

Решение задач по физике как интеллектуальное приключение



Автор: Смирнов Н.В.,
<http://sverh-zadacha.ucoz.ru>

Уметь решать задачи,
значит уметь действовать
в условиях неочевидности

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $Q = 75$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние $x = 10$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

Цель: научить ученика
решать задачи
на первый закон
термодинамики.



В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $Q = 75$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние $x = 10$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

Воспользуемся первым законом термодинамики:
 $Q = \Delta U + A'$.

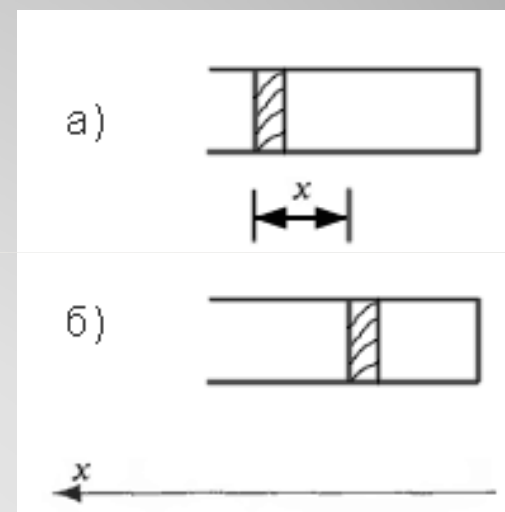
Подставим сюда формулы изменения внутренней энергии и работы газа:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} p \Delta V = - \frac{3}{2} p x S.$$

$$A' = p \Delta V = - p x S.$$

Тогда получим: $Q = \Delta U + A' = - \frac{3}{2} p x S - p x S = - \frac{5}{2} p x S.$

Откуда: $S = - 2Q / (5px) = 30 \times 10^{-4} \text{ м}^2 = 30 \text{ см}^2.$



Что требуется от нашего ученика, чтобы решить задачу таким образом?

1. Знать формулы 1 закона термодинамики, внутренней энергии, работы газа при изобарном процессе, объема тела правильной формы.
 2. Умение вывести формулу количества теплоты при изобарном процессе: $Q = 5/2 p\Delta V$.
 3. Знать, как решается эта задача (см. п. 1,2) (специфическое).
-

Уверены ли вы, что решив эту задачу, ваш ученик сможет решать другие задачи по термодинамике?

Много ли ваших учеников поймут это решение настолько, что смогут использовать полученные знания в решении других задач?

А многие ли ученики рискнут взяться за решение задачи, когда они не видят всего пути целиком, от начала и до конца?

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $Q = 75$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние $x = 10$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

1. Найдем **ключевые слова**, те, которые, обозначают физические величины или понятия: «ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ», «ПЛОЩАДЬ», «КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ», «ДАВЛЕНИЕ». Часто ключевым словом, открывающим путь к решению, является искомая величина, содержащаяся в вопросе задачи.

Поищем, в каких формулах встречаются эти слова.

Мы, знающие, ищем в голове, а незнающие в справочнике:

$$Q = cm\Delta t; \quad Q = \lambda m; \quad Q = rm; \quad Q = qm; \quad Q = \Delta U + A';$$

$$Q = I^2Rt.$$

Наступает время **выбора из множества**. Вместе ключевые слова сходятся в формуле первого закона термодинамики:

$$Q = \Delta U + A'.$$

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $Q = 75$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние $x = 10$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

2. Поищем, как можно **выразить ΔU и A' через одни и те же величины**, ведь Q нам известно.

а) Мы имеем процесс с постоянным давлением, для которого $A' = p\Delta V = -p xS$ (знак минус — так как объём уменьшается);

б) Тут же в справочнике находим:
 $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T = \frac{3}{2} p\Delta V = -\frac{3}{2} p xS.$

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $Q = 75$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние $x = 10$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

3. **Соберем в одну формулу** найденные нами зависимости:

$$Q = \Delta U + A' = -\frac{3}{2}p xS - pxS = -\frac{5}{2}p xS.$$

Подставив сюда значение данных нам величин, легко найдём ответ:

$$S = -2Q/(5px) = 30 \times 10^{-4} \text{ м}^2 = 30 \text{ см}^2.$$

(Заметим, что $Q = -75$ Дж, так как «от газа отведено количество тепла».)

Ответ: $S = 30 \text{ см}^2$.

Алгоритм решения задачи:

1. Найти ключевые слова для решения данной задачи (физические величины).
2. Подобрать все уравнения, формулы, связывающие вместе физические величины в задаче.
3. Выбрать то уравнение (формулу), которое связывает вместе наибольшее количество данных в задаче с искомой величиной.
4. Подобрать еще уравнения (формулы), позволяющие выразить недостающие величины для решения задачи.
5. Свести воедино найденные формулы и решить задачу.

Что теперь требуется от нашего ученика, чтобы решить задачу?

1. Знать и уметь использовать алгоритм (универсальное).
 2. Знать законы, формулы.
 3. Уметь выделять главное (ключевые слова).
 4. Уметь пользоваться множественным знанием и уметь делать выбор из множества (видеть пространство формул, многовариантность решений).
 5. Умение учитывать обстоятельства условий задач.
 6. Уметь действовать смело в условиях неочевидности.
 7. Знать часто используемые приемы решения задач данного типа (специфическое).
-

Что не требуется от нашего ученика?

Не обязательно уметь решать данный тип задач.

ПЛЮС: оправданность и логичность.

В идеальном **колебательном контуре**, состоящем из **конденсатора** и катушки индуктивности, амплитуда **силы тока** $I_m = 50$ мА. В таблице приведены значения **разности потенциалов** на обкладках конденсатора, измеренные с точностью до 0,1 В в последовательные моменты времени. Найдите значение **ёмкости** конденсатора.

$t, \text{ мкс}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$U, \text{ В}$	0,0	2,8	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

1. Ключевые слова условия задачи — «колебательный контур», «ёмкость» — дают по справочнику:

$$C = q/U; \quad C = \varepsilon\varepsilon_0 S/d; \quad W = CU^2/2; \quad T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Выберем формулу Томсона (есть подозрение, что T мы найдём по таблице):

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

или, возведя в квадрат, получаем:

$$T^2 = 4\pi^2 LC.$$

В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, амплитуда силы тока $I_m = 50$ мА. В таблице приведены значения разности потенциалов на обкладках конденсатора, измеренные с точностью до 0,1 В в последовательные моменты времени. Найдите значение электроёмкости конденсатора.

$t, \text{ мкс}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$U, \text{ В}$	0,0	2,8	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

Осложнение: неизвестные индуктивность L и период T . Среди прочих формул L обратим внимание на энергию магнитного поля:

$$W = LI^2/2.$$

Вместе с формулой энергии конденсатора $W = CU^2/2$ можно составить уравнение сохранения энергии при колебаниях (максимальная энергия магнитного поля катушки равна максимальной энергии конденсатора):

$$LI_m^2/2 = CU_m^2/2.$$

Это **часто встречающийся приём**.

Здесь I_m нам дано по условию задачи, а U_m можно найти в таблице (наибольшее значение напряжения). Отсюда:

$$LI_m^2 = CU_m^2;$$

$$L = CU_m^2 / I_m^2.$$

В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, амплитуда силы тока $I_m = 50$ мА. В таблице приведены значения разности потенциалов на обкладках конденсатора, измеренные с точностью до 0,1 В в последовательные моменты времени. Найдите значение электроёмкости конденсатора.

$t, \text{ мкс}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$U, \text{ В}$	0,0	2,8	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

Подставим значение индуктивности в формулу Томсона:

$$T^2 = 4\pi^2 C \times CU_m^2 / I_m^2.$$

Извлечём квадратный корень из обеих частей уравнения и выразим C :

$$C = T I_m / 2\pi U_m.$$

Период колебаний найдём в таблице как время полного цикла колебаний ($T=8$ мкс). Поскольку все величины известны, подставляем численные значения и получаем ответ:

$$\text{Ответ: } C \approx 16 \times 10^{-9} \text{ Ф} = 16 \text{ нФ}.$$

В области пространства, где находится частица с **массой 1 мг** и **зарядом 2 нКл**, создано однородное горизонтальное электрическое поле **напряжённостью 50 В/м**. За какое **время** частица переместится на **расстояние 0,45 м** по горизонтали, если её начальная скорость равна нулю? Действием силы тяжести пренебречь.

Ответы: 1) 95 с 2) 4,2 с 3) 3 с 4) 9,5 с.

1. Ключевые слова: масса, заряд, напряжённость, время и расстояние.

Время и расстояние: $s = vt$; $s = (v + v_0)t/2$; $s = v_0t + at^2/2$;
 $N = A/t$; $F\Delta t = \Delta p$.

Упоминание в условии задачи начальной скорости ($v_0 = 0$) приводит нас к выбору: $s = v_0t + at^2/2 = at^2/2$.

2. Осложнение: мы не знаем ускорения a , без которого ничего не решить.

Из многих формул ускорения выберем ту, которая не содержит времени (поскольку нам его потом надо будет найти):

$$F = ma.$$

3. Массу m мы знаем по условию задачи, это вдохновляет, но теперь новая проблема — сила F .

В области пространства, где находится частица с массой 1 мг и зарядом 2 нКл, создано однородное горизонтальное электрическое поле напряжённостью 50 В/м. За какое время частица переместится на расстояние 0,45 м по горизонтали, если её начальная скорость равна нулю? Действием силы тяжести пренебречь.

Ответы: 1) 95 с 2) 4,2 с 3) 3 с 4) 9,5 с.

4. Из всех сил выбираем по смыслу электрическую:

$$F = kq_1q_2/r^2; F = Eq.$$

Последнее предпочтительнее, так как в условии упоминаются напряжённость и заряд.

5. Собираем найденное вместе:

$$ma = Eq; a = Eq/m. \text{ Далее: } t^2 = 2s/a = 2sm/(Eq).$$

Задача решена: $t = 3$ с. Правильный ответ №3.

Пять неочевидных для ученика шагов в задаче! Пять крутых поворотов, за которыми не виден результат. Как детективное расследование. Как игра в пазлы, где к одному элементу, надо добавлять другие, точно подходящие по форме, для получения законченной картины!

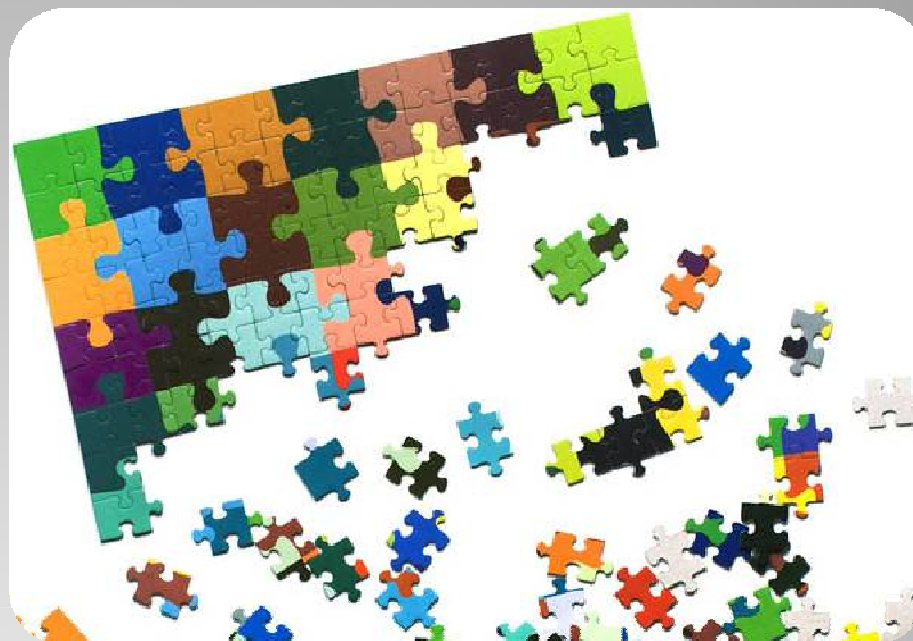
А многие ли ученики рискнут взяться за решение задачи, когда они не видят всего пути целиком, от начала и до конца.

Когда перед ними не один путь, а множество. Когда стоит проблема выбора, а значит - ответственности.

И как мало в этой задаче, в отличие от предыдущей, надо понимать в физике (что упрощает жизнь тем, кто у нас пока неуспешен).

Полностью выручает работа со справочником.

Алгоритм плюс знание.



В идеальном **колебательном контуре** амплитуда колебаний **силы тока** в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда колебаний **заряда** конденсатора 2,5 нКл. В момент **времени** t сила тока в катушке равна 3 мА.
Найдите заряд **конденсатора** в этот момент.

1. Ключевые слова: колебательный контур, сила тока, заряд, конденсатор.

По справочнику имеем в распоряжении формулы:

$$\omega = 2\pi/T; \quad q = q_m \cos \omega t; \quad i = i_m \sin \omega t; \quad W_{эл} = CU^2/2; \quad W_m = LI^2/2.$$

Выбираем уравнения заряда и тока (этих величин много в условии задачи):

$$q = q_m \cos \omega t; \quad i = i_m \sin \omega t.$$

Знание амплитуды тока и текущего значения тока позволят нам найти $\sin \omega t$ (пока не понятно зачем, но для наших детей «можно», значит надо попробовать).

Итак, $3 = 5 \sin \omega t$; значит, **$\sin \omega t = 3/5$** .

*В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора 2,5 нКл. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА.
Найдите заряд конденсатора в этот момент.*

2. Как бы это использовать? Синус позволит найти косинус, который мы видим в формуле колебаний заряда.
Основное тригонометрическое тождество:

$$1 = \sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t. \text{ Откуда: } \cos \omega t = \pm 4/5.$$

3. Зная текущее значение $\cos \omega t$, найдём текущее значение заряда, ведь максимальный заряд нам известен:

$$q = q_m \cos \omega t = \pm 2,5 \times 4/5 = \pm 2 \text{ (нКл)}.$$



Итак, написать решение — не значит решить задачу.
Решить — это совершить **ряд последовательных действий**, в каждом из которых необходимо сделать **выбор**, что, между прочим, далеко необязательно сразу приводит к ответу, а, скорее всего, приведёт к новым вопросам и потребует новых шагов.
Решать — значит двигаться в определённом направлении **в условиях неочевидности**.