



Алгоритм успеха

Л.С. Хижнякова

А.А. Синявина

Физика

8 класс

Учебник
для учащихся
общеобразовательных
организаций

Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации

2-е издание, переработанное



Москва
Издательский центр
«Вентана-Граф»
2016

ББК 22.3я721
Х43

Учебник включён в федеральный перечень

Хижнякова Л.С.

Х43 Физика : 8 класс : учебник для учащихся общеобразовательных организаций / Л.С. Хижнякова, А.А. Синявина. — 2-е изд., перераб. — М. : Вентана-Граф, 2016. — 224 с. : ил.
ISBN 978-5-360-07838-8

Учебник вместе с рабочими тетрадями, тетрадь для лабораторных работ и методическим пособием для учителей входит в учебно-методический комплект по физике для 8 класса. Комплект является частью системы «Алгоритм успеха».

Соответствует федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования (2010 г.).

ББК 22.3я721

ISBN 978-5-360-07838-8

© Хижнякова Л.С., Синявина А.А., 2011
© Издательский центр «Вентана-Граф», 2011
© Хижнякова Л.С., Синявина А.А., 2013,
с изменениями
© Издательский центр «Вентана-Граф», 2013,
с изменениями

Введение

В 7 классе вы начали знакомиться с наукой о природе – физикой, её методами, законами, понятиями. Мы рассмотрели основы механики Ньютона, гидро- и аэростатики. Курс физики 8 класса включает изучение новых для вас разделов физики – термодинамики и молекулярной физики, электродинамики.

Термодинамика (от греч. *terme* – «теплота» и *dynamis* – «сила») изучает системы, состоящие из множества частиц, которые могут взаимодействовать между собой и с другими телами, обмениваясь с ними энергией. Основу термодинамики составляют законы, которые являются обобщением многочисленных наблюдений и экспериментов, относящихся к превращениям одних видов энергии в другие. При этом термодинамика не интересуется внутренней структурой системы. Такой метод изучения систем называют *термодинамическим*. Для него характерно использование физических величин, относящихся к системе в целом.

Молекулярная физика изучает физические свойства тел в различных агрегатных состояниях на основе рассмотрения их микроскопического (молекулярного) строения. Молекулярно-кинетическая теория исследует свойства газов на основе представлений об их молекулярном строении и рассматривает движение не отдельных молекул, а огромной совокупности частиц. Такой метод изучения систем называют *статистическим*.

Электродинамика – это теория электромагнитного поля, благодаря которому осуществляется взаимодействие между электрическими зарядами. Знакомство с этим разделом физики вы начнёте с рассмотрения электрических взаимодействий между неподвижными электрическими зарядами и электрического тока – направленного движения электрических зарядов.

Вы узнаете о многих важнейших исследованиях, благодаря которым развивалась физика, об учёных, открывших фундаментальные законы природы, изучите различные тепловые и электрические явления и пополните свои знания об окружающем мире.

Желаем удачи!

Термодинамическая система состоит из большого числа структурных частиц (атомов, молекул). Простейшей термодинамической системой можно считать газ в сосуде. Её состояние характеризуется такими макроскопическими параметрами (величинами), как температура, объём, давление, масса. Связи между параметрами этой термодинамической системы устанавливают газовые законы.

§ 1. Термодинамическая равновесная система. Температурная шкала Цельсия

Термодинамическая система может находиться в различных состояниях, отличающихся температурой, давлением, объёмом.

Поместим в сосуд с холодной водой термометр. Вода, сосуд и термометр образуют систему тел. Предположим, что она изолирована от окружающей среды. Будем наблюдать изменение показаний термометра. Через некоторый промежуток времени можно увидеть, что показания термометра перестают изменяться.

Система через достаточный промежуток времени самопроизвольно приходит в состояние, называемое *термодинамическим (тепловым) равновесием*. Термин «равновесие» заимствован из механики и означает, что все тела термодинамической системы имеют одинаковую *температуру* (от лат. *temperature* — «нормальное состояние»). В состоянии термодинамического равновесия параметры системы не меняются. Температура системы остаётся постоянной в любой её точке. Также остаётся постоянным и объём тел.

Будем подогревать воду в сосуде. Температура воды при этом повышается. Система переходит в другое состояние.

Явление перехода термодинамической системы из одного состояния в другое принято называть *процессом*. Предполагается, что при этом параметры системы меняются так медленно, что в любой момент времени её можно считать находящейся в состоянии теплового равновесия (в равновесном состоянии). В этом случае и сам процесс считается равновесным.

Равновесное состояние системы, равновесный процесс — идеализированные объекты термодинамики.

С температурой мы связываем представление о горячем и холодном. Так, о горячей печи в доме говорят, что она имеет высокую температуру (по сравнению с температурой воздуха). В то же время у кусочка льда по сравнению с температурой воздуха в комнате температура низкая. Это означает, что температура характеризует степень нагретости тел.

Температура — это физическая величина, которая характеризует состояние теплового равновесия системы тел: все тела системы, находящиеся в тепловом равновесии друг с другом, имеют одну и ту же температуру.

Существуют правила измерения температуры тел термометром. Его приводят в соприкосновение с телом, температуру которого необходимо измерить. При этом важно подождать некоторое время, чтобы в системе наступило термодинамическое равновесие. Затем по шкале прибора определяют значение температуры тела.

В большинстве стран используется температурная шкала, которую называют шкалой Цельсия. Предложил её шведский физик Андерс Цельсий (1701–1744). На этой шкале за нуль принимается температура таяния чистого льда при нормальном атмосферном давлении (101 325 Па). Температуре кипения дистиллированной (очищенной от примесей) воды при нормальном атмосферном давлении приписывается значение 100. Шкала делится на 100 равных частей, называемых градусами.

За единицу температуры принят $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ — один градус Цельсия. Он составляет одну сотую часть температурного интервала между температурой таяния льда и температурой кипения дистиллированной воды



А. Цельсий

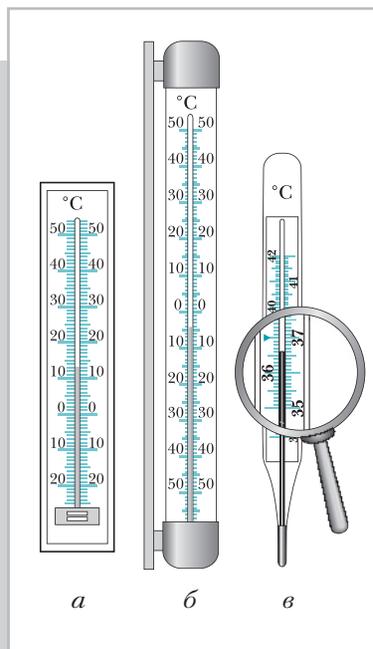


Рис. 1

при нормальном атмосферном давлении. По шкале Цельсия температура обозначается буквой t .

Действие многих приборов для измерения температуры основано на явлении теплового расширения тел. Исторически сложилось так, что для изготовления термометров используют ртуть или спирт (рис. 1). Известным вам медицинским термометром можно измерять температуру от 35 до 42 °С (рис. 1, в). Существуют ртутные термометры, с помощью которых можно измерять температуру в широком диапазоне температур: от –35 до 110 °С и выше. В термометрах, используемых, например, для измерения температуры воздуха в комнате (рис. 1, а), на улице (рис. 1, б), применяется спирт.

Знакомство с техническими объектами

■ На рис. 1, б изображён термометр для измерения температуры воздуха на улице. Определите:

- нижний и верхний пределы шкалы прибора;
- цену деления шкалы;
- показание прибора с учётом максимальной абсолютной погрешности, если абсолютная инструментальная погрешность составляет ± 1 °С.

Вопросы

- Газ в закрытом сосуде находится в равновесном состоянии. Назовите параметры, характеризующие состояние газа.
- Все тела системы находятся друг с другом в тепловом равновесии. Какова их температура (одинакова или различна)?
- Что характеризует температура?
- Назовите основные правила измерения температуры тел термометром.
- Какие точки приняты в качестве основных на шкале Цельсия?
- Что принимают за единицу температуры по шкале Цельсия?
- На каком явлении основано действие термометра?

Задания и упражнения

- Термодинамическая система состоит из двух тел. Температура одного из тел t_1 . Чему равна температура другого тела, если система находится в состоянии термодинамического равновесия?
- Термодинамическая система находится в тепловом равновесии. Параметры состояния системы: температура 50 °С, давление 10^5 Па. Чему будут равны эти же параметры состояния системы через некоторый промежуток времени, если внешние условия не изменились?

3. Газ в закрытом сосуде находится в состоянии теплового равновесия. Температура газа в верхней части сосуда t . Чему равна температура газа в нижней части сосуда?
4. В медицинском термометре в качестве термометрической жидкости используется ртуть. Почему стеклянная колба с ртутью имеет очень тонкие стенки?
5. Ученик измерил лабораторным термометром температуру воды в стакане. Измерение он начал сразу после того, как опустил термометр в стакан. Какое правило измерения температуры нарушил ученик?
6. Поставив медицинский термометр больному, врач смотрит показания термометра не раньше чем через 5–7 мин. Назовите состояние, в которое должны прийти за это время тела системы: человек, ртуть в медицинском термометре, медицинский термометр в целом.

§ 2. Изотермический процесс. Закон Бойля — Мариотта

В XVII в. английский физик Роберт Бойль (1627–1691) и французский физик Эдм Мариотт (1620–1684) независимо друг от друга экспериментально исследовали термодинамическую систему — газ в закрытом сосуде. При этом масса газа и его температура оставались неизменными. Два других параметра — давление и объём — изменялись в процессе перехода системы из одного состояния в другое.

Рассмотрим аналогичный опыт с прибором, изображённым на рис. 2. Герметический гофрированный сосуд (сильфон) соединён с манометром, регистрирующим давление газа внутри сосуда. При вращении винта объём сосуда меняется. С помощью шкалы можно судить (в условных единицах) об объёме газа. Температура газа в сосуде равна температуре окружающего воздуха. Измерим давление p с помощью манометра и объём газа V по шкале в условных единицах.

Изменим состояние системы. Для этого медленным вращением винта уменьшим объём газа в 2 раза. Процесс изменения состояния газа можно считать равновесным. Мано-

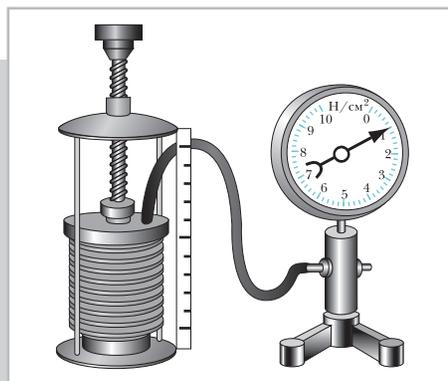


Рис. 2

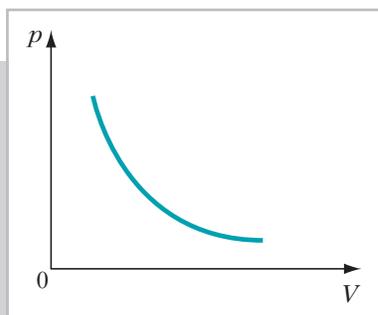


Рис. 3

метр покажет, что давление газа при этом увеличилось в 2 раза. Однако произведение давления газа на объём осталось прежним: $p \cdot V$. Количественная зависимость между давлением и объёмом газа при постоянном значении температуры носит название *закона Бойля — Мариотта*.

Для газа данной массы произведение давления газа на его объём постоянно, если температура газа не меняется.

Закон Бойля — Мариотта можно записать в следующем виде:

$$p \cdot V = \text{const}$$

при постоянной температуре и массе газа.

Таким образом, при постоянной температуре произведение давления p_1 газа на его объём V_1 в начальном состоянии 1 равно произведению давления p_2 газа на его объём V_2 в конечном состоянии 2:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2.$$

Как показывает опыт, этот закон справедлив для газов при небольших давлениях, в том числе для воздуха при атмосферном давлении, который является смесью газов. Газ, строго подчиняющийся закону Бойля — Мариотта, называется *идеальным газом*. Можно приближённо считать идеальным разреженный газ при комнатной температуре. При давлениях, в сотни раз больших атмосферного, наблюдаются существенные отклонения от этого закона. В этих случаях газ нельзя считать идеальным.

График зависимости давления газа от его объёма при постоянной температуре изображён на рис. 3. График представляет собой кривую линию, которая называется *изотермой* (от греч. *isos* — «равный», *termos* — «тёплый»). Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянной температуре называют *изотермическим*.

При изотермических процессах можно уменьшать объём газа, увеличивая его давление. Сжимаемость газов позволяет хранить их в баллонах.

Теоретическое исследование

■ На рис. 4, а, б изображены результаты исследования термодинамической системы — газа в сосуде — в виде двух графиков.

Как называется процесс изменения состояния термодинамической системы?

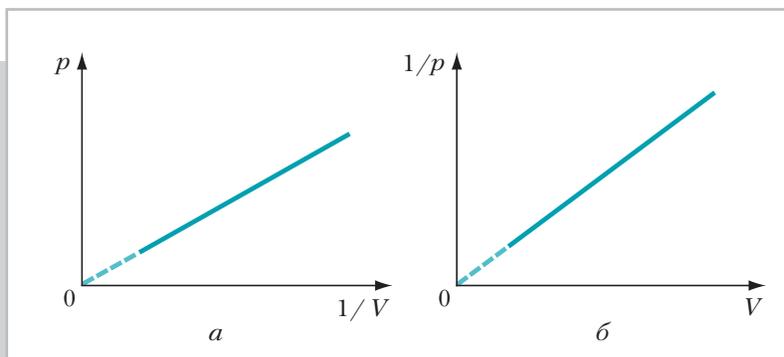


Рис. 4

Вопросы

1. Между какими параметрами термодинамической системы устанавливает связь закон Бойля — Мариотта?
2. Назовите основные части экспериментальной установки, с помощью которой можно убедиться в справедливости закона Бойля — Мариотта.
3. Какой газ в термодинамике можно считать идеальным?
4. Как называется график зависимости давления газа от его объёма при постоянной температуре (см. рис. 3)?
5. Температура газа в гофрированном сосуде (см. рис. 2) постоянна. Почему показание термометра, находящегося в комнате, можно принять за температуру газа в гофрированном сосуде?

Задания и упражнения

1. Как изменится давление воздуха в цилиндре (рис. 5), если поршень переместили на $l/4$ вправо? Процесс считать изотермическим.
2. Объём газа $V = 0,1 \text{ м}^3$, давление $p = 10^5 \text{ Па}$. При изотермическом процессе происходит увеличение объёма газа. Постройте график зависимости давления от объёма газа.
3. При изотермическом увеличении в 3 раза давления газа его объём уменьшился на 60 мл. Найдите первоначальный объём газа в мл.

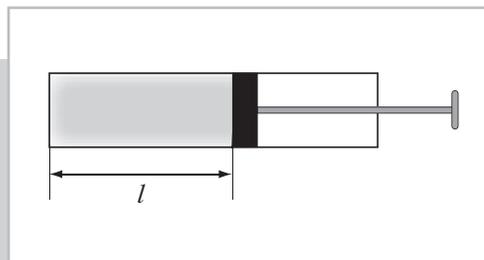


Рис. 5

4. В таблице представлены результаты измерений давления газа и его объёма в сиффоне (см. рис. 2) при изотермическом процессе. Давление газа и его объём выражены в условных единицах.

Объём газа, V	Давление газа, p
7,5	1
7	
	1,15
6	1,25
8	

Найдите пропущенные значения и запишите их в таблицу.

§ 3. Изобарный процесс

В начале XIX в. французский физик Жозеф Гей-Люссак (1778–1850) экспериментально исследовал зависимость объёма газа, находящегося в сосуде при постоянном давлении, от температуры.

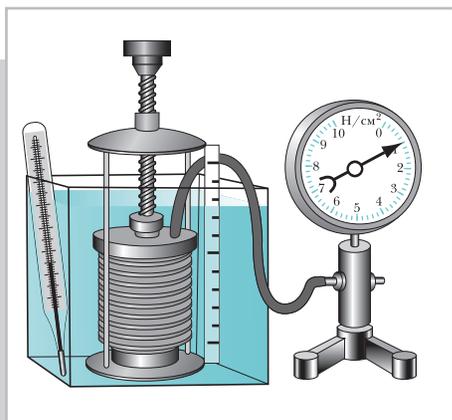


Рис. 6

На рис. 6 изображена установка, с помощью которой можно наблюдать увеличение объёма газа в гофрированном сосуде с повышением температуры газа. Сначала поместим гофрированный сосуд в банку с водой, где плавают кусочки льда. Воздух в сосуде охлаждается до 0°C . Вращая винт, устанавливаем давление воздуха в сосуде, равное атмосферному. Объём воздуха в этом состоянии обозначим через V_0 . Повысим температуру воды и нагреем газ на Δt . Чтобы давление в сосуде не менялось и оставалось равным атмосферному, будем с помощью вин-

та менять объём сосуда. В результате нагревания газа его объём в гофрированном сосуде увеличился по сравнению с первоначальным на ΔV . Измерения объёма и температуры показывают, что объём газа при постоянном давлении линейно зависит от температуры (рис. 6, а). Графиком этой зависимости является прямая (рис. 7), которую называют *изобарой* (от греч. *isos* — «равный» и *baros* — «давление»). Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном давлении называется *изобарным*.

Изобара графически выражает закон Гей-Люссака.

Различным давлениям одного и того же газа соответствуют разные изобары. На рис. 8 изображены две изобары для идеального газа при постоянных давлениях p_1 и p_2 . При этом температура газа изменяется от 0°C до t_1 . Продолжим графики пунктирными линиями до пересечения с осью температур. Они пересекутся в одной точке А. По шкале Цельсия этой точке соответствует температура, равная примерно -273°C *

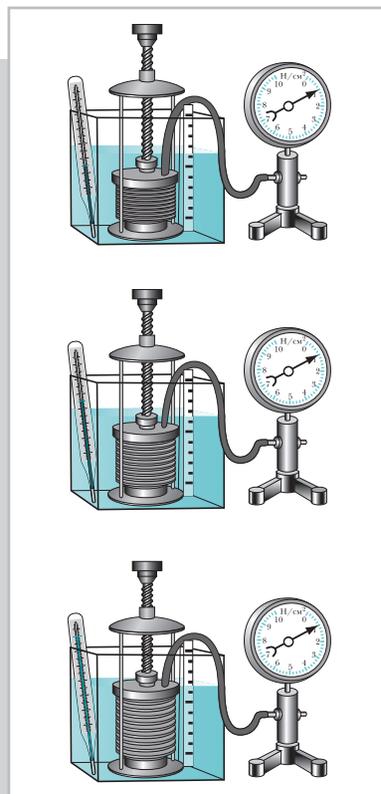


Рис. 6, а

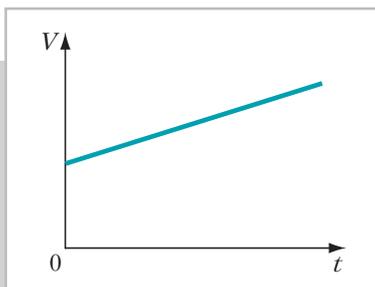


Рис. 7

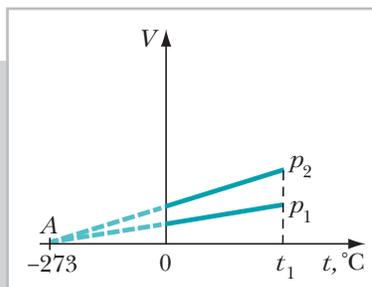


Рис. 8

* Более точное значение температуры, соответствующее точке А, равно $-273,15^\circ\text{C}$.

Теоретическое исследование

- На рис. 8 изображены графические зависимости объёма идеального газа от его температуры при различных давлениях p_1 и p_2 в сосуде. Объясните, используя закон Бойля – Мариотта, какому из графиков соответствует большее давление газа.

Вопросы

1. Между какими параметрами термодинамической системы устанавливается зависимость при постоянном давлении? Каков характер этой зависимости?
2. В цилиндре под поршнем находится воздух. При нагревании воздуха поршень передвигается вверх. Как называется равновесный процесс изменения состояния газа?
3. Измерение каких физических величин проводится в опыте с установкой, изображённой на рис. 6?
4. Какой температуре по шкале Цельсия соответствует точка A графиков (см. рис. 8), в которой пересекаются продолжения прямых линий?

Пример решения задачи

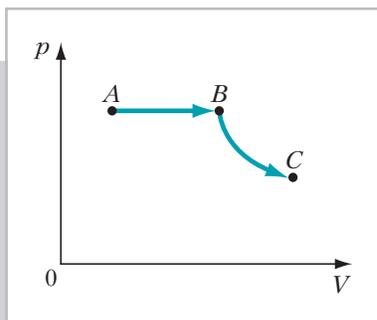


Рис. 9

На рис. 9 представлен график процесса перехода системы из состояния A через состояние B в состояние C . Участок AB графика — прямая линия, BC — гипербола. Какие процессы происходят при переходе системы из A в B , из B в C ?

Решение. Стрелками показано направление процессов. Участок AB графика соответствует изобарному процессу, при котором давление не меняется. Переход системы из состояния B в состояние C сопровождается изменением объёма и давления при постоянной температуре (так как BC — гипербола). Процесс перехода из состояния B в состояние C — изотермический.

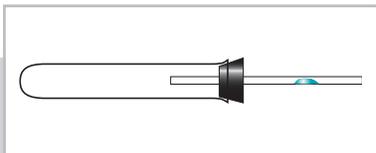


Рис. 10

Задания и упражнения

1. Пробирка закрыта пробкой со стеклянной трубкой, которую перекрывает капля подкрашенной жидкости (рис. 10). Если

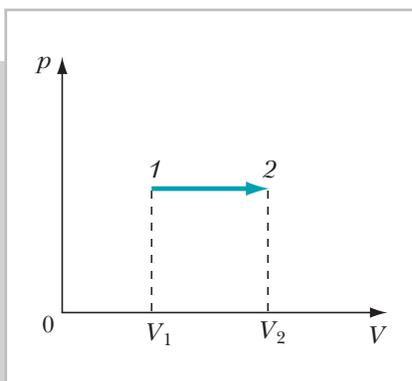


Рис. 11

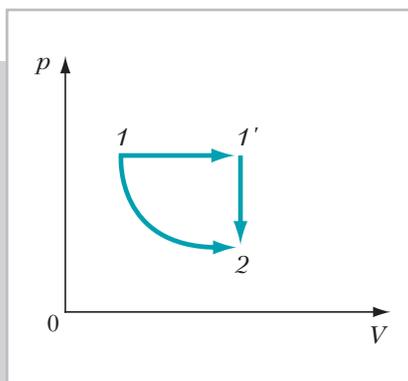


Рис. 12

пробирку нагревать, то капля переместится к открытому концу трубки. Какой процесс при этом происходит с воздухом в пробирке?

2. На рис. 11 изображён график зависимости давления от объёма для равновесного процесса. Какой процесс происходит при переходе термодинамической системы из состояния 1 в состояние 2?

3. Процессы перехода системы из состояния 1 в состояние 2 изображены графически на рис. 12. Участки 1–1', 1'–2 — прямые линии, участок 1–2 — гипербола. Назовите процессы, происходящие при переходе системы: а) из состояния 1 в 1'; б) из состояния 1 в 2.

§ 4. Изохорный процесс

В 1787 г. французский физик Жак Шарль (1746–1823) экспериментально исследовал зависимость давления газа от температуры при постоянном объёме.

Установку, с помощью которой можно наблюдать увеличение давления газа с повышением температуры (см. рис. 6), сначала помещают в холодную воду. Затем сосуд начинают медленно нагревать, чтобы процесс был равновесным. Объём газа оставляют тем же. Давление газа в гофрированном сосуде при этом увеличивается. Опыты показали, что давление газа при постоянном объёме линейно зависит от температуры. Графиком этой зависимости является прямая (рис. 13), которая называется *изохорой* (от греч. *isos* — «равный» и *horema* — «вместимость»). Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном объёме называют *изохорным*.

Изохора графически выражает *закон Шарля*.

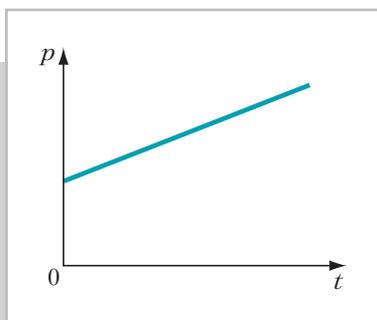


Рис. 13

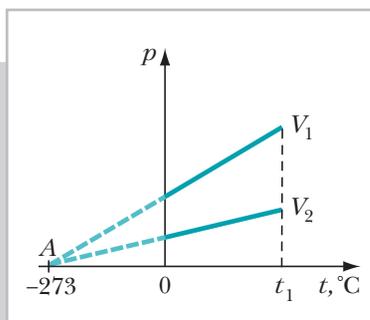


Рис. 14

Различным объёмам газа соответствуют разные изохоры.

На рис. 14 изображены две изохоры для одного и того же идеального газа, заключённого в сосуды соответственно с объёмами V_1 и V_2 . При этом температура газа изменяется от $0\text{ }^\circ\text{C}$ до t_1 . Продолжим пунктирными линиями графики в область низких температур. Они пересекутся в одной точке A . По шкале Цельсия этой точке соответствует температура, примерно равная $-273\text{ }^\circ\text{C}$.

Знакомство с техническими объектами

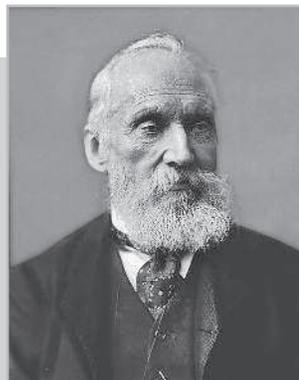
Температура спирали электрических ламп накаливания может достигать нескольких тысяч градусов по шкале Цельсия. Однако давление инертного газа внутри лампы при этом не превышает атмосферного. Назовите газовый закон, который необходимо учитывать при производстве электрических ламп накаливания.

Вопросы

1. Между какими параметрами термодинамической системы устанавливается зависимость при постоянном объёме? Каков характер этой зависимости?
2. В цилиндре под поршнем находится воздух. При нагревании воздуха его объём не меняется. Как называется процесс изменения состояния газа?
3. Какой температуре по шкале Цельсия соответствует точка A графиков (см. рис. 14), в которой пересекаются продолжения прямых линий?
4. Верхней изохоре (см. рис. 14) соответствует объём V_1 , нижней — объём V_2 . Объясните, почему V_1 меньше V_2 . Используйте закон Бойля — Мариотта.

§ 5. Термодинамическая шкала температур

В 1847 г. английский физик Уильям Томсон (1824–1907) предложил использовать шкалу, которую называют *термодинамической* или *абсолютной шкалой температур*. Она была получена теоретически на основе законов термодинамики. Иногда термодинамическую шкалу называют шкалой Кельвина в честь У. Томсона, получившего за научные заслуги титул лорда Кельвина. Температуру, измеренную по этой шкале, называют *абсолютной температурой* (обозначается буквой T). Нуль на абсолютной шкале назван абсолютным нулём температуры.



У. Томсон

Абсолютный нуль температуры по термодинамической шкале равен $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ или приблизительно $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. На рис. 15, *а* представлена зависимость объёма идеального газа при постоянном давлении от температуры по шкале Цельсия, а на рис. 15, *б* — от температуры по шкале Кельвина. Из рисунков видно, что если бы газ удалось охладить до температуры $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, то его объём стал бы равен нулю. Но этого произойти не может. Газы при сильном охлаждении превращаются в жидкости, а жидкости подчиняются другим закономерностям. При температуре ниже абсолютного нуля газ имел бы отрицательный объём, что, разумеется, лишено физического смысла. По термодинамической шкале температура всегда положительна. Абсолютный нуль температур — это предельная, самая низкая температура в природе, та «наибольшая или последняя степень холода», существование которой предсказал русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765).

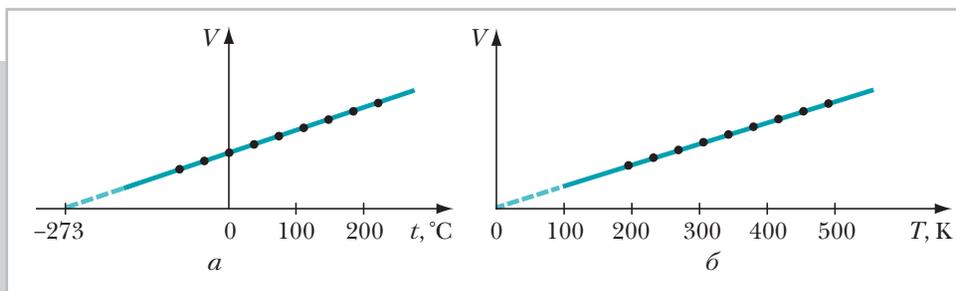


Рис. 15