

Мукушев Базарбек Агзашулы
Профессор Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина,
доктор педагогических наук,
г. Астана, Республика Казахстан

Решение физических задач на основе выдвижения гипотезы

Гипотеза – научное предположение, объясняющее явления, достоверность или ошибочность которых еще не доказана. Этот метод науки формулируется после возникновения проблемы в научном исследовании. Метод гипотезы в явном или неявном виде нередко используется при изучении школьных дисциплин, в частности – физики. Ученики часто применяют учебные гипотезы при изучении и объяснении сложных физических процессов и также при изложении собственных идей.

В статье представлены физические задачи, которые решаются на основе выдвижения гипотез. Статья предназначена для старшеклассников.

Введение

Гипотезы появляются в виде определенных отношений между двумя или более событиями, явлениями. Они являются результатами логических рассуждений и научного мышления. Одно из главных требований к гипотезе – её согласованность с фактическим материалом, она не должна противоречить никаким научным данным, поэтому не всякое предположение можно назвать гипотезой. Гипотеза в отличие от простого предположения должна быть обоснованной, указывающей путь исследовательского поиска. Когда выдвигается гипотеза, необходимо всегда допускать, что она может быть подтверждена или опровергнута законами из наук, новыми фактами, опытами, экспериментами и непосредственными наблюдениями.

При решении ряда физических задач можно научиться вам самостоятельно выдвигать и обосновывать гипотезы, которое базируется на выводах, полученных из ранее установленных научных фактов, законов и теорий путем их дедуктивной экстраполяции, то есть распространения на новые явления.

Мы рассмотрим несколько задач из термодинамики, при решении которых придется выдвигать гипотезы. Достоверность или ошибочность этих гипотез выявляются в ходе решения этих задач.

1. Применение достоверных гипотез при решении задач

Задача 1. Сосуд объема V=120 дм^3 разделен тонкой подвижной перегородкой на две части. В левую часть помещена вода ($\nu_в$ = 2 моль), в правую часть – азот ($\nu_а$ = 1 моль). Температура поддерживается равной t =100°С. Определить объем правой части сосуда.

Решение. Выдвигаем гипотезу, что вся вода испарится. Давление и температуры водяного пара и азота должны быть одинаковыми. Следовательно, они займут объемы, пропорциональные количеству вещества ν. На долю азота придется объем V = 40 дм^3. Необходимо проверить, что водяной пар не насыщен. Известно, что моль любого газа при нормальных условиях занимает одинаковый объем (22,4 дм^3). Значит, объем насыщенного пара в два раза больше, чем объем азота. На долю азота придется объем $V_а$=40 дм^3. Водяной пар занимает в два раза больший объем чем азот ($\nu_{вп}$ = 2 моль), значит $V_{вп}$= 80 дм^3. Вычислим давление водяного пара при температуре T = 373 К. $p = \dfrac{\nu_в RT}{V_{вп}} =$ 7,65 · 10^4 Па. Известно, что давление насыщенного водяного пара в температуре t = =100°С равно $p_0 = 10^5$ Па. Значение давления водяного пара меньше этого значения: $p < p_0$. *Пар не насыщен, наша гипотеза верна.*

Задача 2. В сосуд объема V = = 10 дм^3, наполненный сухим воздухом при давлении $p_0 = 10^5$ Па и температуре t = 0° С, вводят m = 3 г воды. Сосуд нагревает до температуры t = 100° С. Каково давление влажного воздуха в сосуде при этой температуре?

Решение. Выдвинем гипотезу, что вся вода испарится. В таком случае, давление влажного воздуха в сосуде складывается из давлений воздуха и пара:

$$p = p_в + p_н,\ p_в = \frac{p_0 T}{T_0} = 1{,}37\cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Считая пар идеальным газом, найдем $p_н = \dfrac{mRT}{\mu V} = 5{,}1\cdot 10^4$ Па. Известно, что давление насыщенного пара при температуре t =100° С p_0 = 10^5 Па. Можно считать пар не насыщен. *Наша гипотеза верна.* Таким образом, $p = p_в + p_н = 1{,}88\cdot 10^5$ Па.

Задача 3. В камеру объема V = = 1 дм^3, сообщающуюся с воздухом при температуре t = 20° С и давлении $p_0 = 10^5$ Па, бросают кусочек сухого льда m = 0,5 г. (сухой лёд – название твёрдого диоксида углерода CO_2. При атмосферном давлении и температуре выше 78,5° С он сублимируется, то есть переходит в углекислый газ, минуя жидкую фазу). Камеру сразу же герметически закрывают. Определить давление в камере после установления равновесия при неизменной температуре. Давление насыщенного пара

сухого льда при температуре $t = 20°\,\text{C}$ $p_н = 5{,}65 \cdot 10^6$ Па.

Решение. Выдвинем гипотезу, что вес сухой лед испарится. Тогда $p = \frac{mRT}{\mu V} = 2{,}7 \cdot 10^4$ Па. Это давление меньше давления насыщенного пара углекислого газа ($p_н = 5{,}65 \cdot 10^6$ Па). *Значит, наша гипотеза верна*. Давление в камере

$$p = p + p_0 = 2{,}7 \cdot 10^4\,\text{Па} + 10^5\,\text{Па} = 1{,}27 \cdot 10^5\,\text{Па}.$$

2. Решение задач на основе выдвижения ошибочных гипотез

Задача 4. Сосуд объема $V = 20$ дм^3 разделен тонкой подвижной перегородкой на две части. В левую часть помещена вода ($\nu_в = 1$ моль), в правую часть – азот ($\nu_а = 0{,}5$ моль). Температура поддерживается равной $t = 100°\,\text{C}$. Определить объем правой части сосуда. Определить объем водяного пара в левой части сосуда.

Решение. Выдвигаем гипотезу, что испарится вся вода. При температуре $t = 100°\,\text{C}$ насыщенный пар воды имеет давление $p_0 = 10^5$ Па. 1 моль газа при таком давлении и температуре $t_0 = 0°\,\text{C}$ занимает объем $V_0 = 22{,}4$ дм^3. Значит, при температуре $t = 100°\,\text{C}$ пар занимает объем больше, чем V_0. А объем всего сосуда, по условию задачи, $V = 20$ дм^3. Следовательно, вода не может полностью испариться. *Наша гипотеза не верна*. Наряду с остатком воды в левой части сосуда будет ее насыщенный пар с давлением p_0. Таким же будет давление азота. Занимаемый азотом объем $V_a = \frac{\nu_a RT}{p_0} = 15{,}3$ дм^3. Объем водяного пара в левой части сосуда почти равен $V_{вп} \approx 4{,}7$ дм^3. Известно, что масса 1 моля воды равна $18 \cdot 10^{-3}$ кг. Эта масса воды занимает объем равный $V_в = 0{,}018$ дм^3. Значит, $V_{вп} >> V_в$.

Задача 5. В герметически закрытом сосуде находится влажный воздух при температуре $t = 87°\,\text{C}$. Давление влажного воздуха равно $P_1 = 60$ кПа, а влажность $\varphi_1 = 40\%$. Каким стало давление после того, как в сосуд налили $m = 20$ г воды? Давление насыщенного пара при $87°\,\text{C}$ составляет $p_н = 60$ кПа. Объемом воды пренебречь.

Решение. Выдвинем гипотезу, что вся вода испарится. Общее давление газовой смеси в сосуде равно $p_1 = p_в + p_{п1}$, где $p_в$ парциальное давление сухого воздуха и $p_{п1}$ парциальное давление пара. $p_{п1} = \varphi_1 p_н = 24$ кПа. $p_в = p_1 - p_{п1} = 36$ кПа.

Вычислим, какое дополнительное давление создавалось бы, если бы вся вода испарилась:

$$\Delta p = \frac{mRT}{\mu V} = 40\ \text{кПа}.$$

В этом случае парциальное давление пара было бы равно 24 кПа +

+ 40 кПа = 64 кПа. Это значение больше давления насыщенного пара (60 кПа). *Наша гипотеза неверна*.

Значит, в сосуде будут вода и насыщенный пар. Давление в сосуде

$$p_2 = p_в + p_н = 60\ кПа + 36\ кПа = 96\ кПа.$$

Задача 6. В сосуд, заполненный воздухом при давлении $p_0 = 1$ атм при температуре $t_0 = -23°$ С ($T = 250$К), поместили маленькую льдинку, после чего его герметически закрыли. Затем сосуд нагрели до температуры $t_1 = 227°$ С ($T = 500$К). После этого давление в сосуде повысилось до $p_1 = 3$ атм. Каково состояние пара (насыщенное или не насыщенное) в сосуде после его охлаждения до температуры $t_2 = 100°$ С?

Решение. Выдвинем две гипотезы:

1. Пар в сосуде становится насыщенным после нагревания.

2. После охлаждения пара он переходит в насыщенное состояние.

В начале процесса давление пара ничтожно мало. Поэтому все начальное давление P_0 создает только сухой воздух. После увеличения абсолютной температуры в 2 раза давление сухого воздуха увеличится в два раза и станет $p_{в1}$=2 атм. Значит, парциальное давление пара составит $p_{п1} = p_1 - p_{в1} = 1$ атм. Давление насыщенного пара при 100° С равно 1 атм. Значит, при 227° С давление пара гораздо больше и значит, после нагревания в сосуде воды не будет и пар становится не насыщенным. *Не выполнена первая гипотеза.*

Не выполняется вторая гипотеза. Пар останется ненасыщенным и после охлаждения сосуда до 100° С, поскольку его давление станет меньше $P_н = 1$ атм. Конечное давление пара найдем из условия изохорного охлаждения:

$$p_{п2} = p_{п1}\frac{T_2}{T_1} = 1\ атм \cdot \frac{273К}{500К} = 0{,}746\ атм.$$

Значит, после охлаждения пара в сосуде он остается в ненасыщенном состоянии. Из последнего уравнения находим, что относительная влажность воздуха 74,6%.

Литература

1. Баканина Л.П., Белончукин В.Е., Козел С.М., Мазанько И.П. Сборник задач по физике. М.: Изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1983. - 288 с.

ЮМОР

— Чем ты занимаешься?

— Преобразованием потенциальной энергии в кинетическую!

— Это как?

— Лежу на диване, дергаю ножкой.