



*Власова Надежда Ивановна*  
*Учитель физики*  
*МКОУ Петропавловская СОШ*





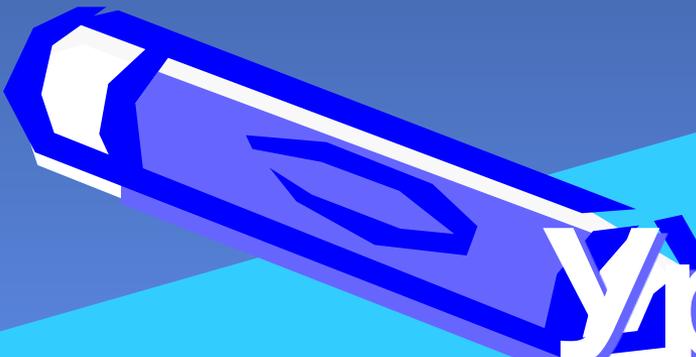
100 лет профкому  
ДМКД











**Уравнение  
состояния  
идеального  
газа**



# Цели урока:

- познакомиться с уравнением состояния идеального газа;
- записать это уравнение в классическом виде;
- рассмотреть следствия, вытекающие из уравнения состояния идеального газа;
- научиться использовать полученные уравнения при решении задач.

# Модель «Идеальный газ»

1. В любом макроскопическом объеме газа число молекул очень велико.
2. Размеры молекул пренебрежительно малы по сравнению с расстояниями между ними.
3. Между молекулами существуют силы взаимодействия- силы притяжения и силы отталкивания.
4. Все соударения молекул являются абсолютно упругими.
5. Молекулы взаимодействуют друг с другом или со стенкой сосуда только в момент соударения.
6. Значительная средняя потенциальная энергия взаимодействия препятствует изменению среднего расстояния между ними.
7. Молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.
8. К движению отдельной молекулы применимы законы механики Ньютона.
9. Частицы колеблются около положений равновесия, взаимодействуя с ближайшими соседями.



# Восстано ви

## формулу

$$U = \frac{3}{2} ? kT \quad ? = \frac{3}{2} kT \quad \overline{E_K} = \frac{m_0 \langle ? \rangle}{2}$$

$$v_T = \sqrt{\frac{3k?}{m_0}}$$

$$N = \frac{m}{?} N_A$$

# Проверьте знание

формул!

$$1 \quad U = \frac{3}{2} NkT$$

$$2 \quad \overline{E_k} = \frac{3}{2} kT$$

$$3 \quad \overline{E_K} = \frac{m_0 \langle v^2 \rangle}{2}$$

$$4 \quad v_T = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

$$5 \quad N = \frac{m}{M} N_A$$

1. Число частиц в любом теле

2. Зависимость внутренней энергии идеального газа от температуры

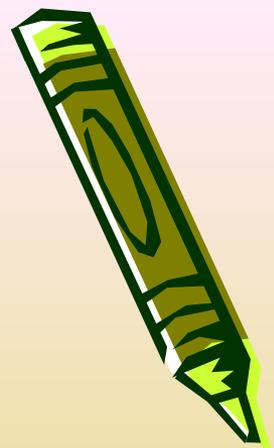
3. Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной частицы

4. Тепловая скорость движения молекулы

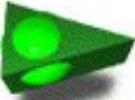
5. Средняя кинетическая энергия молекулы с массой  $m_0$

# Уравнение состояния вещества

Уравнение, выражающее связь между макроскопическими параметрами состояния вещества ( $p$ ,  $V$  и  $T$ ), называется уравнением состояния этого вещества.



# Уравнение состояния идеального газа

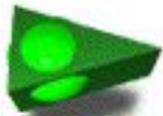

$$\frac{pV}{RT} = \frac{m}{M} \mu_A T$$

# Универсальная газовая постоянная - **R**


$$N_A k = R$$

$$R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$$

# Уравнение Менделеева-Клапейрона 1874



$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$$

# Дмитрий Иванович Менделеев (1834 – 1907)

Крупнейший  
химик мира,  
физик, педагог



ПЕРИ ОДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ															
	а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б	а VI б	а VII б	а	VIII	б						
1	<b>H</b> водород															<b>He</b> гелий
2	<b>Li</b> литий	<b>Be</b> бериллий	<b>B</b> бор	<b>C</b> углерод	<b>N</b> азот	<b>O</b> кислород	<b>F</b> фтор	<b>Ne</b> неон							<b>U</b> уран	
3	<b>Na</b> натрий	<b>Mg</b> магний	<b>Al</b> алюминий	<b>Si</b> кремний	<b>P</b> фосфор	<b>S</b> сера	<b>Cl</b> хлор	<b>Ar</b> аргон								
4	<b>K</b> калий	<b>Ca</b> кальций	<b>Sc</b> скандий	<b>Ti</b> титан	<b>V</b> ванадий	<b>Cr</b> хром	<b>Mn</b> марганец	<b>Fe</b> железо	<b>Co</b> кобальт	<b>Ni</b> никель						
5	<b>Cu</b> медь	<b>Zn</b> цинк	<b>Ga</b> галлий	<b>Ge</b> германий	<b>As</b> мышьяк	<b>Se</b> селен	<b>Br</b> бром	<b>Kr</b> криптон								
6	<b>Rb</b> рубидий	<b>Sr</b> стронций	<b>Y</b> иттрий	<b>Zr</b> цирконий	<b>Nb</b> ниобий	<b>Mo</b> молибден	<b>Tc</b> технеций	<b>Ru</b> рутений	<b>Rh</b> родий	<b>Pd</b> палладий						
7	<b>Ag</b> серебро	<b>Cd</b> кадмий	<b>In</b> индий	<b>Sn</b> олово	<b>Sb</b> сурьма	<b>Te</b> теллур	<b>I</b> йод	<b>Xe</b> ксенон								
8	<b>Cs</b> цезий	<b>Ba</b> барий	<b>La</b> лантан	<b>Hf</b> гафний	<b>Ta</b> тантал	<b>W</b> вольфрам	<b>Re</b> рений	<b>Os</b> осмий	<b>Ir</b> иридий	<b>Pt</b> платина						
9	<b>Au</b> золото	<b>Hg</b> ртуть	<b>Tl</b> таллий	<b>Pb</b> свинец	<b>Bi</b> висмут	<b>Po</b> полоний	<b>At</b> астат	<b>Rn</b> радон								
10	<b>Fr</b> франций	<b>Ra</b> радий	<b>Ac</b> актиний	<b>Ku</b> курчатовий	<b>Ns</b> нильсборгий											
* ЛАНТАНОИДЫ																
	<b>Ce</b> церий	<b>Pr</b> протактиний	<b>Nd</b> неодим	<b>Pm</b> прометий	<b>Sm</b> самарий	<b>Eu</b> европий	<b>Gd</b> гадолиний	<b>Th</b> торий	<b>Dy</b> диспрозий	<b>Ho</b> гольмий	<b>Er</b> эрбий	<b>Tm</b> тулий	<b>Yb</b> ytterбий	<b>Lu</b> лютеций		
* АКТИНОИДЫ																
	<b>Th</b> торий	<b>Pa</b> протактиний	<b>U</b> уран	<b>Np</b> нептуний	<b>Pu</b> плутоний	<b>Am</b> амерций	<b>Cm</b> куриум	<b>Bk</b> берклий	<b>Cf</b> кальфорний	<b>Es</b> эйнштейний	<b>Fm</b> фермий	<b>Md</b> менделеевий	<b>No</b> нобеллий	<b>Lr</b> лоуренсий		
<span style="color: red;">■</span> - s-элементы <span style="color: orange;">■</span> - d-элементы <span style="color: blue;">■</span> - f-элементы <span style="color: green;">■</span> - f-элементы																

# Закон Авогадро 1811



При одинаковых  
температурах и  
давлениях в равных  
объемах любых  
идеальных газов  
содержится  
одинаковое число  
молекул.

$$p = \frac{N}{V} kT$$

$$N = \frac{pV}{kT}$$



# Закон Дальтона

## 1801

---

Давление смеси химически не взаимодействующих идеальных газов равно сумме парциальных давлений этих газов.

$$\rightarrow p = p_1 + \dots + p_n$$

Парциальным называют давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при той же температуре.

---

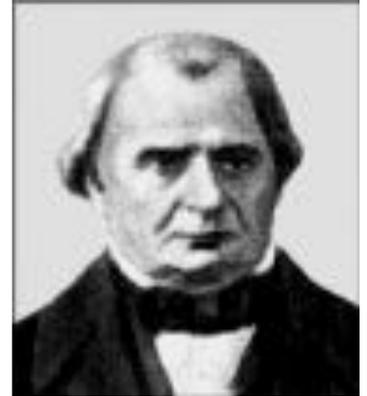
# Объединенный газовый закон 1824

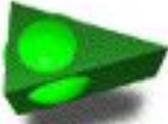



$$\frac{pV}{T} = \textit{const}$$

Отношение произведения давления и объема идеального газа к его абсолютной температуре есть величина постоянная для данной массы данного газа.

# Уравнение Клапейрона 1834




$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}$$

$p_0, V_0, T_0$  – параметры начального состояния газа,  
 $p, V, T$  - параметры конечного состояния газа

Во всем мне хочется дойти до  
самой сути...



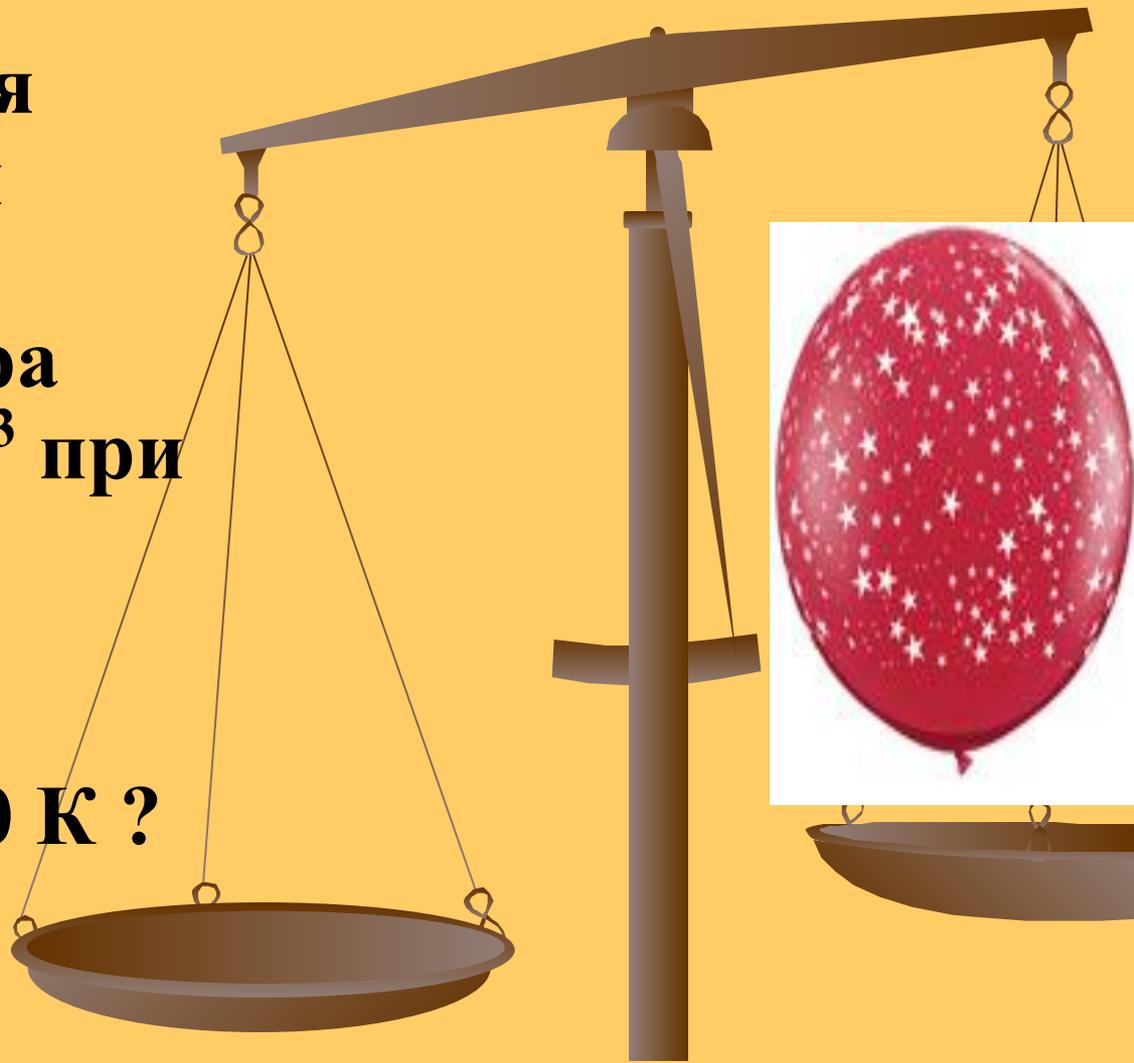
## Обратите внимание:

- Уравнение Менделеева - Клапейрона связывает между собой 5 физических величин, характеризующих состояние газа, -  $p$ ,  $V$ ,  $T$ ,  $m$ ,  $M$  – и позволяет по заданным четырем найти пятую величину.
- Уравнение Менделеева - Клапейрона и все его следствия с большой точностью можно применить к газам, находящимся в условиях, близких к нормальным ( $t = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ), а также к разреженным газам.
- Если плотность газа велика, а следовательно, взаимодействием молекул пренебречь нельзя, то модель идеального газа оказывается непригодной.
- Проверьте, все ли величины выражены в СИ:  
( $1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $1 \text{ мм рт. ст.} = 133 \text{ Па}$ ;  
 $0 \text{ } ^\circ\text{C} = 273 \text{ К}$ ; нормальное атмосферное давление:  
 $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ).

# Решить задачу:



Сколько гелия  
потребуется для  
наполнения  
воздушного шара  
емкостью  $500 \text{ м}^3$  при  
нормальном  
атмосферном  
давлении и  
температуре  $300 \text{ К}$  ?



Д а н о:

$$V = 500 \text{ м}^3$$

$$p = 10^5 \text{ Па}$$

$$T = 300 \text{ К}$$

$$M = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

$m$  - ?

Р е ш е н и е.

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$$

$$pVM = TmR$$

$$m = \frac{pVM}{TR}$$

$$m = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 500 \text{ м}^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ моль}}{300 \text{ К} \cdot 8 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})} = 83 \text{ кг}$$

Ответ:  $m = 83 \text{ кг}$



## Решить задачу:

Какова плотность сжатого воздуха при  $0^{\circ}\text{C}$  в камере шины автомобиля «Волга»? Давление  $0,17\text{ МПа}$ .



# Решение задачи:

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R \quad , \text{ где} \quad m = \rho V.$$

$$\frac{pV}{T} = \frac{\rho V}{M} R \quad pM = T\rho R$$

$$\frac{p}{T} = \frac{\rho}{M} R \quad \rho = \frac{pM}{RT}$$

2,17 кг/м<sup>3</sup>

# Домашнее задание:

- § 68
- Ответить на вопросы
- (на вопрос 2 – письме
- Упр. 13 (5) ,
- +Упр. 13 (6).

