

**Группа 14. Физика**

**Дата: 11.12.2021**

**Уроки № 56, 57, 58**

Тип урока: комбинированный урок

**Темы уроков:**

**Контрольная работа №4: «Основы молекулярно-кинетической теории»  
Температура и тепловое равновесие  
Определение температуры.**

***Задание:***

***Выполнить в тетради контрольную работу. Ознакомиться с текстом по теме урока. Написать в тетради краткий конспект. Ответить на контрольные вопросы.***

---

**План конспекта:**

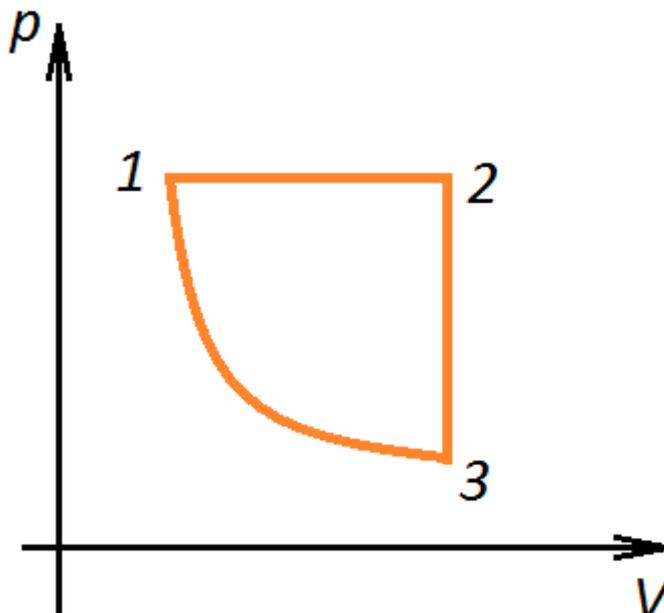
- 1. Контрольная работа**
- 2. Макроскопические параметры**
- 3. Холодные и горячие тела**
- 4. Тепловое равновесие**
- 5. Температура**
- 6. Измерение температуры**
- 7. Определение температуры**

---

**Контрольная работа «Основы молекулярно-кинетической теории»**

1. Каковы показания термометра по шкале Кельвина при температуре  $200^{\circ}\text{C}$ ?
2. Как изменится давление идеального газа при увеличении температуры и объема газа в 4 раза?
3. Определите, при какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода при нормальных условиях равна  $500\text{ м/с}$ .
4. Чему равна концентрация молекул кислорода, если давление его равно  $0,2\text{ МПа}$ , а средняя квадратичная скорость молекул составляет  $700\text{ м/с}$ ?
5. Объем пузырька газа, всплывающего на поверхность со дна озера, увеличился в 2 раза. Определить глубину озера. Температура воздуха на поверхности озера  $27^{\circ}\text{C}$ , а на его дне  $17^{\circ}\text{C}$ . Атмосферное давление нормальное.

6. Сосуд, содержащий 5 л воздуха при давлении 100 кПа, соединяют с пустым сосудом вместимостью 4,5 л. Какое давление установится в сосудах, если температура не меняется?



7. Назовите процессы, происходящие с газом и изобразите графики этих изопроцессов в координатах  $p, T$  и  $V, T$ .

---

### Температура и тепловое равновесие

*Что измеряют термометры?*

*Что означают слова: «Я измерил температуру тела»?*

*Что именно характеризует температура?*

**Макроскопические параметры.** Состояние макроскопических тел, в частности газов, и процессы изменения их состояний можно охарактеризовать немногим числом физических величин, относящихся не к отдельным молекулам, из которых состоят тела, а ко всем молекулам в целом. К числу таких величин относятся объём  $V$ , давление  $p$ , температура  $t$ .

Так, газ данной массы, находящийся в сосуде, всегда занимает объём этого сосуда и имеет определённые давление и температуру. Объём и давление представляют собой механические величины, которые помогают описывать состояние газа. Температура в механике не рассматривается, так как она характеризует внутреннее состояние тела.

#### Запомни

Величины, характеризующие состояние макроскопических тел без учёта их

молекулярного строения ( $V$ ,  $p$ ,  $t$ ), называют **макроскопическими параметрами**.

Однако макроскопические параметры не исчерпываются объёмом, давлением и температурой.

Например, для описания состояния смеси газов нужно ещё знать концентрации отдельных компонентов или их массы. Обычный атмосферный воздух представляет собой смесь газов.

**Холодные и горячие тела.** Центральное место во всём учении о тепловых явлениях занимает понятие *температура*. Все мы хорошо знаем различие между холодными и горячими телами. На ощупь мы определяем, какое тело нагрето сильнее, и говорим, что это тело имеет более высокую температуру. Таким образом,

**Важно**  
температура характеризует степень нагретости тела (холодное, тёплое, горячее).

Для её измерения был создан прибор, называемый *термометром*. Его устройство основано на свойстве тел изменять объём при нагревании или охлаждении.

**Тепловое равновесие.** Термометр никогда не покажет температуру тела сразу же после того, как он соприкоснулся с ним. Необходимо некоторое время для того, чтобы температуры тела и термометра стали равны и между телами установилось *тепловое равновесие*, при котором температура перестаёт изменяться.

Тепловое равновесие с течением времени устанавливается между любыми телами, имеющими различную температуру.



Бросьте в стакан с водой кусочек льда и закройте стакан плотной крышкой. Лёд начнёт плавиться, а вода охлаждаться. Когда лёд растает, вода начнёт нагреваться. Измерьте несколько раз температуру воздуха и температуру воды в стакане. Когда закончится изменение состояния воды в стакане?



Обсудите с одноклассником следующий вопрос: «Зачем в данном опыте нужно закрывать стакан крышкой?»

Из простых наблюдений можно сделать вывод о существовании очень важного общего свойства тепловых явлений.

**Важно**  
Любое макроскопическое тело или группа макроскопических тел при неизменных внешних условиях самопроизвольно переходит в состояние теплового равновесия.

**Запомни**  
**Тепловым равновесием** называют такое состояние тел, при котором температура во всех точках системы одинакова.

Но микроскопические процессы внутри тела не прекращаются и при тепловом равновесии: меняются положения молекул, их скорости при столкновениях.

**Температура.** Система макроскопических тел может находиться в различных состояниях. В каждом из этих состояний температура имеет своё строго определённое значение. Другие физические величины в состоянии теплового равновесия системы могут иметь разные значения, которые с течением времени не меняются. Так, например, объёмы различных частей системы и давления внутри их при наличии твёрдых перегородок могут быть разными. Если вы внесёте с улицы мяч, наполненный сжатым воздухом, то спустя некоторое время температура воздуха в мяче и температура в комнате выравняются. Давление же воздуха в мяче всё равно будет больше, чем в комнате.

**Важно**

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

При одинаковых температурах двух тел между ними не происходит теплообмена. Если же температуры тел различны, то при установлении между ними теплового контакта будет происходить обмен энергией. При этом опыт учит, что тело с большей температурой будет отдавать энергию телу с меньшей температурой. Разность температур тел указывает направление теплообмена между ними — от более нагретого тела к менее нагретому.

**Измерение температуры. Термометры.** Для измерения температуры можно воспользоваться изменением любой макроскопической величины в зависимости от температуры: объёма, давления, электрического сопротивления и т. д.

Чаще всего на практике используют зависимость объёма жидкости (ртути или спирта) от температуры. При градуировке термометра обычно за начало отсчёта (0) принимают температуру таящего льда; второй постоянной точкой (100) считают температуру кипения воды при нормальном атмосферном давлении (шкала Цельсия). Шкалу между точками 0 и 100 делят на 100 равных частей, называемых градусами (рис. 9.3). Перемещение столбика жидкости на одно деление соответствует изменению температуры на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Рис. 9.3



**ИНТЕРЕСНО**

В 1742 г. А. Цельсий опубликовал работу с описанием стоградусной шкалы термометра, в которой температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении была принята за  $0^{\circ}$ , а температура таяния льда — за  $100^{\circ}$ . Позже шведский биолог К. Линней «перевернул» эту шкалу, приняв за  $0^{\circ}$  температуру таяния льда. Этой шкалой мы пользуемся до сих пор, называя её шкалой Цельсия.

Так как различные жидкости расширяются при нагревании неодинаково, то установленная таким образом шкала будет зависеть от свойств данной жидкости и расстояния на шкале между 0 и  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  будут различны. Поэтому градусы (расстояние между двумя соседними отметками) спиртового и ртутного термометров будут разными.



Наполните частично узкий сосуд подсолнечным маслом и отметьте верхний уровень масла. Измерьте термометром температуру воздуха. Затем поместите сосуд в горячую воду и снова отметьте верхний уровень масла. Измерьте температуру воды тем же термометром. Затем наполните этот же сосуд другой жидкостью и проведите аналогичные измерения. Сравните расстояния между отметками на сосуде в двух опытах. Сделайте вывод.

Какое же вещество выбрать для того, чтобы избавиться от этой зависимости?

#### Важно

Было замечено, что в отличие от жидкостей все разреженные газы — водород, гелий, кислород — расширяются при нагревании одинаково и одинаково меняют своё давление при изменении температуры.

По этой причине в физике для установления рациональной температурной шкалы используют изменение давления определённого количества разреженного газа при постоянном объёме или изменение объёма газа при постоянном давлении. Такую шкалу иногда называют *идеальной газовой шкалой температур*.

#### ИНТЕРЕСНО

При установлении идеальной газовой шкалы температур удаётся избавиться ещё от одного существенного недостатка шкалы Цельсия — произвольности выбора начала отсчёта, т. е. нулевой температуры.

**Определение температуры.** Можно, следовательно, утверждать, что величина  $\Theta$  растёт с повышением температуры. Более того,  $\Theta$  ни от чего, кроме температуры, не зависит. Ведь для идеальных газов  $\Theta$  не зависит ни от рода газа, ни от его объёма или давления, а также от числа частиц в сосуде. Этот опытный факт позволяет рассматривать величину  $\Theta$  как естественную меру температуры, как параметр газа, определяемый через другие макроскопические параметры газа. В принципе можно было бы считать температурой и саму величину  $\Theta$  и измерять температуру в энергетических единицах — джоулях. Однако, во-первых, это неудобно для практического использования (температуре  $100\text{ }^\circ\text{C}$  соответствовало бы очень малое значение — порядка  $10^{-21}$  Дж), а во-вторых, и это главное, уже давно

#### Важно

температуру принято выражать в градусах.

Абсолютная температура.

Вместо температуры  $\Theta$ , выражаемой в энергетических единицах, введём температуру, выражаемую в привычных для нас градусах.

Будем считать величину  $\Theta$  прямо пропорциональной температуре  $T$ , измеряемой в градусах:

$$\Theta = kT, \quad (9.12)$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности.

**Запомни**

Определяемая равенством (9.12) температура называется **абсолютной**.

Такое название, как мы сейчас увидим, имеет достаточные основания. Учитывая определение (9.12), получим

$$\frac{pV}{N} = kT. \quad (9.13)$$

По этой формуле вводится температурная шкала (в градусах), не зависящая от вещества, используемого для измерения температуры.

Температура, определяемая формулой (9.13), очевидно, не может быть отрицательной, так как все величины, стоящие в левой части этой формулы, заведомо положительны. Следовательно, наименьшим возможным значением температуры  $T$  является значение  $T = 0$ , если давление  $p$  или объём  $V$  равны нулю.

**Запомни**

Предельную температуру, при которой давление идеального газа обращается в нуль при фиксированном объёме или при которой объём идеального газа стремится к нулю при неизменном давлении, называют **абсолютным нулём температуры**.

Это самая низкая температура в природе, та «наибольшая или последняя степень холода», существование которой предсказывал Ломоносов.

Английский учёный У. Томсон (лорд Кельвин) (1824—1907) ввёл абсолютную шкалу температур. Нулевая температура по абсолютной шкале (её называют также *шкалой Кельвина*) соответствует абсолютному нулю, а каждая единица температуры по этой шкале равна градусу по шкале Цельсия.

**Запомни**

Единица абсолютной температуры в СИ называется **кельвином** (обозначается буквой К).

---

### Контрольные вопросы:

1. Газ способен к неограниченному расширению. Почему существует атмосфера у Земли?
2. Чем пренебрегают, когда реальный газ рассматривают как идеальный?
3. Почему молекула при соударении со стенкой действует на неё с силой, пропорциональной скорости, а давление пропорционально квадрату скорости молекулы?

4. Как средняя кинетическая энергия молекул связана с концентрацией газа и его давлением на стенки сосуда?
  5. Каковы отличительные признаки состояний теплового равновесия?
  6. Как зависит интенсивность теплообмена между двумя телами от разности их температур?
- 

#### **Литература:**

Мякишев Г. Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. М., 2010. стр. 145-165, §64 упр. 1-5, 65 упр. 1-2