жидкости конденсация имеет место всегда! В равновесном же состоянии она уравновешивается испарением. Наверное, авторы имеют в виду такую ситуацию (такой процесс), когда система выводится из равновесия так, что скорость конденсации превышает скорость испарения. То есть *в целом* пар конденсируется – его масса в системе уменьшается. Каким образом это можно сделать? По-видимому, сжимая пар. Прочему бы просто не сказать: *изотермически сжимают насыщенный пар под поршнем?* То есть речь идёт о движении по горизонтальному участку изотермы реального газа. Напомним, что для осуществления такого процесса всю систему надо поместить в термостат.

Авторский ответ 3) – правилен. Заметим, что, с точки зрения термо-

динамики, речь идёт о весьма нетривиальной ситуации: при совершении внешними силами положительной работы A внутренняя энергия системы убывает; конечно, так происходит потому, что система отдаёт термостату количество теплоты $Q > A$. Но большую часть времени абитуриент потратит не на осмысление физической ситуации, а на попытку разобрататься в авторском тексте условия задачи.

Процессы с насыщенным паром – очень сложная тема. Можно ли требовать от выпускника детального понимания этой темы? Заметим, что по сути дела эта же задача размещена в серьёзном вузовском «Сборнике качественных задач...» (авторы Бабаджан Е.И. и др., М., 1990) среди задач, явно недоступных школьникам. Так можно ли оценивать эту задачу на экзамене так же невысоко, как расположенные рядом с ней простейшие задачи?

Заключение

Заметим, что в ответах некоторых задач иногда можно обнаружить ошибки, даже не решая их! То в ответе отсутствует величина, без задания которой задача не имеет смысла, то бросается в глаза неправильная размерность ответа. Например, в ответе одной из задач искомое значение энергии приравнивается $I_0^2 C / \omega^2$.

Теперь взглянем на проблему в целом. Очень серьёзные недочёты в опубликованных вариантах позволяют думать, что и в вариантах, реально используемых на экзаменах, есть такие же недочёты.

Имея в виду важность результатов экзаменов для абитуриентов, мы

приходим к вопросам, от которых нельзя просто отмахнуться.

Как случилось, что авторитетная организация выпускает издания подобного качества?

Как осуществляется общественный контроль за работой лиц, составляющих варианты экзаменационных заданий?

Какие возможности у участника экзамена опротестовать свои результаты хотя бы в связи с явно неправильными условиями заданий? Материалы, помещённые в рассмотренном мною сборнике, не дают ответа на этот вопрос.

На этой, как принято говорить, тревожной ноте я и закончу свои заметки.