Государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования

«Саратовский институт повышения квалификации

и переподготовки работников образования»

###### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему: Методический анализ ошибки: неумение строить график изотермического процесса для газа,

находящегося в закрытом сосуде со своей жидкостью.

Свириденко Ольги Владимировны

МОУ «СОШ п. Красный Текстильщик

Саратовского района Саратовской области»

учителя физики

###### Кафедра естественнонаучного образования

**Содержание**

1. Введение --------------------------------------------------------------------------- 3
2. Основная часть ------------------------------------------------------------------- 4- 11
3. Заключение ------------------------------------------------------------------------ 12
4. Список литературы--------------------------------------------------------------- 13

**Введение**

Качественная задача С1 по теме «Молекулярно-кинетическая теория» на итоговой аттестации выпускников средней школы, как и в предыдущие годы, вызвала существенные затруднения: 78 % экзаменуемых получили за решение ноль баллов.

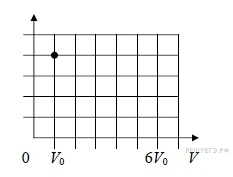
Системной ошибкой было неумение строить график изотермического процесса для газа, находящегося в закрытом сосуде со своей жидкостью.

Особенностью ЕГЭ 2012 года является то, что в качественной задаче С1 учащимся предлагалось построить график изотермического процесса для газа, находящегося в закрытом сосуде со своей жидкостью, не только на основании качественного анализа ситуации, но и провести количественный расчет.

Цель данной работы: провести методический анализ ошибки: неумение строить график изотермического процесса для газа, находящегося в закрытом сосуде со своей жидкостью.

**Основная часть.**

Выясним с методической точки зрения основные причины неумения большинством выпускников строить график изотермического процесса для газа, находящегося в закрытом сосуде со своей жидкостью, рассмотрев конкретную задачу.

***Задача 1 (высокий уровень).*** *В цилиндре под поршнем при комнатной температуре* t0 *долгое время находится только вода и ее пар. Масса жидкости в два раза больше массы пара. Первоначальное состояние системы показано точкой на*рV*-диаграмме. Медленно перемещая поршень, объем*V*под поршнем изотермически увеличивают от*V0*до 6*V0.*Постройте график зависимости давления*р*в цилиндре от объема*V*на отрезке от*V0 *до 6*V0*. Укажите, какими закономерностями Вы при этом воспользовались.*  


Основные причины невыполнения задачи:

- несмотря на «подсказку» в тексте задачи учащиеся не видят наличие двух состояний пара: в начальном состоянии – насыщенного, так как по условию задачи за длительное время в системе установилось термодинамическое равновесие; и с определенного момента – ненасыщенного пара.

Эта ошибка вызвана:

1. непониманием понятия «насыщенный пар».

Напомним, что насыщенным паром называется пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

Над свободной поверхностью жидкости всегда имеются пары этой жидкости. Если сосуд с жидкостью не закрыт, то концентрация частиц пара при постоянной температуре может изменяться в широких пределах в сторону уменьшения и в сторону увеличения.

Процесс испарения в замкнутое пространство (закрытый сосуд с жидкостью) может при данной температуре происходить только до определенного предела. Это объясняется тем, что одновременно с испарением жидкости происходит конденсация пара. Сначала число молекул, вылетающих из жидкости за 1 с, больше числа молекул, возвращающихся обратно, и плотность, а значит, и давление пара растет. Это приводит к увеличению скорости конденсации. Через некоторое время наступает динамическое равновесие, при котором плотность пара над жидкостью становится постоянной. Пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью, называется **насыщенным паром**. Пар, который не находится в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью, называется **ненасыщенным** .

Для формирования понятия насыщенный пар можно предложить следующие задачи.

***Задача 2.*** *В сосуде с подвижным поршнем находится вода и её насыщенный пар. Объём пара уменьшился в 2 раза при постоянной температуре так,  
что в сосуде ещё осталась вода. Концентрация молекул при этом*

*1) увеличилась в 2 раза   
2) не изменяется  
3) увеличилась в 4 раза  
4) уменьшилась в 4 раза*

***Решение:***

По определению, насыщенный пар — это пар, находящийся в термодинамическом равновесии с жидкостью того же состава. Равновесие устанавливается в тот момент, когда среднее количество молекул, покидающих жидкость, сравнивается со средним числом молекул, конденсирующих обратно. При этом концентрация насыщенного пара зависит только от вещества и от температуры системы *n = p/kT = const*. Поэтому в результате изотермического уменьшения объема в два раза половина пара сконденсирует в жидкость. Концентрация же насыщенного пара останется неизменной.

***Ответ: 2***

***Задача 3.*** *В сосуде с подвижным поршнем находится вода и её насыщенный пар. Объём пара изотермически уменьшили в 2 раза. Число молекул пара при этом*

*1) уменьшилось в 2 раза  
2) не изменилось  
3) увеличилось в 4 раза  
4) увеличилось в 2 раза*

***Решение:*** Давление насыщенного пара *p* связано с температурой *T*, но не с объёмом пара *V*. *T=const*, поэтому, и *p = const*. Значит, и концентрация молекул *n* постоянна: *n = p/kT = const*. А число молекул в сосуде *N = n·V* изменилось: уменьшилось в 2 раза.

***Ответ: 1***

***Задача******4.*** *Как изменится давление насыщенного пара при повышении его абсолютной температуры в 2 раза?»*

1. *уменьшилось в 2 раза*

*2) уменьшилось более чем 2 раза  
3) увеличилось более чем 2 раза  
4) увеличилось в 2 раза*

***Решение:***

Более сильное увеличение давления насыщенного пара по сравнению с идеальным газом (закон Гей-Люссака не применим к насыщенному пару) объясняется тем, что здесь происходит рост давления не только за счет роста средней кинетической энергии молекул (как у идеального газа), но и за счет увеличения концентрации молекул (*p = nkT)*.

***Ответ: 3***

***Задача 5.*** *В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.*

***Решение***

Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.  При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

***Ответ: масса жидкости в сосуде будет уменьшаться***

1. Не пониманием свойства насыщенного пара, а именно, способов перевода насыщенного пара в ненасыщенный и обратного процесса.

Пары, отделенные от жидкости (при неизменной массе), обладают следующими свойствами: а) при изотермическом увеличении объема, занимаемого насыщающим паром, или при изохорическом нагревании насыщающий пар переходит в ненасыщающий; б) при изотермическом сжатии объема или при изохорическом охлаждении ненасыщающий пар становится насыщающим

Для формирования понимания этих процессов можно предложить задачу такого вида:

***Задача 6 .*** *В сосуде под поршнем находится ненасыщенный пар. Его можно перевести в насыщенный:*

*1) изобарно повышая температуру  
2) добавляя в сосуд другой газ  
3) увеличивая объем пара  
4) уменьшая объем пара*

***Решение:***

Знаем, что давление и концентрация насыщенного пара каждого вещества зависят только от температуры. Чем больше температура, тем больше эти величины. Единственный подходящий способ (из предложенных вариантов) — это уменьшение объема. Концентрация пара при этом будет увеличиваться и при сжатии может достигнуть значения,  которое соответствует концентрации насыщенного пара при заданной температуре.

***Ответ:* 4**

1. Не понимание свойства насыщенного пара, а именно: при постоянной температуре давление и плотность насыщенного пара не зависят от объема. На рисунке 2 для сравнения приведены изотермы идеального газа (а) и насыщенного пара (б).

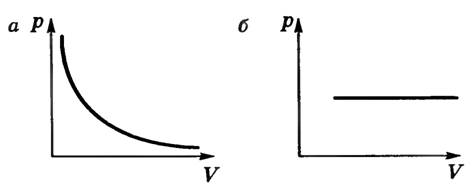
[](http://www.physbook.ru/index.php/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Img_T-59-002.jpg)

Рисунок 2 – изотермы идеального газа и насыщенного пара

Возвращаемся к исходной задаче.

Таким образом, пока в цилиндре остается вода, при медленном изотермическом расширении пар остается насыщенным. Поэтому график p(V) будет графиком константы, т. е. отрезком горизонтальной прямой. Количество воды в цилиндре при этом убывает. При комнатной температуре концентрация молекул воды в насыщенном паре ничтожна по сравнению с концентрацией молекул воды в жидком агрегатном состоянии. Масса воды в два раза больше массы пара. Поэтому, во-первых, в начальном состоянии насыщенный пар занимает объём, практически равный http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png. Во-вторых, чтобы вся вода испарилась, нужно объём под поршнем увеличить ещё на 2http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png. Таким образом, горизонтальный отрезок описывает зависимость p(V) на участке от http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png до 3http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png.   
4) Непонимание свойств ненасыщенного пара. С достаточным приближением ненасыщенные пары подчиняются всем [газовым законам](http://www.physbook.ru/index.php/%D0%A2._%D0%98%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D1%8B), и тем точнее, чем дальше они от насыщения.

Закон Бойля-Мариотта: *PV = const* при *T = const* и *m = const (1)*

Из этого закона вытекает, что для двух произвольных состояний газа при указанных условиях справедливо равенство: *P1 V1 =P2V2*

Закон Гей-Люссака: βv = = K-1, или = *const, (2)*

если  *Р= const* и *m = const.*

Согласно выражению (2) при соблюдении указанных ограничений для двух произвольных состояний .

Закон Шарля: βp = = K-1, или = *const,* если  *V= const* и *m = const.*

Согласно закону Шарля для двух произвольных состояний  *=*

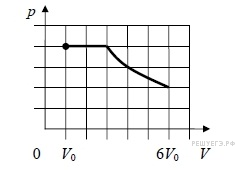
Из опытных законов (любых двух) для идеальных газов вытекает объединенный газовый закон (уравнение Клапейрона):

= *const,* откуда следует, что при переходе газа из одного состояния в другое, когда меняются все три его параметра, должно быть: =

Возвращаемся к исходной задаче.

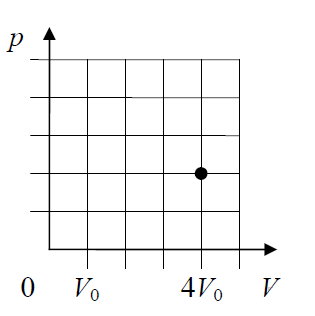
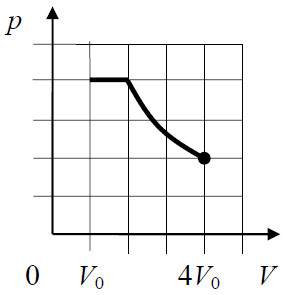
При V > 3http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png под поршнем уже нет жидкости, все молекулы воды образуют уже ненасыщенный водяной пар, который можно на изотерме описывать законом Бойля–Мариотта: pV = const, т. е. p ~ 1/V. Графиком этой зависимости служит гипербола. Таким образом, на участке от 3http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png до 6http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png зависимость p(V) изображается фрагментом гиперболы.

Таким образом, на участке от http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png до 3http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png давление под поршнем постоянно (давление насыщенного пара на изотерме). На участке от 3http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png до 6http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png давление под поршнем подчиняется закону Бойля–Мариотта.  На участке от http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png до 3http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png график p(V) – горизонтальный отрезок прямой, на участке от 3http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png до 6http://reshuege.ru/formula/9e/9ef5db61af0c0d69875ff753a249bd2f.png – фрагмент гиперболы



На закрепление умения строить график изотермического процесса для газа, находящегося в закрытом сосуде со своей жидкостью можно предложить следующую задачу.

**Задача 7**. *В стеклянном цилиндре под поршнем при комнатной температуре t0 находится только водяной пар. Первоначальное состояние системы показано точкой на диаграмме. Медленно перемещая поршень, объём V под поршнем изотермически уменьшают от 4V0 до V0. Когда объём V достигает значения 2V0, на внутренней стороне стенок цилиндра выпадает роса. Постройте график зависимости давления p в цилиндре от объёма V на отрезке от V0 до 4V0. Укажите, какими закономерностями Вы при этом воспользовались.*

**Решение:**

В начальном состоянии V=4V0 под поршнем находится ненасыщенный водяной пар. В момент появления росы пар становится насыщенным. Поэтому на участке от 4V0 до 2V0 давление под поршнем растёт.

После того как на стенках сосуда появилась роса, пар при медленном изотермическом сжатии остается насыщенным, в том числе при V=V0. При этом количество вещества пара уменьшается, а количество вещества жидкости увеличивается (идёт конденсация пара). Поэтому график  на участке от 2V0 до V0 будет графиком константы, т. е. отрезком горизонтальной прямой.

Таким образом, на участке от 4V0 до 2V0 видим, что давление под поршнем при сжатии растёт. На участке от 2V0 до V0 давление под поршнем постоянно.  На участке от 4V0 до 2V0 график  – фрагмент гиперболы, на участке от 2V0 до V0 – горизонтальный отрезок прямой.

**Заключение.**

Работе с качественными заданиями необходимо уделять особое внимание, тренируясь не просто искать правильный ответ, но и выстраивать четкую логику его обоснования. Следует требовать от учеников обязательного анализа условия задачи с выделением ключевых слов, физических явлений, грамотного использования физических терминов.

**Литература:**

1. Балаш В. А. Задачи по физике и методы их решения: Пособие для учителя.- 4-е изд., перераб. И доп.- М.: просвещение, 1983.-432 с.,ил.

**Источники:**

1.<http://www.physbook.ru/index.php/%D0%A2._%D0%9D%D0%B0%D1%81%D1%8B%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D1%8B>

2. <http://www.eduspb.com/node/2319>

3.мат-физ.рф <http://xn----7sbwdr1bp.xn--p1ai/>

4. Решу ЕГЭ Образовательный портал для подготовки к ЕГЭ <http://phys.reshuege.ru/expert>?