

# ОСНОВЫ

*Молекулярно-Кинетической  
Теории*

# ОСНОВЫ

*Молекулярно-Кинетическая  
Теория*

*Представляет собой:  
Учение, объясняющее  
тепловые явления в  
зависимости от внутреннего  
строения вещества*

# ОСНОВЫ

*Молекулярно-кинетической теорией называют учение о строении и свойствах вещества на основе представления о существовании атомов и молекул как наименьших частиц химического вещества.*

# ОСНОВЫ

## *Молекулярно-Кинетическая Теория*

*Сформировалась в конце  
Девятнадцатого века*



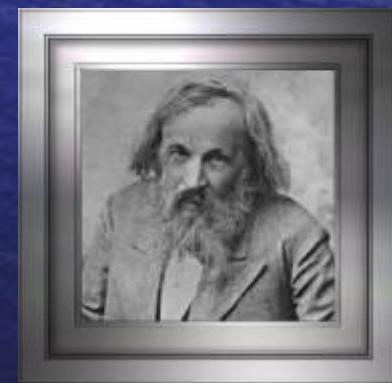
*Луи Гей-Люссак*



*Джон Дальтон*



*Роберт Бойль*



*Менделеев Д.И.*

# *Молекулярно-Кинетическая Теория*

*Основывается на следующих  
положениях:*

- + Вещество состоит из мелких частиц – атомов, молекул, ионов;*
- + Эти микрочастицы находятся в непрерывном хаотическом движении;*
- + Они все время взаимодействуют между собой.*

# Иными словами:

*В основе молекулярно-кинетической теории лежат три основных положения:*

*Все вещества – жидкие, твердые и газообразные – образованы из мельчайших частиц – молекул, которые сами состоят из атомов («элементарных молекул»). Молекулы химического вещества могут быть простыми и сложными и состоять из одного или нескольких атомов.*

*Молекулы и атомы представляют собой электрически нейтральные частицы.*

*При определенных условиях молекулы и атомы могут приобретать дополнительный электрический заряд и превращаться в положительные или отрицательные ионы.*

***Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.***

***Частицы взаимодействуют друг с другом силами, имеющими электрическую природу. Гравитационное взаимодействие между частицами пренебрежимо мало.***



**Простейшая кинетическая модель газа при этом базируется на предположении о том, что:**

- (1) Газ состоит из большого числа идентичных - одинаковых молекул, которые движутся случайным образом; на расстояниях, которые значительно больше в сравнении с размерами атомов или молекул.**
- (2) Молекулы могут сталкиваться друг с другом или со стенками сосуда, но без потери собственной энергии и без внутреннего взаимодействия.**
- (3) Передача кинетической энергии при соударении молекул приводит к изменению теплоты или внутренней энергии.**

**Наиболее ярким  
экспериментальным  
подтверждением представлений  
молекулярно-кинетической  
теории о беспорядочном  
движении атомов и молекул  
является броуновское движение.**



# Пример Броуновского движения.

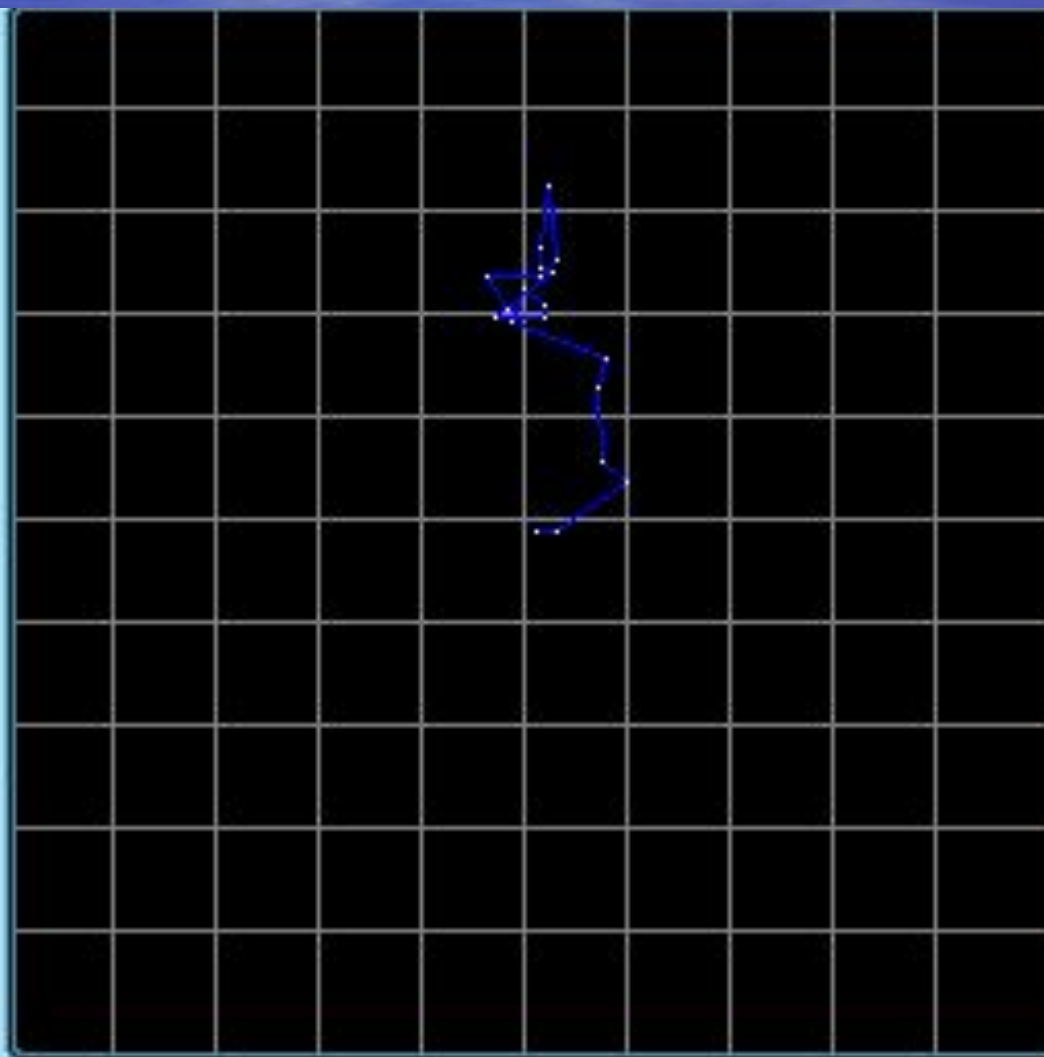


$$N = 18$$

$$r^2 = 1.10 \mu\text{m}^2$$

Сброс

Очистить



*Простейшей моделью молекулярно-кинетической теории является модель идеального газа.*

*В кинетической модели идеального газа молекулы рассматриваются как идеально упругие шарики, взаимодействующие между собой и со стенками только во время упругих столкновений.*

*Суммарный объем всех молекул предполагается малым по сравнению с объемом сосуда, в котором находится газ.*

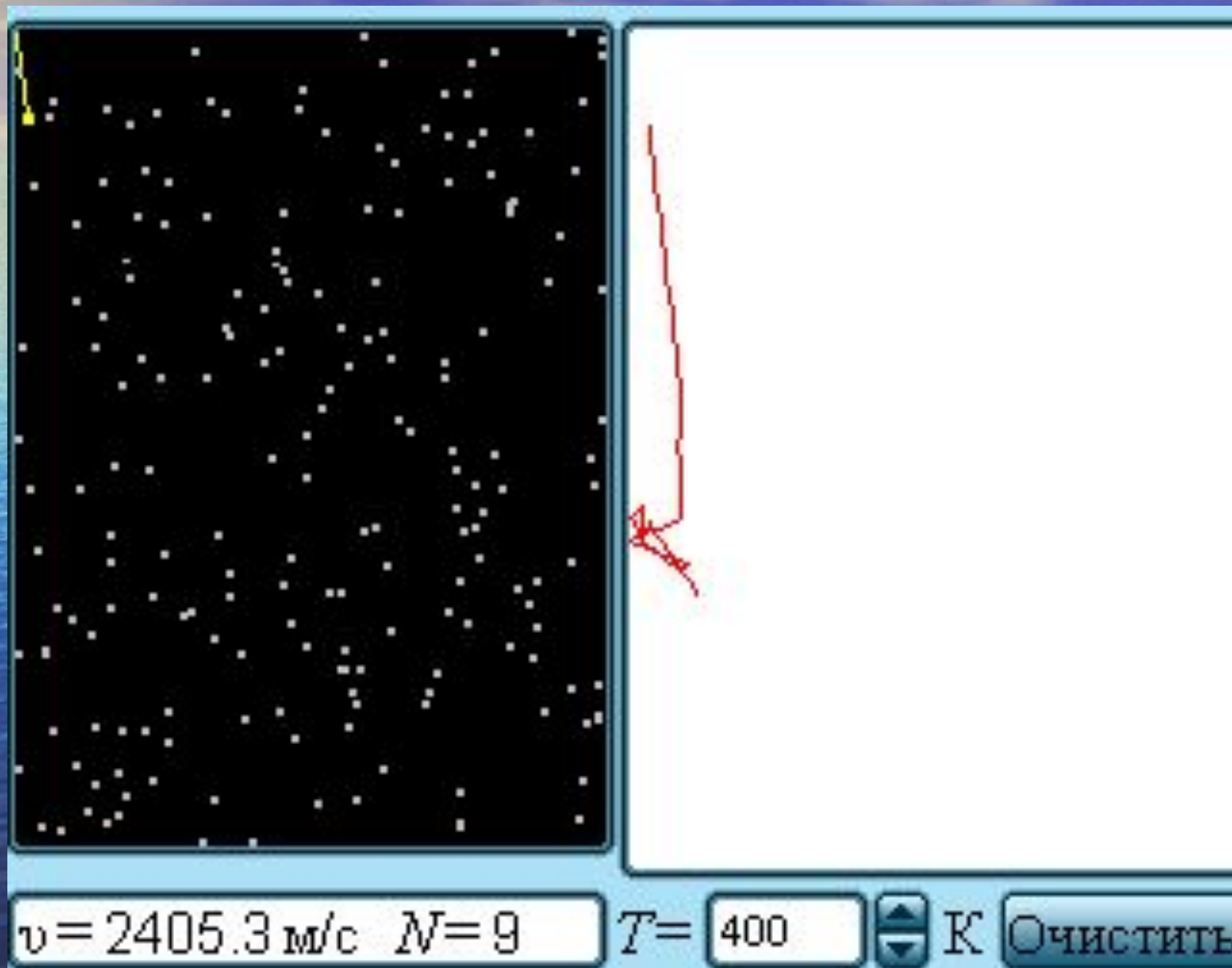
*Модель идеального газа достаточно хорошо описывает поведение реальных газов в широком диапазоне давлений и температур.*

*Задача молекулярно-кинетической теории состоит в том, чтобы установить связь между микроскопическими (масса, скорость, кинетическая энергия молекул) и макроскопическими параметрами (давление, газ, температура)..*

Идеальный газ представляет  
собой

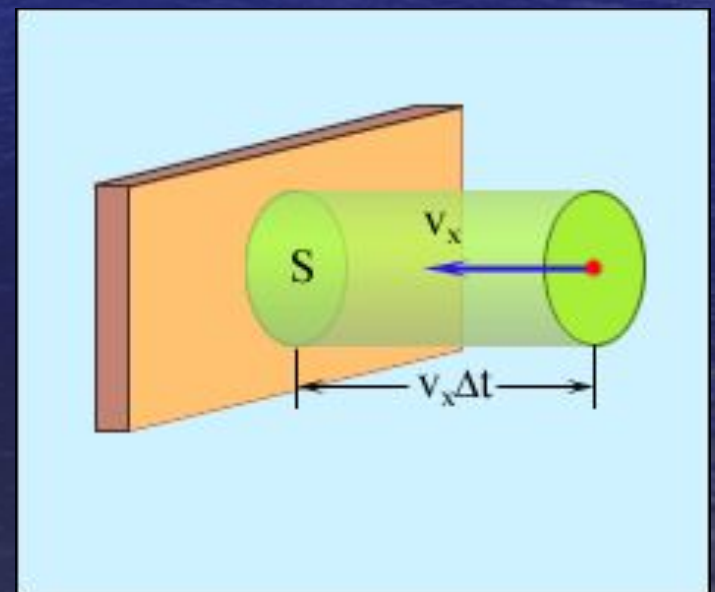
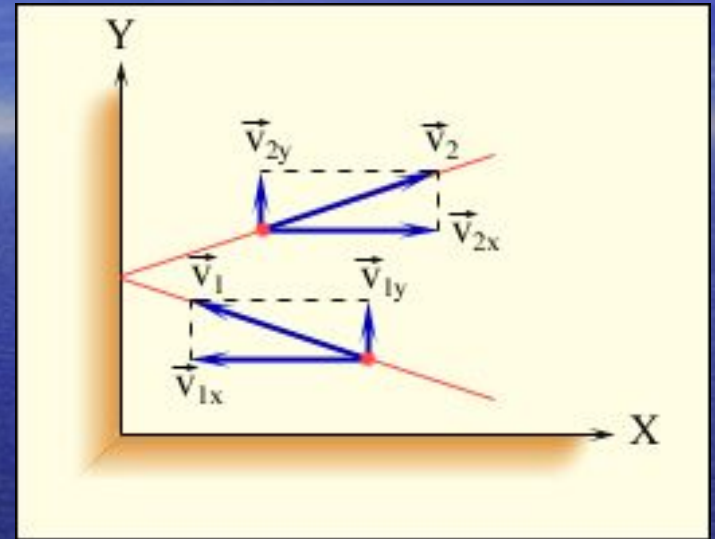
Газ с «идеальными» частицами и  
«идеальным» поведением.  
идеализированным отношением  
между  
Давлением,  
Объемом,  
Температурой.

# Кинетическая модель идеального газа





- Используя модель идеального газа, вычислим давление газа на стенку сосуда. В процессе взаимодействия молекулы со стенкой сосуда между ними возникают силы, подчиняющиеся третьему закону Ньютона. В результате проекция их скорости молекулы, перпендикулярная стенке, изменяет свой знак на противоположный, а проекция  $u_y$  скорости, параллельная стенке, остается неизменной



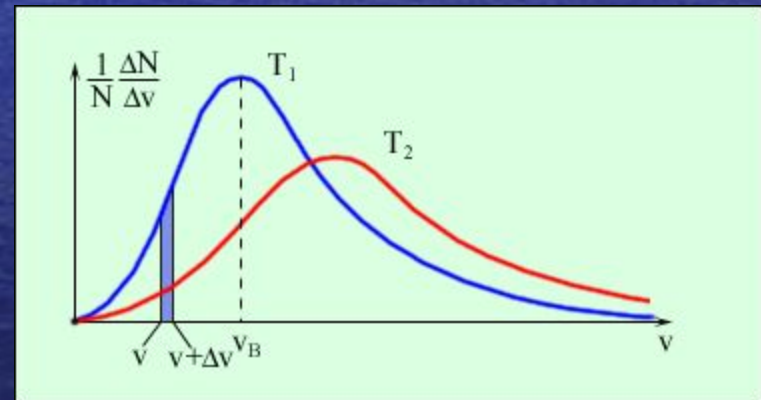
***В результате многочисленных соударений молекул газа между собой и со стенками в сосуде, содержащем большое число молекул, устанавливается некоторое статистическое распределение молекул по скоростям.***

*При этом все направления векторов скоростей молекул оказываются равноправными (равновероятными), а модули скоростей и их проекции на координатные оси подчиняются определенным закономерностям.*

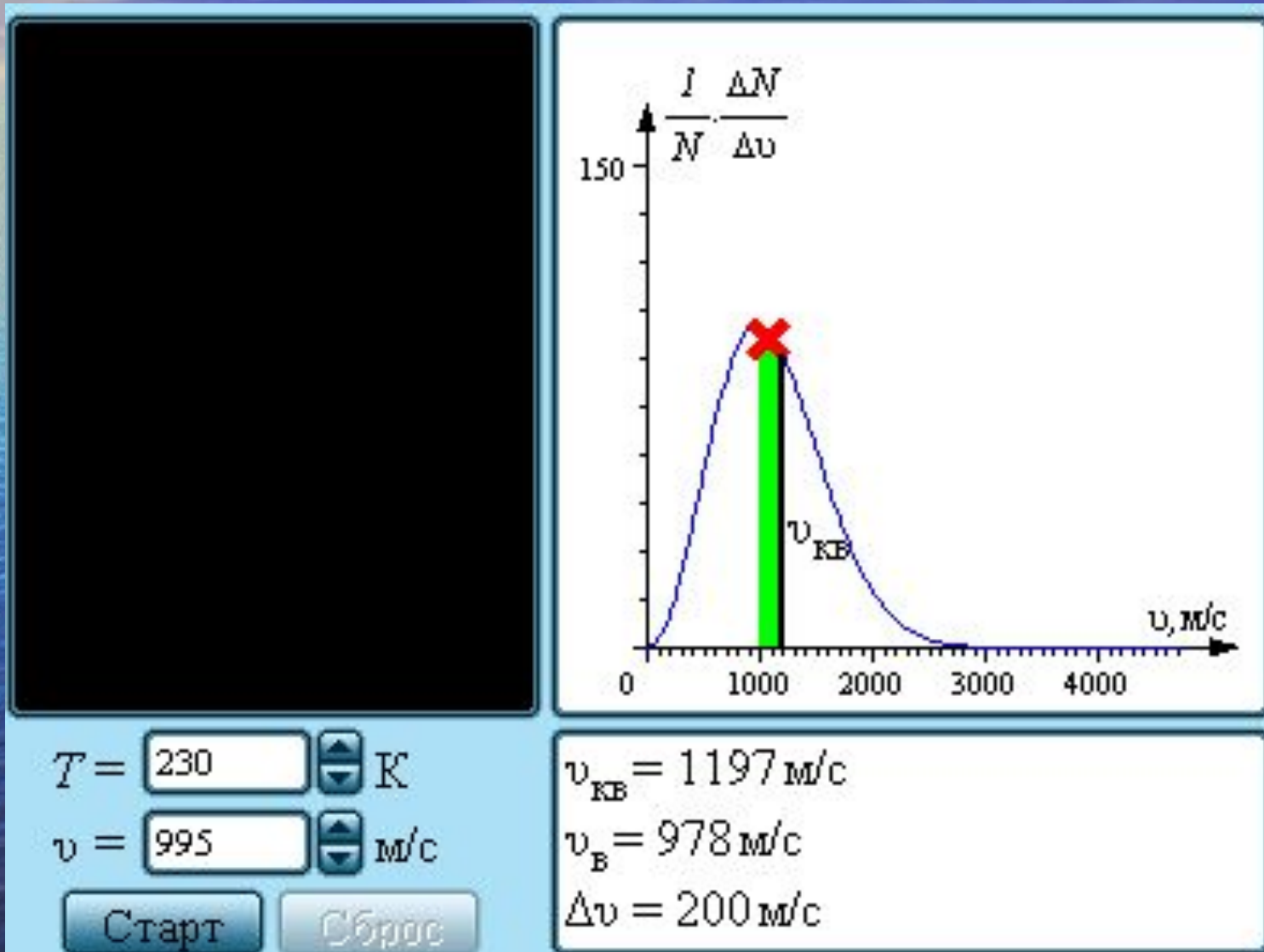
**Распределение молекул газа по модулю скоростей называется распределением Максвелла (1860 г.). Дж. Максвелл вывел закон распределения молекул газа по скоростям, исходя из основных положений молекулярно-кинетической теории.**

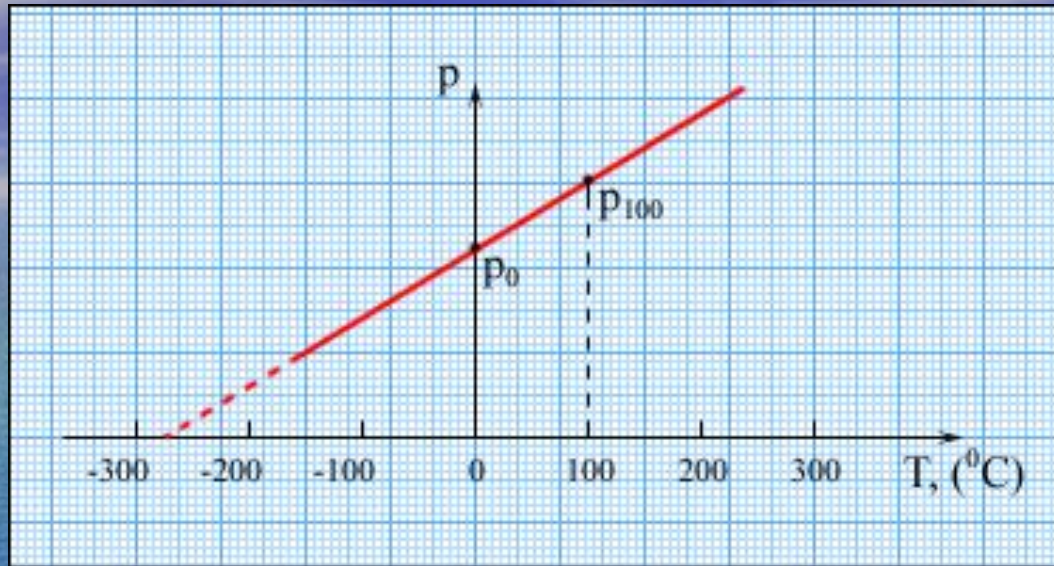
# Распределение Максвелла

*На рис. представлены типичные кривые распределения молекул по скоростям. По оси абсцисс отложен модуль скорости, а по оси ординат – относительное число молекул, скорости которых лежат в интервале от  $u$  до  $u + \Delta u$ . Это число равно площади выделенного на рис. столбика.*

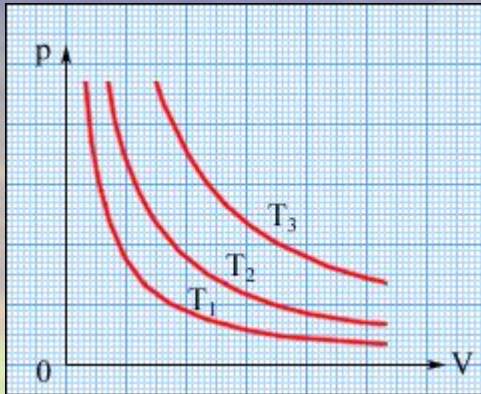


# Распределение Максвелла



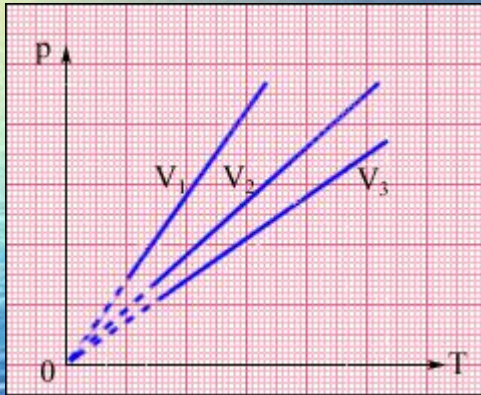


***Зависимость давления газа от температуры  
при  $V = \text{const}$***



Уравнение изотермического процесса было получено из эксперимента английским физиком Р. Бойлем (1662 г.) и независимо французским физиком Э. Мариоттом (1676 г.). Поэтому это уравнение называют **законом Бойля–Мариотта**.

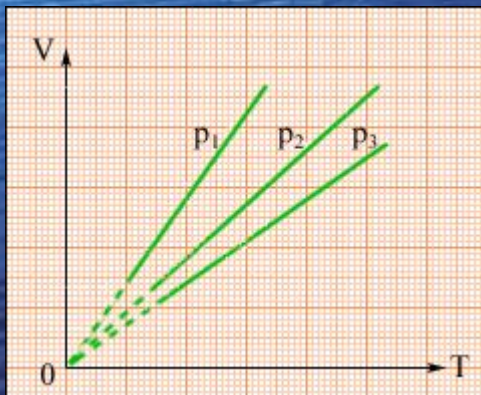
***Семейство изотерм на плоскости (p, V).***



Экспериментально зависимость давления газа от Температуры исследовал французский физик Ж. Шарль (1787 г.).

Поэтому уравнение изохорного процесса называется **законом Шарля**.

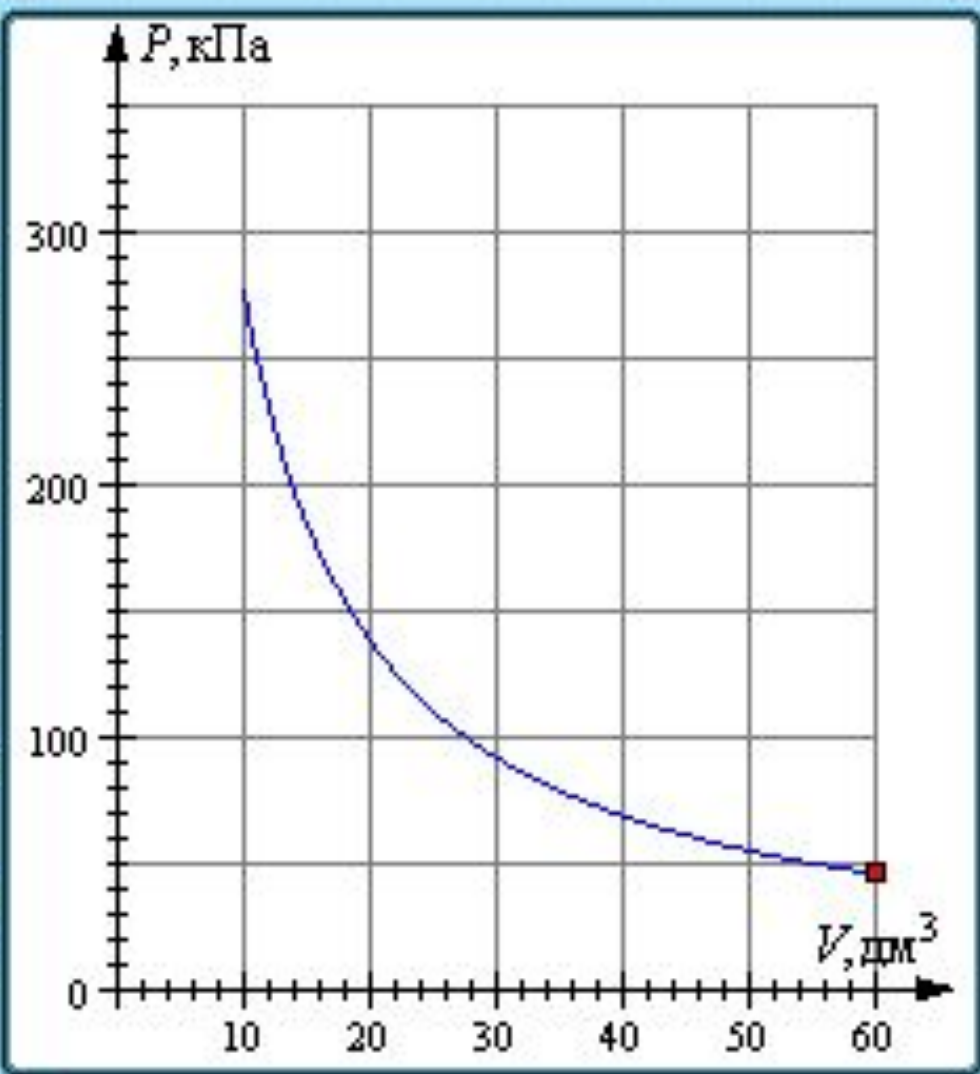
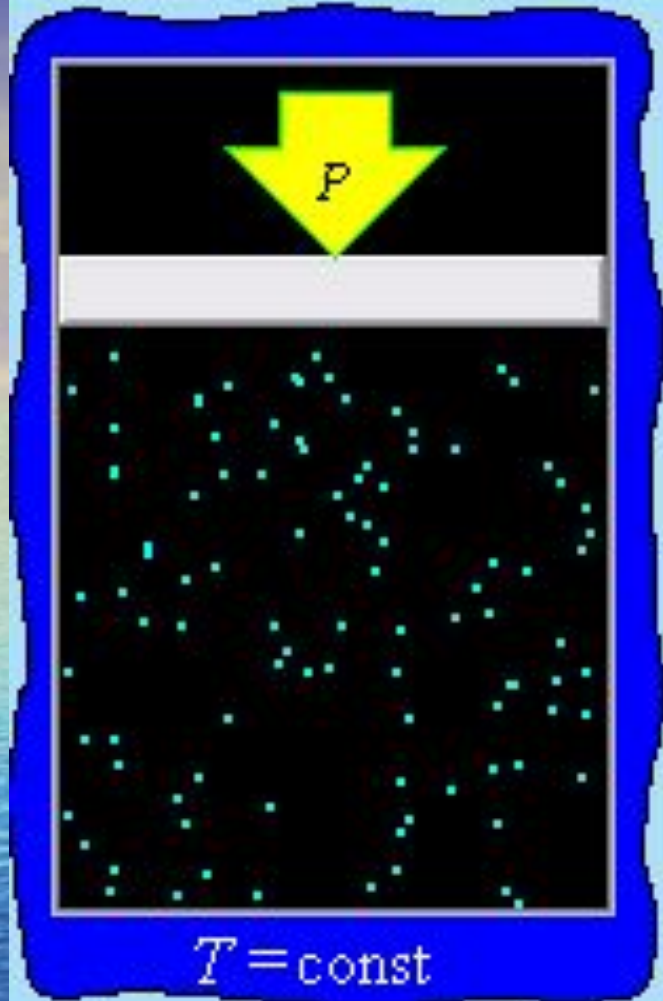
***Семейство изохор на плоскости (p, T).***



Поэтому уравнение изобарного процесса называют **законом Гей-Люссака**.

***Семейство изобар на плоскости (V, T).***





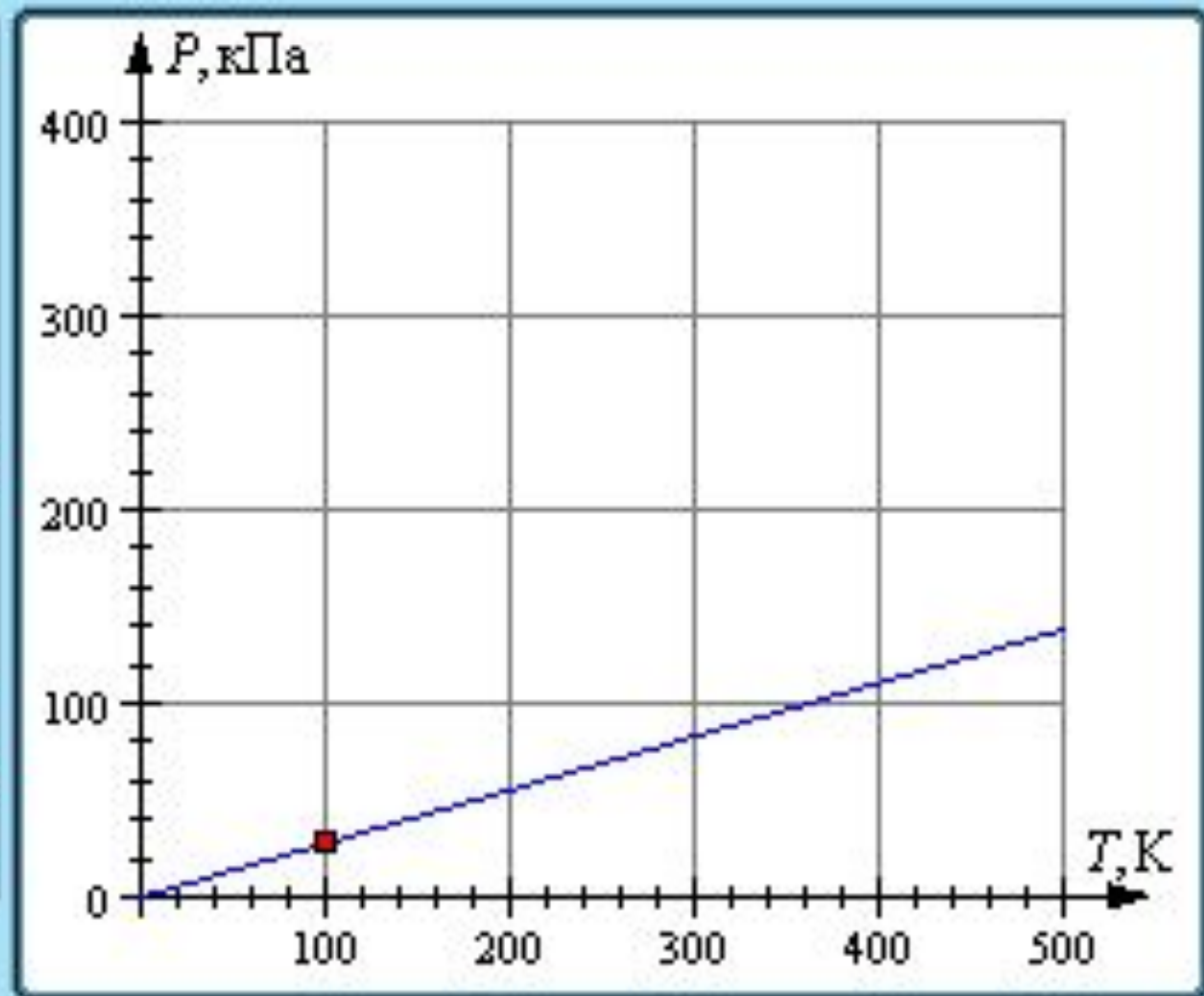
-	0	+	
			$Q$
			$A$
			$\Delta U$

$P = 46 \text{ кПа} \quad V = 60.0 \text{ дм}^3$

$T =$    $\text{K}$

Старт

Сброс



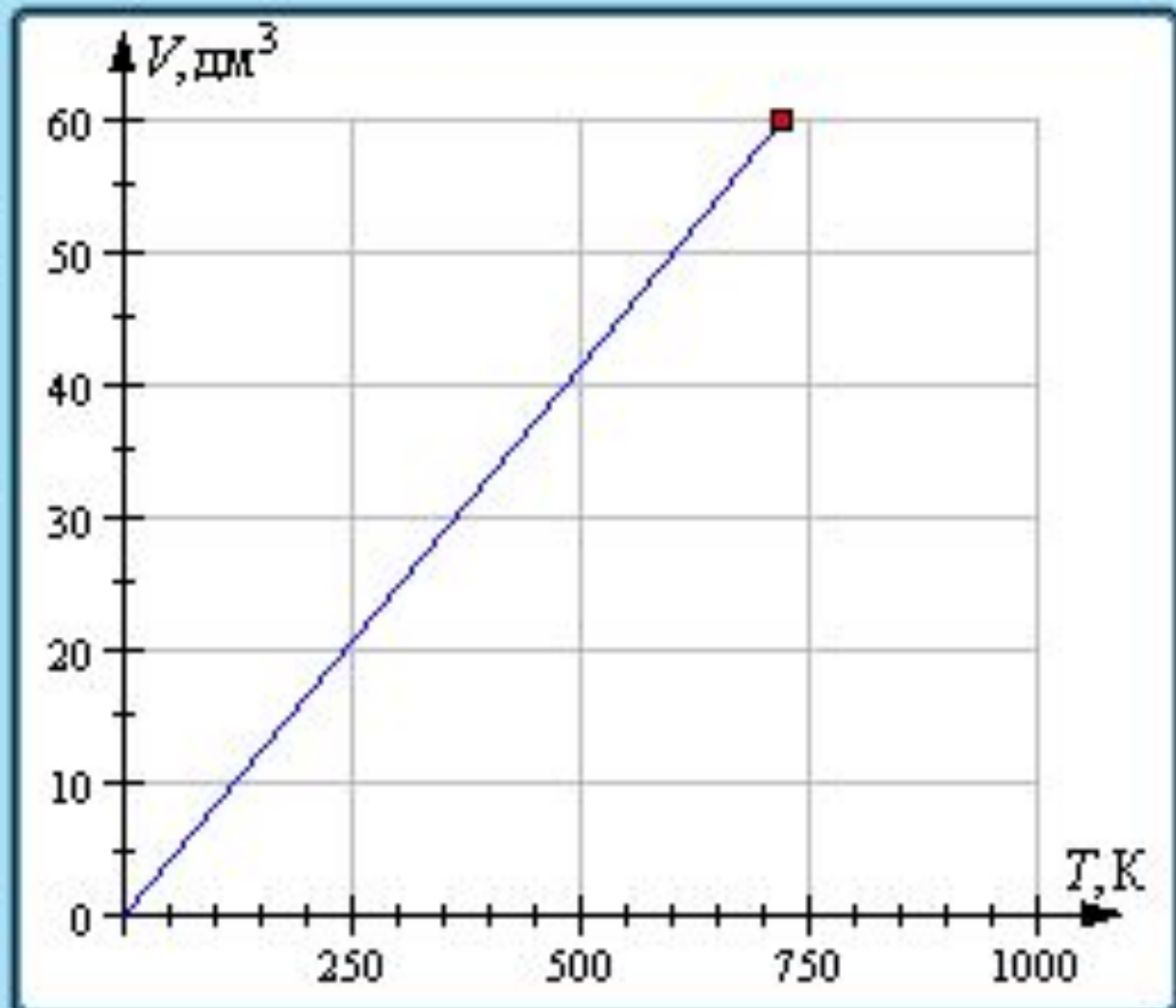
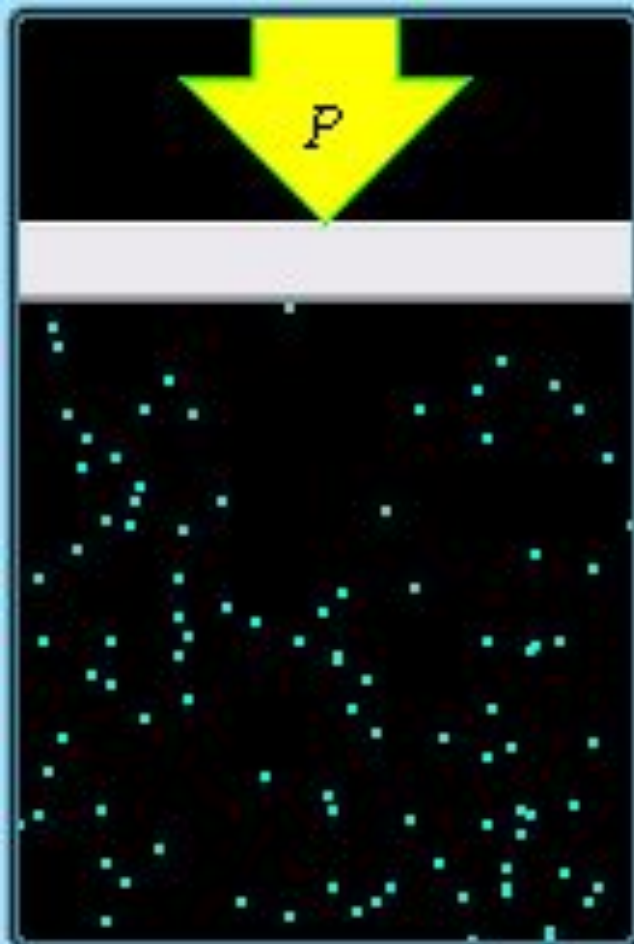
-	0	+	
			$Q$
			$A$
			$\Delta U$

$P = 27.7$  кПа  $T = 100$  К

$V = 30.0$  дм<sup>3</sup>

Старт

Сброс



		-	0	+	
					$Q$
					$A$
					$\Delta U$

$V = 60.0 \text{ dm}^3$        $T = 722 \text{ K}$

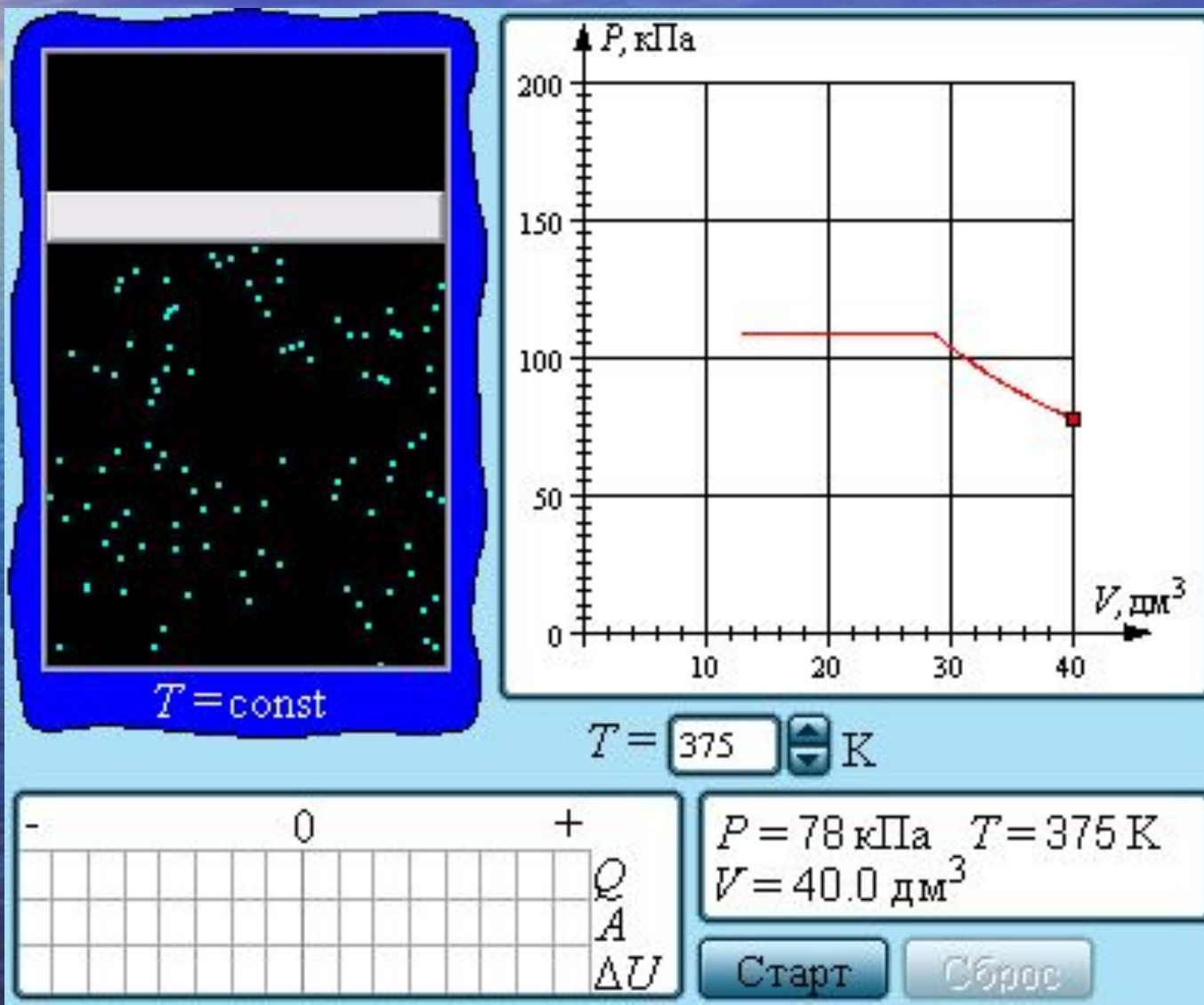
$P =$      $\text{ kPa}$

Старт

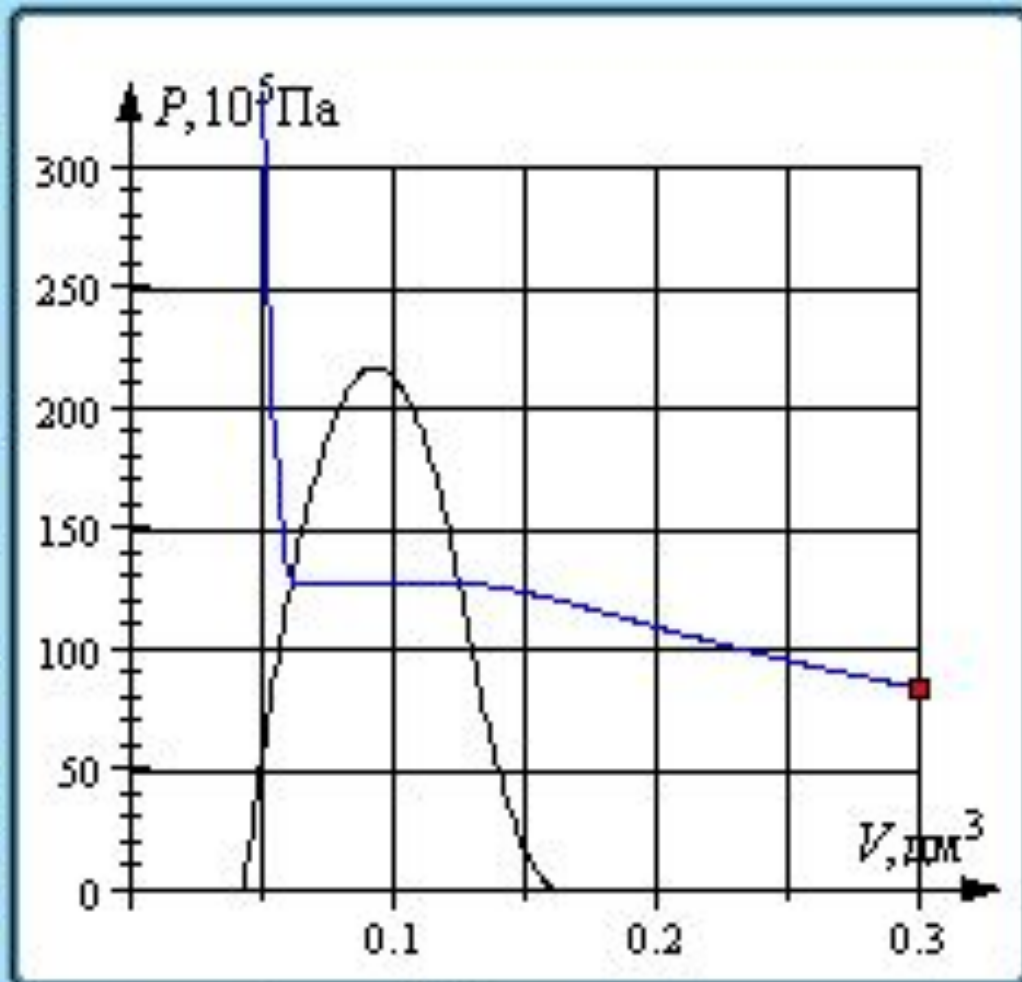
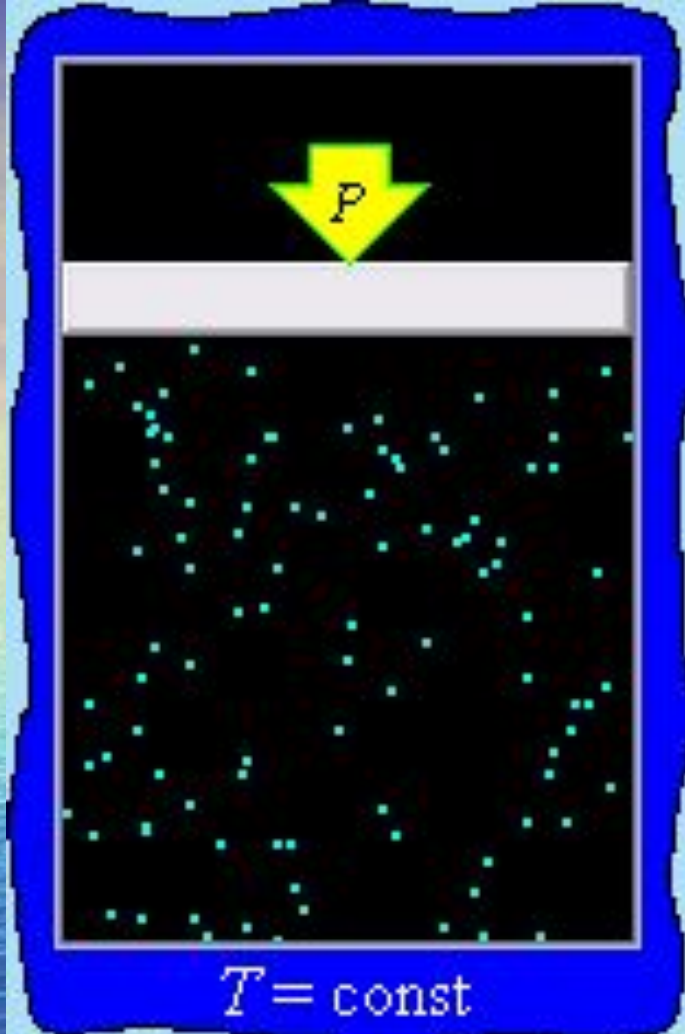
Сброс

**Экспериментально установленные законы Бойля–Мариотта, Шарля и Гей-Люссака находят объяснение в молекулярно-кинетической теории газов. Они являются следствием уравнения состояния идеального газа.**

# Испарение, конденсация, кипение. Насыщенные и ненасыщенные пары



Если изотермически сжимать ненасыщенный пар при  $T < T_{кр}$ , то его давление будет возрастать, пока не станет равным давлению насыщенного пара. При дальнейшем уменьшении объема на дне сосуда образуется жидкость и устанавливается динамическое равновесие между жидкостью и ее насыщенным паром. С уменьшением объема все большая часть пара конденсируется, а его давление остается неизменным (горизонтальный участок на изотерме). Когда весь пар превращается в жидкость, давление резко возрастает при дальнейшем уменьшении объема вследствие малой сжимаемости жидкости.



$T =$     K

-	0	+	
			$Q$
			$A$
			$\Delta U$

$P = 84 \cdot 10^5 \text{ Па}$     $T = 580 \text{ К}$   
 $V = 0.30 \text{ дм}^3$

Старт

Сброс