

Молекулярная физика

Подготовка к ЕГЭ



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

В основе молекулярно-кинетической теории лежат

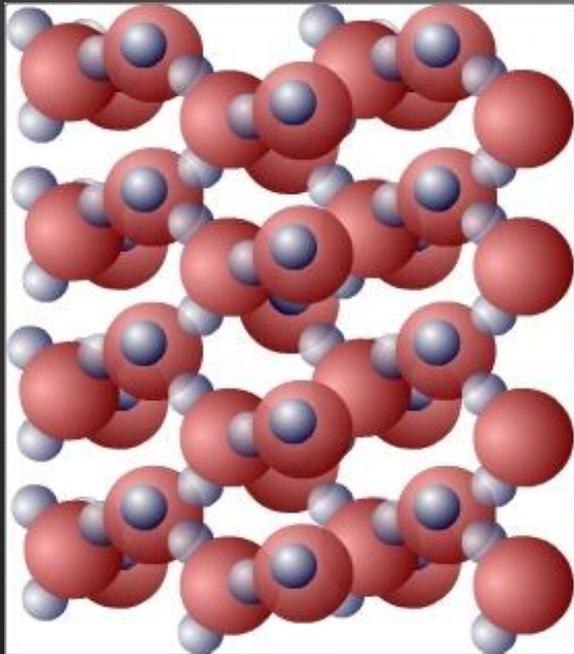
три основных положения:

1. **Все вещества – жидкие, твердые и газообразные – образованы из мельчайших частиц – молекул, которые сами состоят из атомов («элементарных молекул»)**
2. **Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.**
3. **Частицы взаимодействуют друг с другом силами, имеющими электрическую природу. Гравитационное взаимодействие между частицами пренебрежимо мало.**

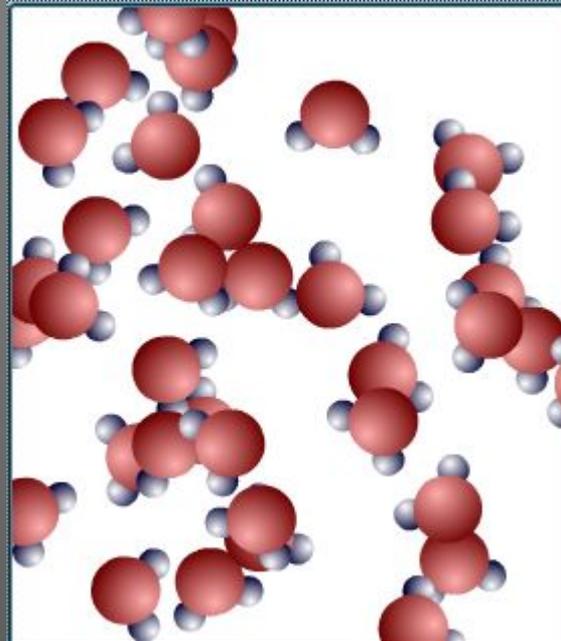
молекулы



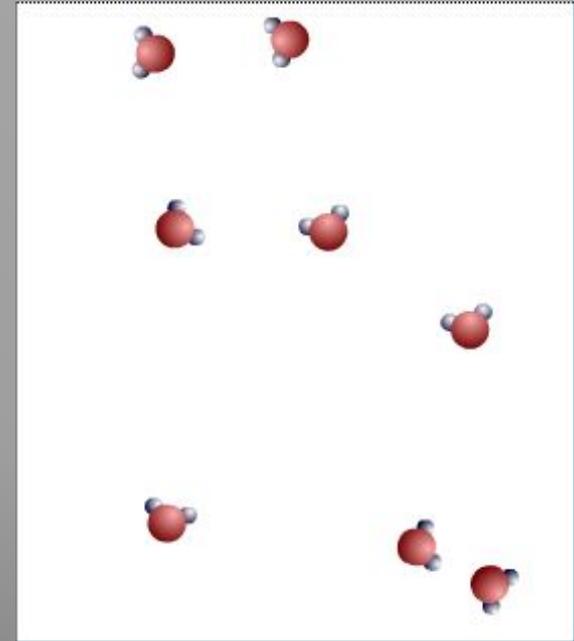
Модели строения газов, жидкостей и твердых



В **твердых телах** молекулы совершают **беспорядочные колебания около фиксированных центров** (положений равновесия).



В **жидкостях** молекулы имеют **значительно большую свободу** для теплового движения. Они не привязаны к определенным центрам и **могут перемещаться по всему объему** жидкости. Этим объясняется **текучесть** жидкостей.

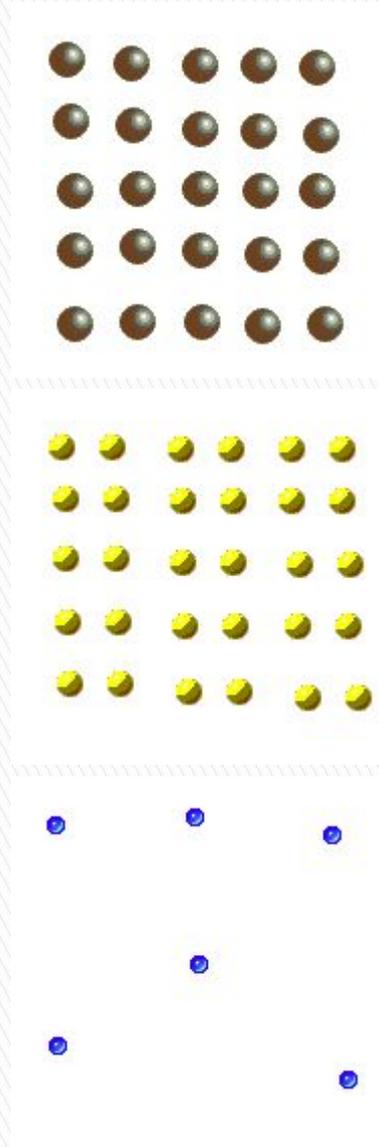


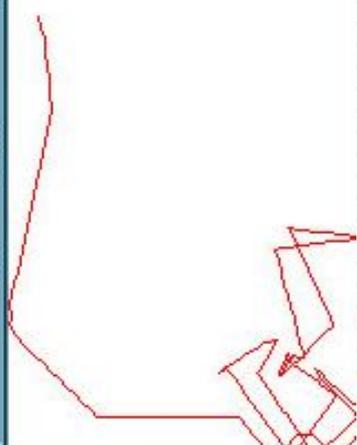
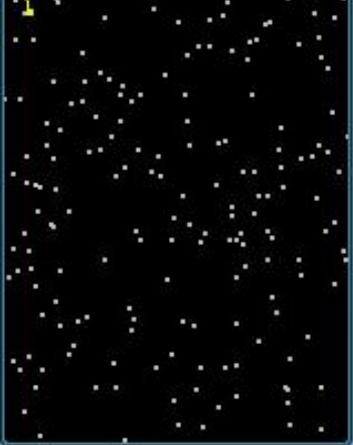
В **газах** расстояния между молекулами обычно **значительно больше** их размеров, каждая молекула **движется** вдоль прямой линии до очередного **столкновения с другой молекулой** или со **стенкой сосуда**.

Тепловое движение атомов и молекул

Беспорядочное хаотическое движение молекул называется **тепловым движением**.

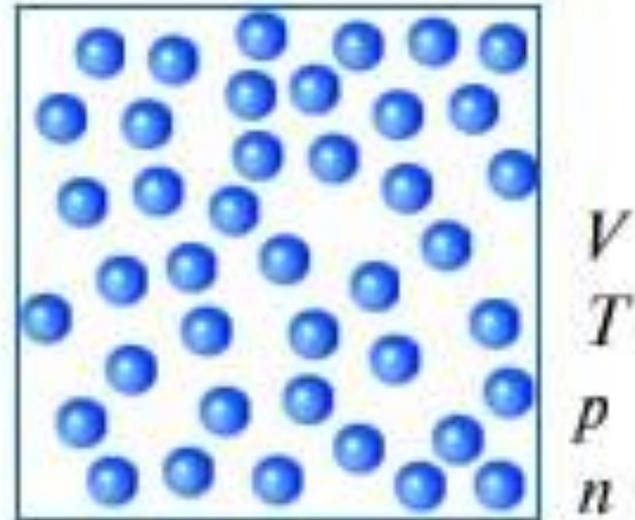
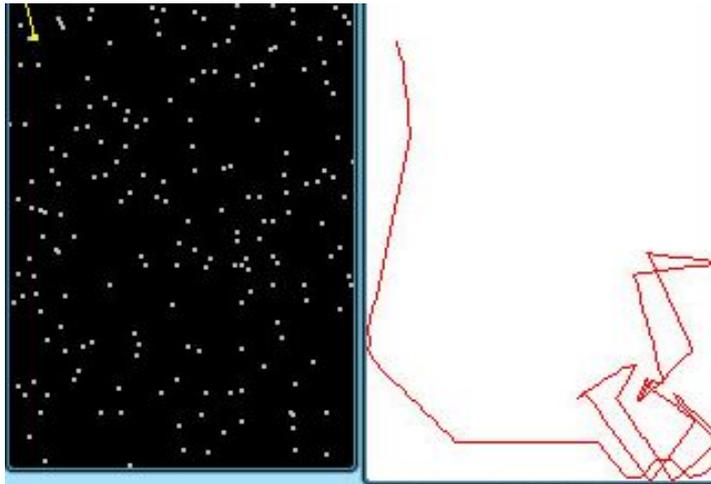
- **Тепловое движение атомов в твердых телах:**
- **Тепловое движение молекул в жидкости:**
- **Тепловое движение молекул в газе:**





Модель идеального газа

- **Моль** – это количество вещества, содержащее столько же частиц (молекул), сколько содержится атомов в 0,012 кг углерода ^{12}C .
- в одном моле любого вещества содержится одно и то же число частиц (молекул). Это число называется **постоянной Авогадро N_A** :
$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$
- Массу одного моля вещества принято называть **молярной массой M** .
- Молярная масса выражается в килограммах на моль (**кг/моль**)
- Отношение массы атома или молекулы данного вещества к $1/12$ массы атома углерода ^{12}C называется **относительной массой**.



m – масса газа

V – объём газа

T – температура газа

p – давление газа

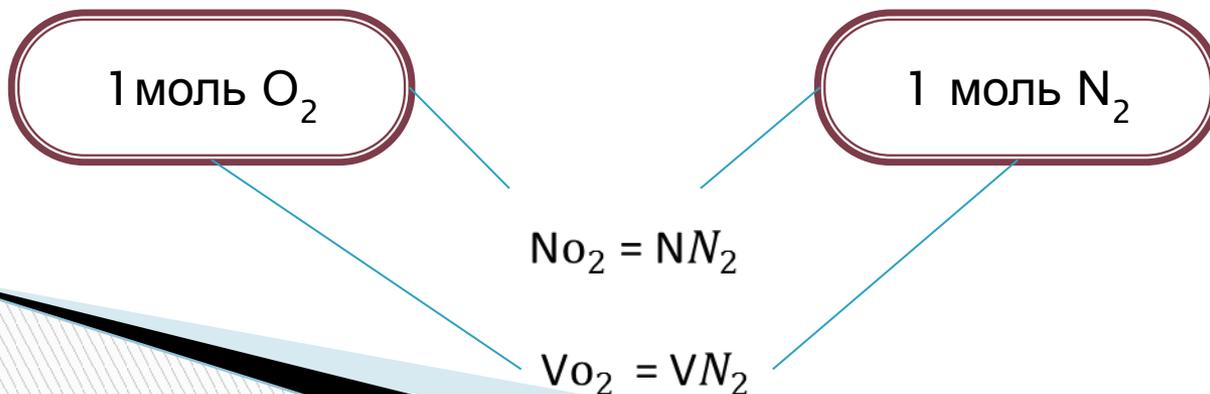
n – концентрация

$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_{0c}}$ - относительная молекулярная
(атомарная) масса вещества
(из таблицы Менделеева)

7
N
14,00
азот

Один моль – это количество вещества,
в котором содержится столько же молекул и
атомов,
сколько атомов содержится в 0,012 кг углерода

1 моль – 0,012 кг С - $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹
Количество вещества число Авогадро



$M = m_0 N_A$ – молярная масса вещества (это масса 1 моля вещества)

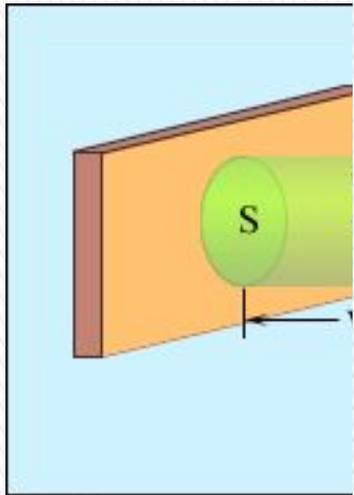
$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$ – количество вещества или количество молей

$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ – число молекул в данной массе веще
 $\nu \cdot N_A =$

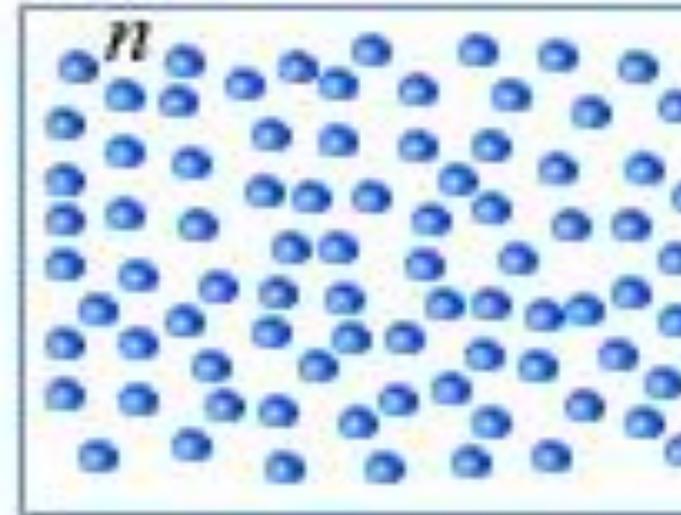
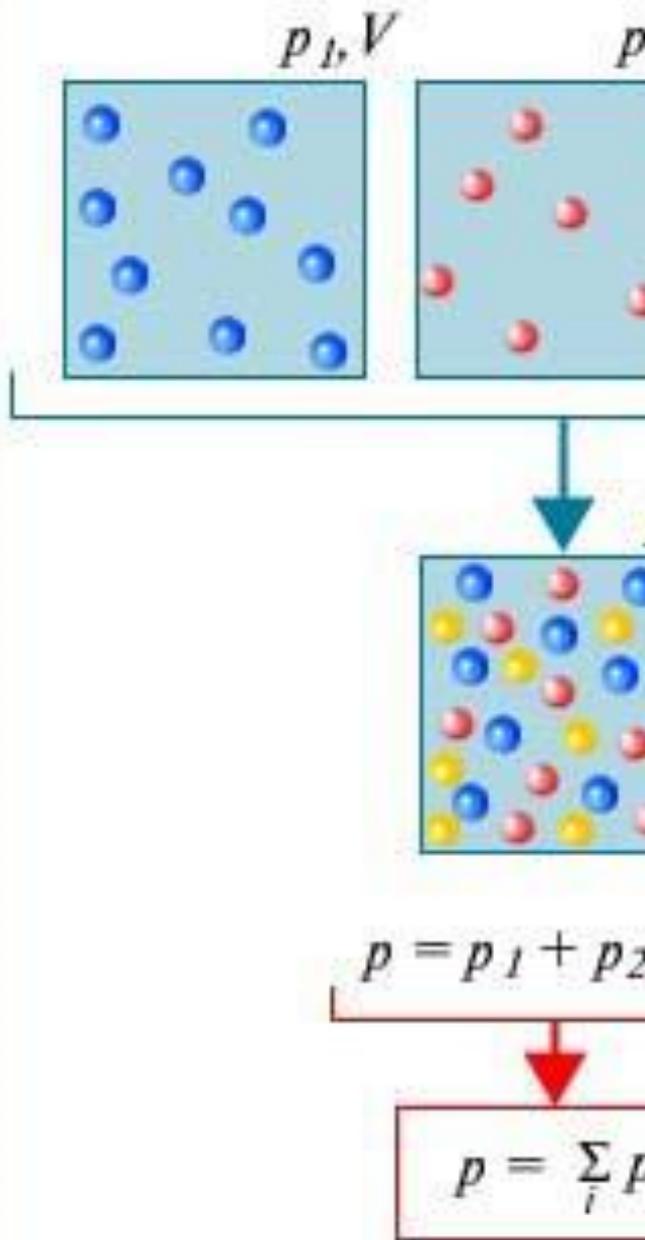
$m = m_0 N = \nu N_A m_0 = \nu \cdot M$ – масса вещества.

$M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$ – определение молярной массы.

Связь м



- ▣ Давление га поступатель
- ▣ $p = nkT$,
- ▣ где $n = N /$ объема сосу,
- ▣ k - постояннс значение в С $k = 1,38 \cdot 10$
- ▣ Закон Давль равно сумме
- ▣ $p = p_1 + p_2$



$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_K$$

Основное уравнение идеального газа

Броуновское движение – это непрерывное хаотическое движение

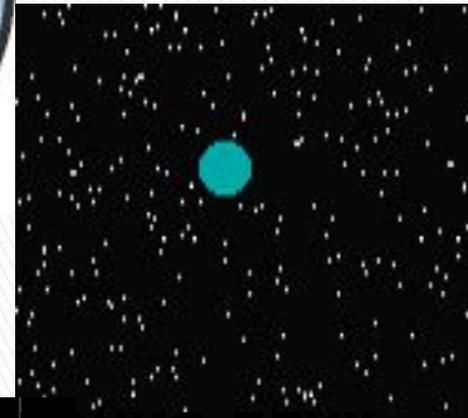
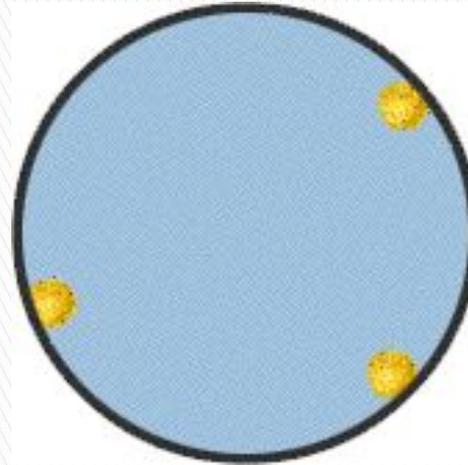
частиц, помещенных в жидкость или газ, находящихся во взвешенном состоянии.

**Причина броуновского движения частиц в том, что удары молекул о нее не компенсируют друг друга.
(Частицы краски в воде, пылинки в луче света.)**

Броуновское движение Диффузия

Броуновское движение - это тепловое движение мельчайших частиц, взвешенных в жидкости или газе.

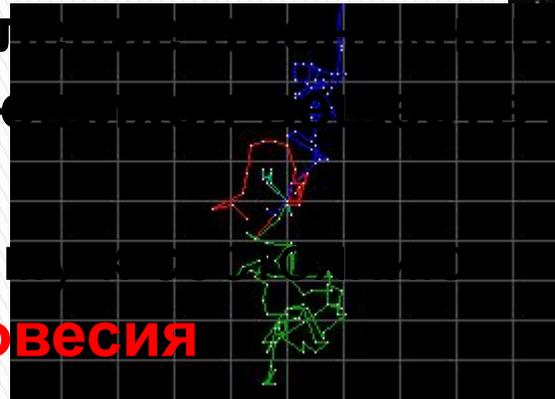
- Броуновское движение :
- Броуновская частица среди молекул:
- Траектория движения 3-х броуновских частиц :



Диффузией называется явление взаимного проникновения двух или нескольких соприкасающихся тел, обусловленное движением друг в друга.

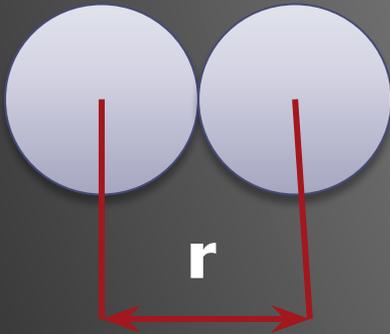
Диффузия приближает систему к

термодинамического равновесия



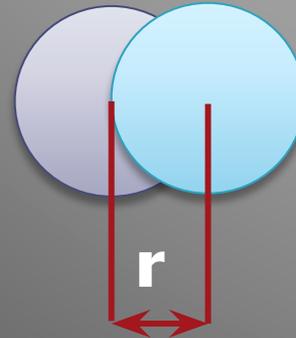
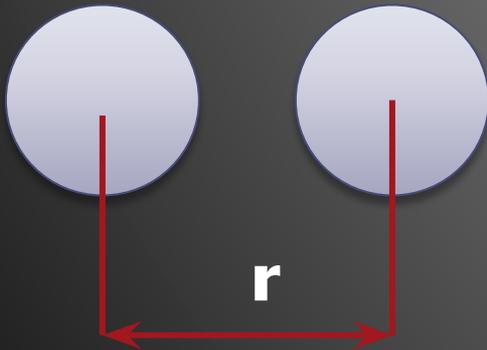
Силы взаимодействия молекул.

r – расстояние между центрами частиц
 d – сумма радиусов взаимодействующих частиц.



$$r = d \rightarrow F = 0$$
$$F \rightarrow 0$$

$$r \rightarrow \infty \rightarrow$$



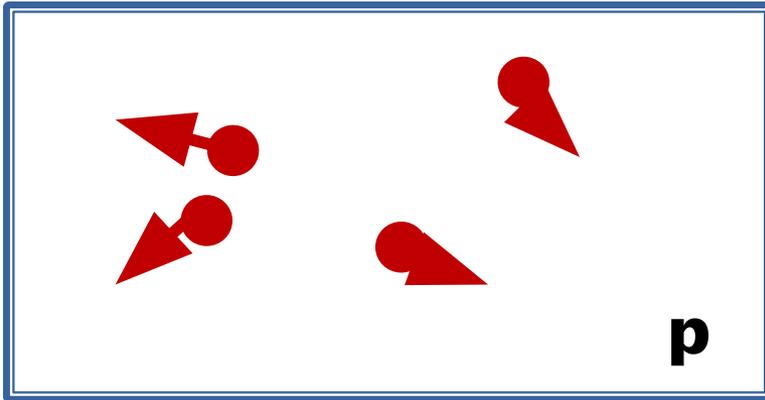
$$R > d \rightarrow F_{\text{пр.}} > F_{\text{от.}}$$

$$R < d \rightarrow F_{\text{пр.}} < F_{\text{от.}}$$

Идеальный газ.

*Идеальный газ –
простейшая физическая
модель реального газа.*

1. Расстояние между молекулами $> d$
2. Молекулы – упругие шары
3. Силы притяжения стремятся к 0
4. Отталкивание только при ударах
5. Движение только по законам Ньютона



Давление газа возникает в результате столкновений молекул со стенками сосуда, в котором находится газ.

Основное уравнение МКТ.

$$P = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} -$$

m_0 – масса одной молекулы газа

n – концентрация молекул газа

\overline{v} - средняя квадратичная скорость

движения газовых молекул

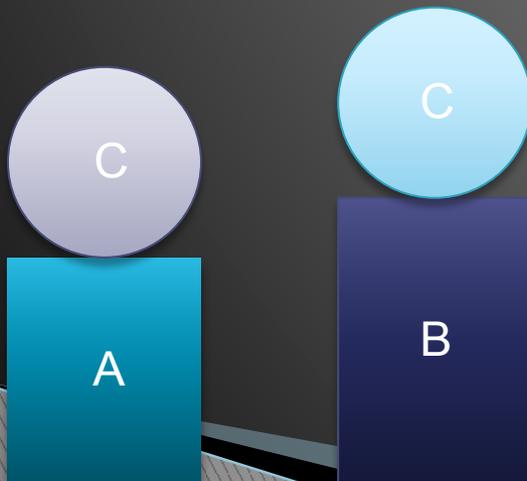
$$P = \frac{2}{3} \overline{E} n$$

$$P = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2}$$

Тепловое равновесие. Температура.

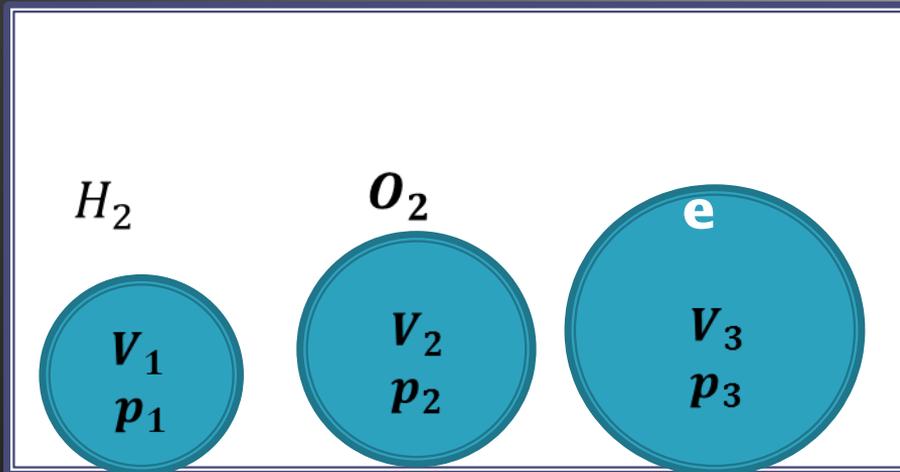
p – давление
 V – объем
 t – температура

Макроскопические или термодинамические параметры, характеризующие состояние вещества без учета его молекулярного строения.



Два тела – А и В, каждое из которых находится в теплом равновесии с телом С. Находится в тепловом равновесии друг с другом. Тело С может служить прибором, измеряющим степень нагретости тела А и В.

Газы в состоянии теплового равновесия.



При тепловом равновесии, когда давление газа данной массы и его объем фиксированы, средняя кинетическая энергия молекул всех газов одинакова (как и температура.)

$$E_{k1} = E_{k2} = E_{k3}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{°К}} \text{ —}$$

Постоянная Больцма

Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии его частиц

- **Тепловое равновесие** – это такое состояние системы тел, находящихся в тепловом контакте, при котором не происходит теплопередачи от одного тела к другому, и все макроскопические параметры тел остаются неизменными.
- **Температура** – это физический параметр, одинаковый для всех тел, находящихся в тепловом равновесии.
- Для измерения температуры используются физические приборы – **термометры**
- В системе СИ принято единицу измерения температуры **по шкале Кельвина** называть кельвином и обозначать буквой К.
 - $T_K = T_C + 273,15$
- Температурная шкала Кельвина называется **абсолютной шкалой температур**.
- Кроме **точки нулевого давления** газа, которая называется **абсолютным нулем температуры**, достаточно принять еще одну фиксированную **опорную точку - температура тройной точки воды ($0,01^\circ \text{C}$)**, в которой **в тепловом равновесии находятся все три фазы – лед, вода и пар - $273,16 \text{ K}$** .

Наименьшая температура по абсолютной шкале – это абсолютный нуль.
При такой температуре $p=0$, что согласно МКТ возможно, если средняя кинетическая энергия молекулы равна нулю.

Таким образом при температуре абсолютного нуля прекращается тепловое движение частиц вещества.
Ниже этой температуры быть уже не может.

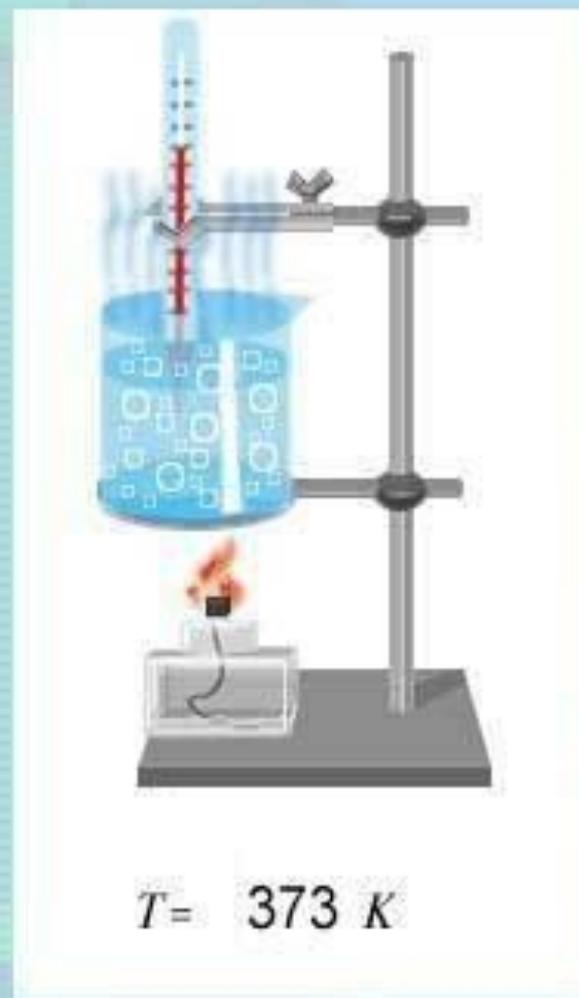


Опытным путем было установлено, что при постоянном объеме и температуре давление газа прямо пропорционально его концентрации.

Объединяя экспериментально полученные зависимости давления от температуры и концентрации, получаем уравнение:

$$p = nkT,$$

где k – постоянная Больцмана.



Абсолютный нуль

$$t = -273^{\circ}\text{C} = T = 0^{\circ}\text{K} \quad T = t + 273^{\circ}\text{C}$$

$$t = T - 273^{\circ}\text{C}$$

$p = nkT$ – основное уравнение МКТ

$E = \frac{3}{2}kT$ – температура – мера средней кинетической энергии молекул

$$E = \frac{3}{2} kT$$

$$E = \frac{m_0 v^2}{2}$$

$$\frac{3}{2} kT = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$$

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}}$$

»» Средне квадратичная скорость молекул

Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии его частиц

□ **Средняя кинетическая энергия**

хаотического движения молекул газа
прямо пропорциональна **абсолютной температуре.**

□ Температура есть **мера** средней кинетической энергии поступательного движения молекул.

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

Уравнение Менделеева – Клапейрона.

$$pV = \nu RT \qquad pV = \frac{m}{M} RT$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль } ^\circ\text{К}} \text{ — универсальная}$$

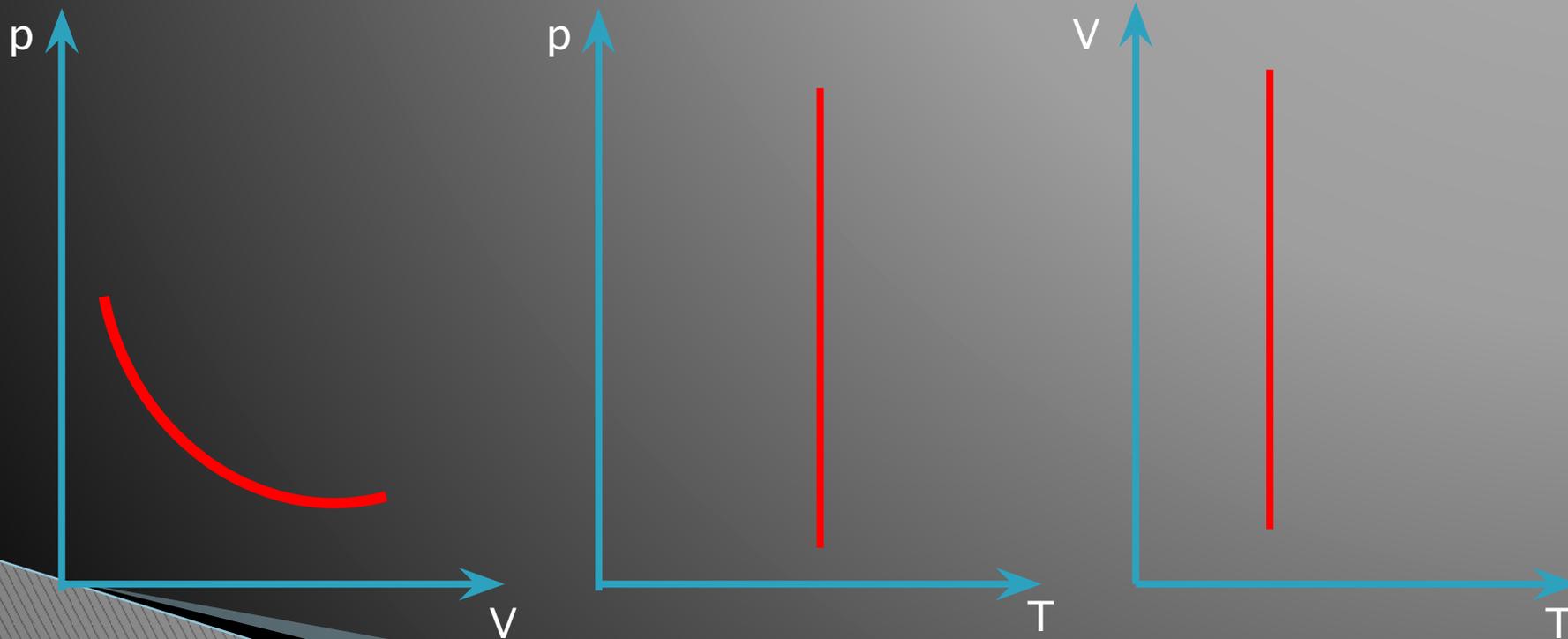
газовая постоянная

Изотермический процесс

$pV - \text{const}$

$T - \text{const}$

$$p_1V_1 = p_2V_2$$



Изопроцессы: изотермический процесс.

Изопроцессы – это процессы, в которых один из параметров (**p** , **V** или **T**) остается

□ **Изотермический процесс** **неизменным**.
(**$T = const$**) - квазистатический процесс, протекающий при постоянной температуре T .

□ **Закон Бойля–Мариотта**: при постоянной температуре T и неизменном количестве вещества ν в сосуде **произведение давления p газа на его объем V должно оставаться постоянным**:

$$T_3 > T_2 > T_1$$

□ **$pV = const$**

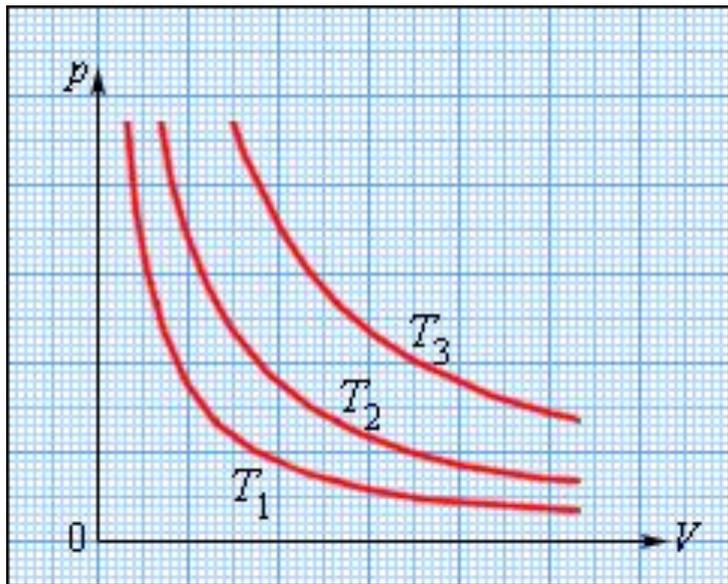
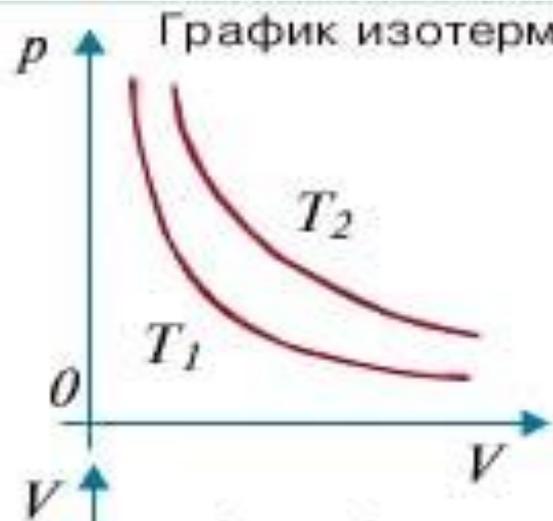
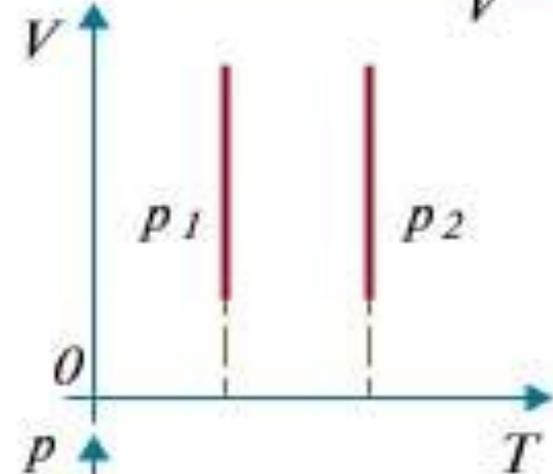


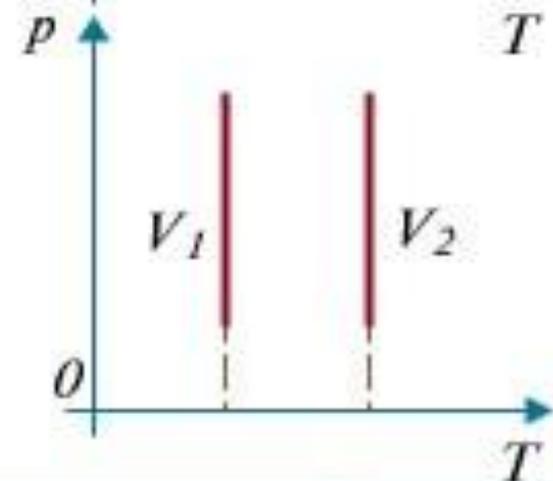
График изотермического процесса



$$T_1 < T_2$$



$$p_1 < p_2$$



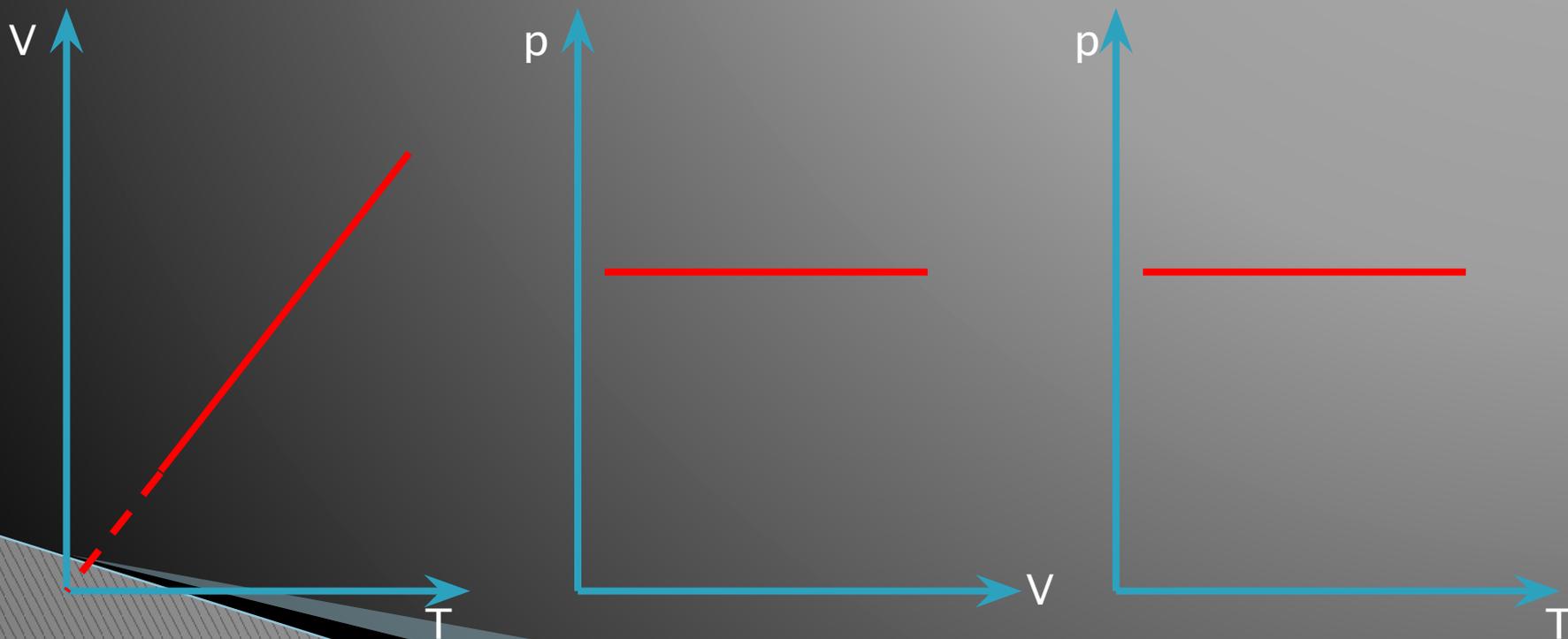
$$V_1 < V_2$$

Изотермы
в координатах
 pV , VT и pT .

Изобарный процесс $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

**P =
const**

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$



Изопроцессы: изобарный. процесс

Изопроцессы – это процессы, в которых один из параметров (p , V или T) остается

□ **Изобарным** процессом **неизменным**. называют квазистатический процесс, протекающий при **неизменным давлением p** .

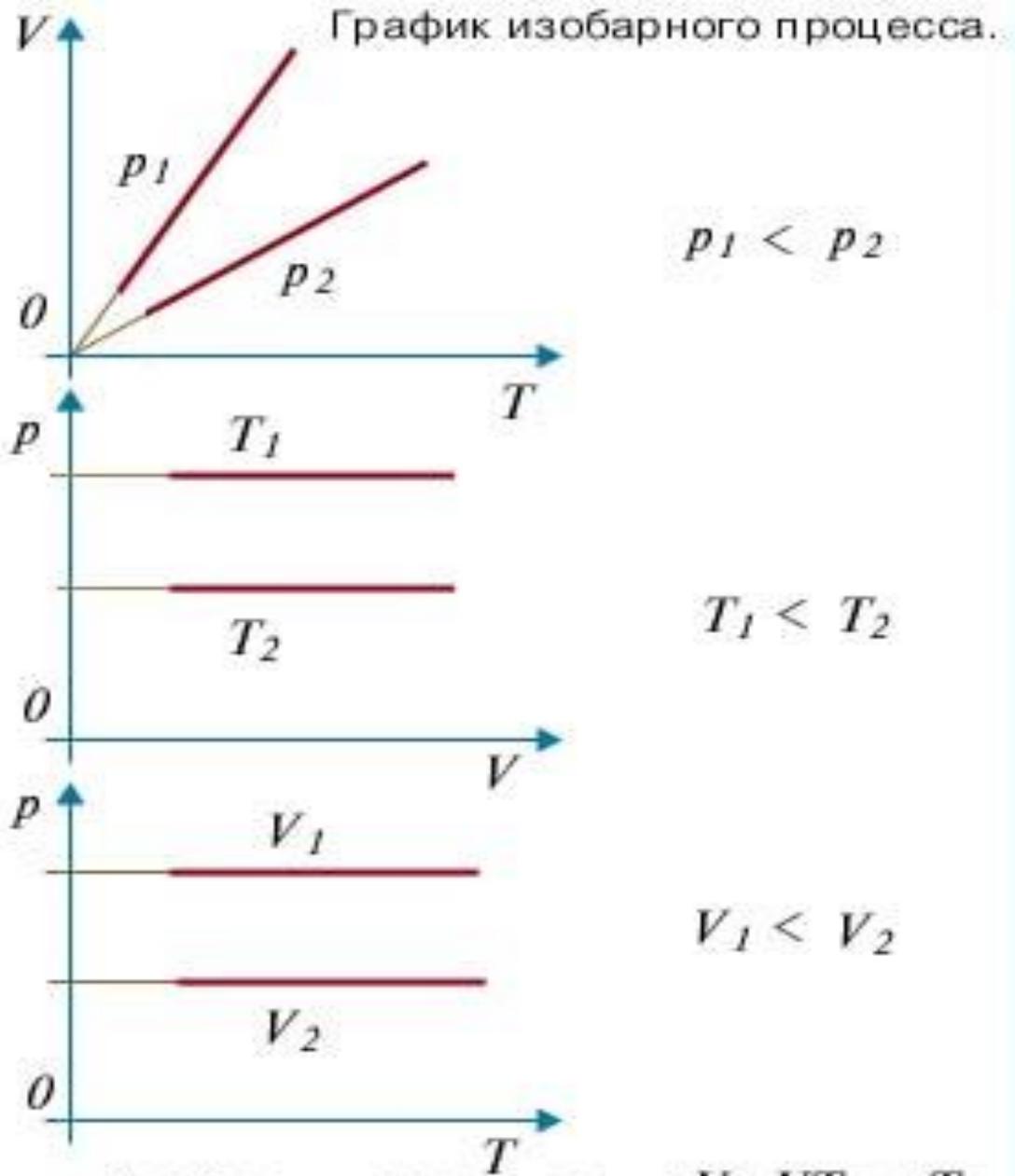
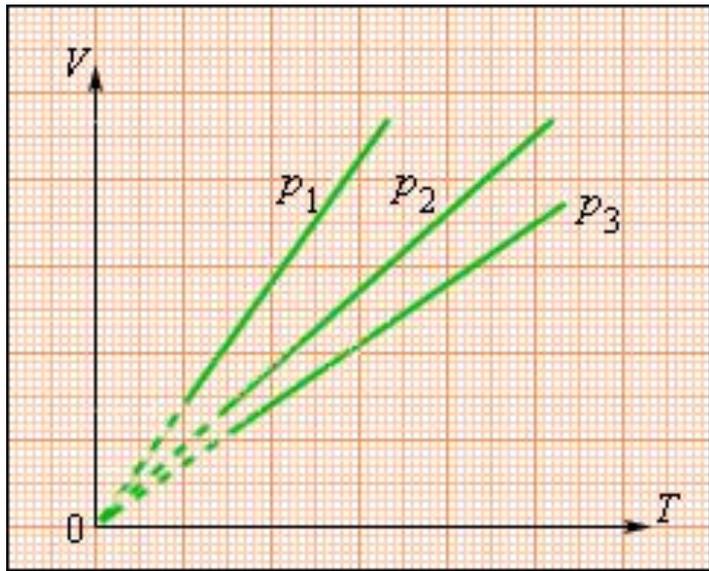
□ **Закон Гей-Люссака:**

$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{или} \quad V = V_0 \alpha T,$$

$$p_3 > p_2 > p_1$$

□ где V_0 – объем газа при температуре 0°C .

□ $\alpha = 1/273,15 \text{ K}^{-1}$ - температурный коэффициент объемного расширения газов.

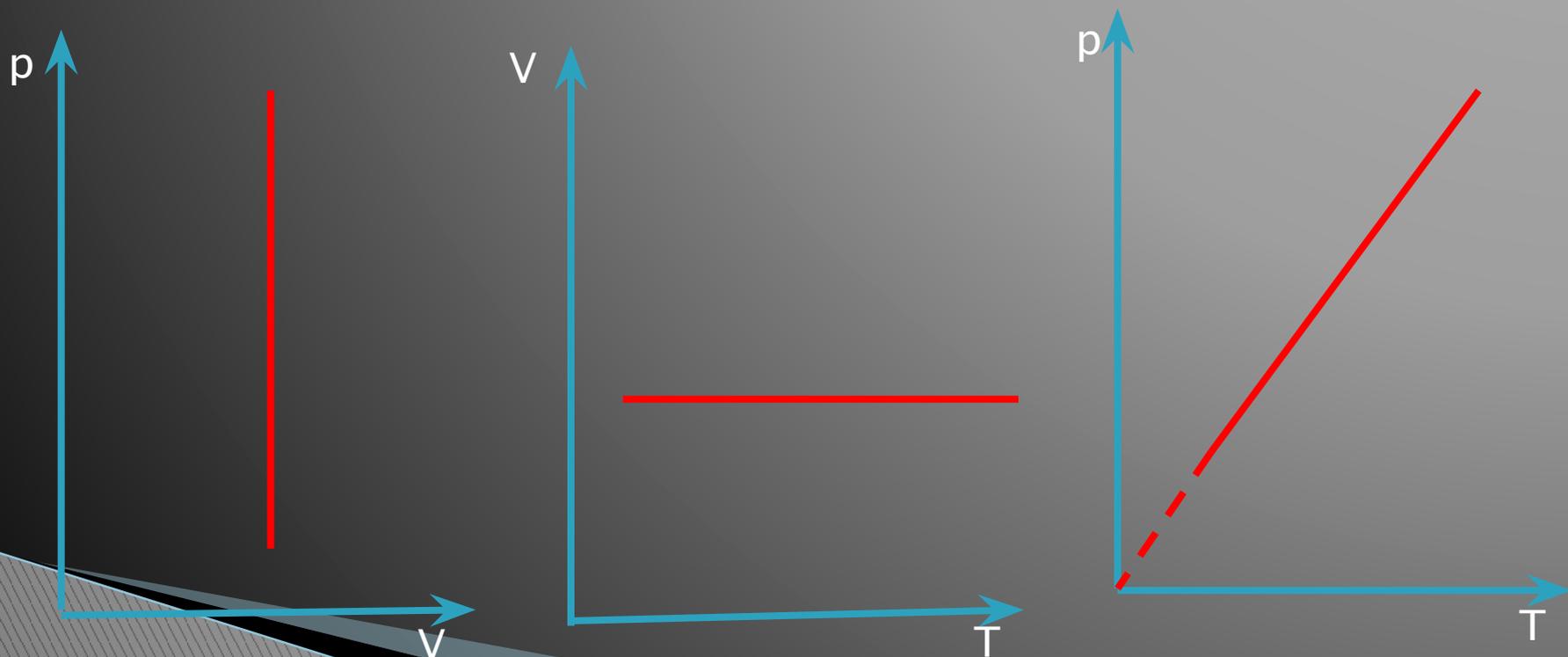


Изобары в координатах pV , VT и pT .

Изохорный процесс $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

**V –
const**

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



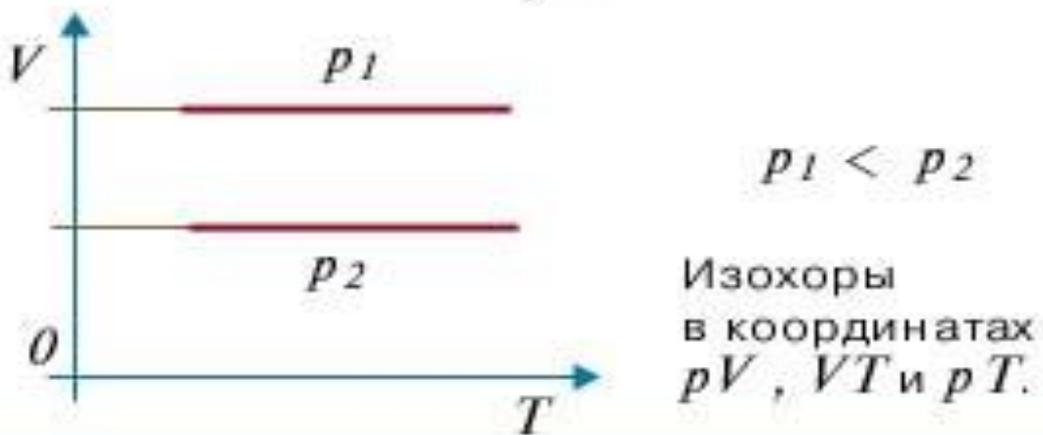
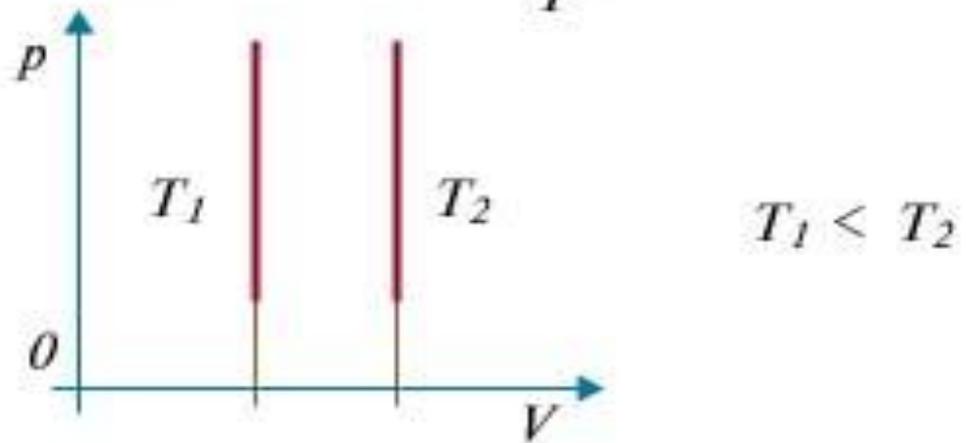
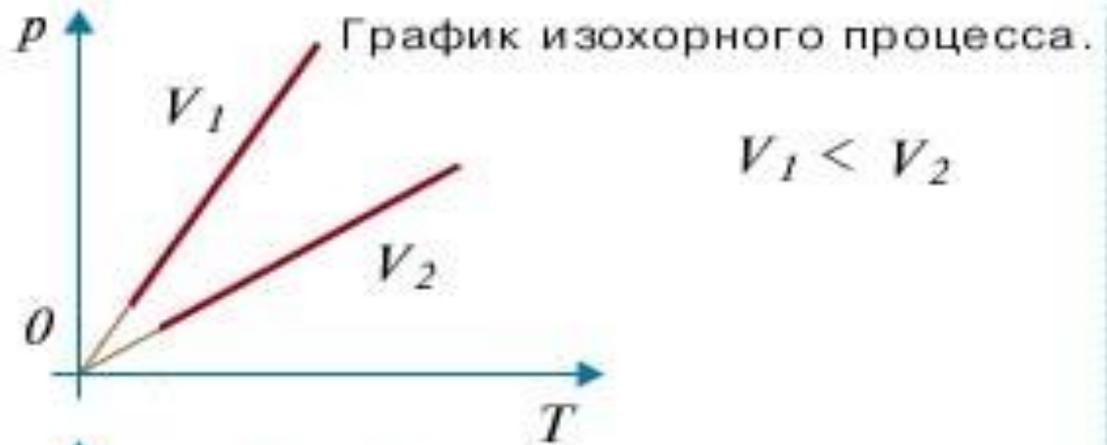
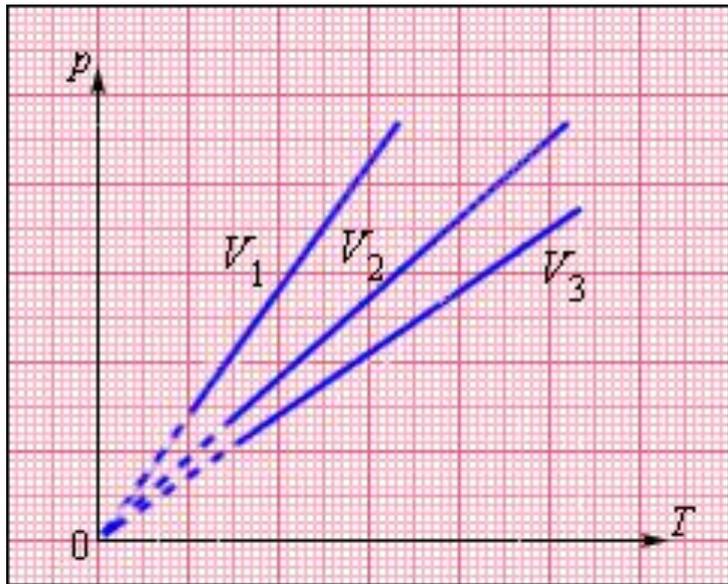
Изопроцессы: , изохорный, процесс.

Изопроцессы – это процессы, в которых один из параметров (p , V или T) остается **неизменным**.

- ▣ **Изохорный процесс** – это процесс квазистатического нагревания или охлаждения газа **при постоянном объеме V** и при условии, что количество вещества ν в сосуде остается неизменным.
- ▣ **Закон Шарля**: при **постоянном объеме V** и неизменном количестве вещества ν в сосуде **давление** газа p изменяется прямо **пропорционально** его абсолютной **температуре** :

$$V_3 > V_2 > V_1$$

$$\frac{p}{T} = \text{const.}$$



Рассмотрим задачи:

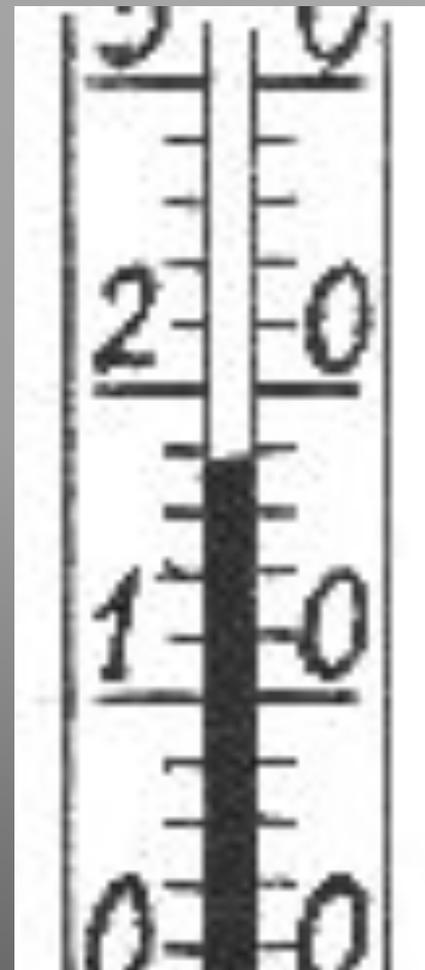
- »» ЕГЭ 2001-2010 (Демо, КИМ)
- ГИА-9 2008-2010 (Демо)

(ЕГЭ 2001 г.) А10. Согласно расчетам, температура жидкости должна быть равна 143 К. Между тем термометр в сосуде показывает температуру не более -130°C . Это означает, что

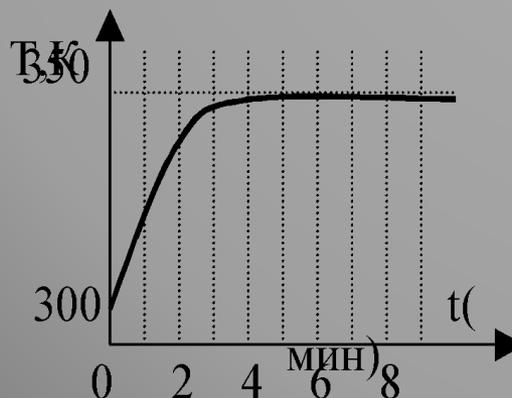
1. термометр не рассчитан на высокие температуры и требует замены
2. термометр показывает более высокую температуру
3. термометр показывает более низкую температуру
4. термометр показывает расчетную температуру

(ЕГЭ 2001 г., Демо) А11. На рисунке показана часть шкалы термометра, висящего за окном. Температура воздуха на улице равна

1. 18°C .
2. 14°C .
3. 21°C .
4. 22°C .



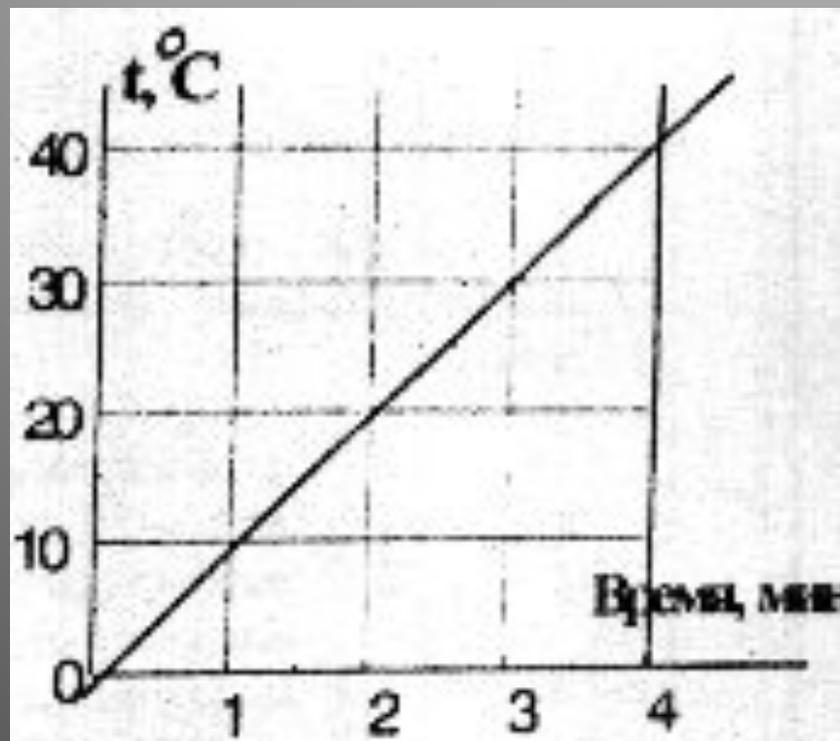
(ЕГЭ 2001 г.) А12. Кастрюлю с водой поставили на газовую плиту. Газ горит постоянно. Зависимость температуры воды от времени представлена на графике. График позволяет сделать вывод, что



1. теплоемкость воды увеличивается со временем
2. через 5 минут вся вода испарилась
3. при температуре 350 К вода отдает воздуху столько тепла, сколько получает от газа
4. через 5 минут вода начинает кипеть

(ЕГЭ 2001 г., Демо) А13. Экспериментально исследовалось, как меняется температура t некоторой массы воды в зависимости от времени ее нагревания. По результатам измерений построен график, приведенный на рисунке. Какой вывод можно сделать по результатам эксперимента?

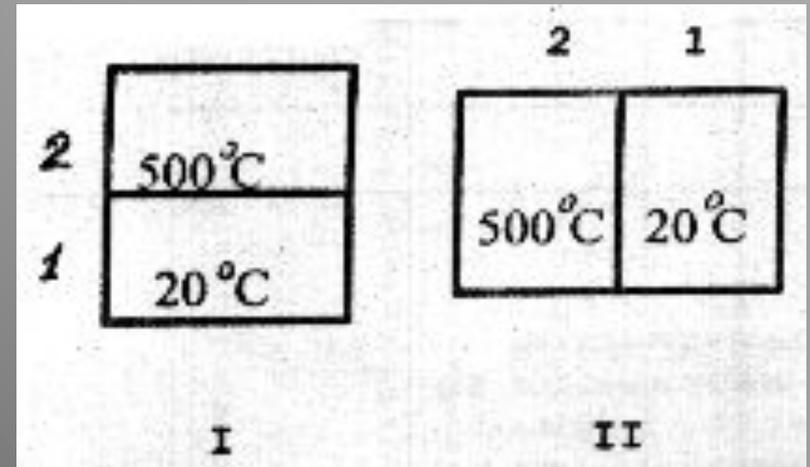
1. Вода переходит из твердого состояния в жидкое при 0°C .
2. Вода кипит при 100°C .
3. Теплоемкость воды равна $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$.
4. Чем дольше нагревается вода, тем выше ее температура.



(ЕГЭ 2001 г., Демо) А14. Испарение жидкости происходит потому, что . . .

1. разрушается кристаллическая решетка.
2. самые быстрые частицы покидают жидкость.
3. самые медленные частицы покидают жидкость.
4. самые крупные частицы покидают жидкость.

(ЕГЭ 2001 г., Демо) А15. Тела, имеющие разные температуры, привели в соприкосновение двумя способами (I и II). Какое из перечисленных ниже утверждений является верным?

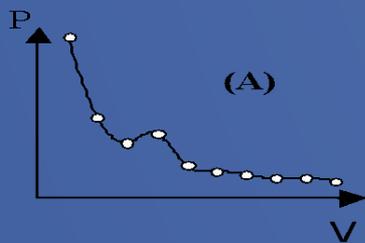


1. В положении I теплопередача осуществляется от тела 1 к телу 2.
2. В положении II теплопередача осуществляется от тела 1 к телу 2.
3. В любом положении теплопередача осуществляется от тела 2 к телу 1.
4. Теплопередача осуществляется только в положении II.

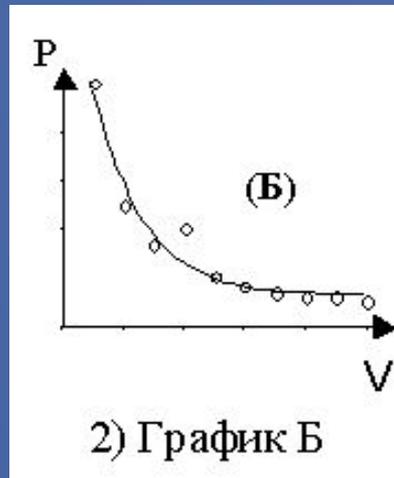
(ЕГЭ 2001 г.) А33. Представления о строении вещества в XVIII веке не позволяли получить объяснения закона Шарля и других газовых законов. На основании этого мы можем признать, что

1. опыты давали искаженные результаты, не соответствующие действительности
2. представления требовали дополнений или корректировки
3. теория имеет дело с идеальными объектами, а эксперимент – с реальными. Они не могут друг другу соответствовать
4. ни опыты, ни научные представления в XVIII веке не отражали истинную картину строения веществ

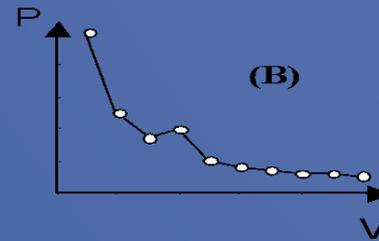
(ЕГЭ 2001 г.) А34. При исследовании зависимости давления газа от объема были получены некоторые данные. Какой график правильно проведен по экспериментальным точкам?



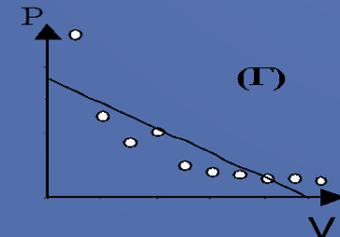
1) График А



2) График Б

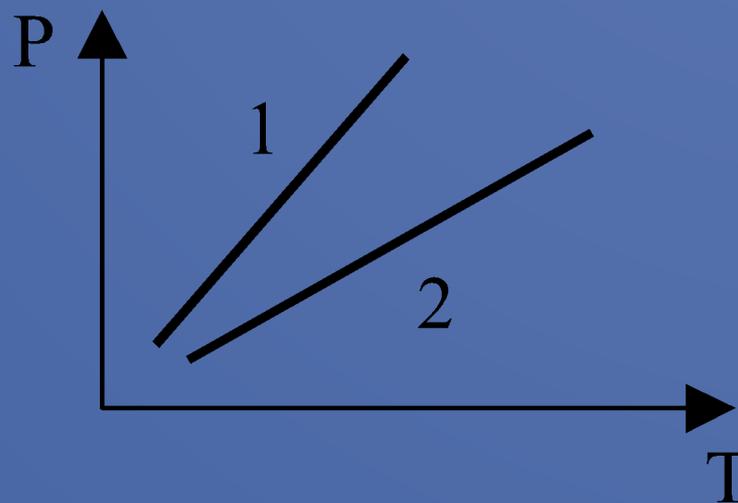


3)



4)

(ЕГЭ 2001 г.) А35. Одинаковые количества одного и того же газа нагревают в двух разных сосудах. Зависимость давления от температуры в этих сосудах представлена на графике. Что можно сказать об объемах этих сосудов?



1. V_1 больше V_2
2. V_1 меньше V_2
3. V_1 равно V_2
4. Связь V_1 и V_2 зависит от свойств газов в сосудах

(ЕГЭ 2002 г., Демо) А8. Какой из перечисленных ниже опытов (А, Б или В) подтверждает вывод молекулярно-кинетической теории о том, что скорость молекул растёт при увеличении температуры?

А. Интенсивность броуновского движения растёт с повышением температуры.

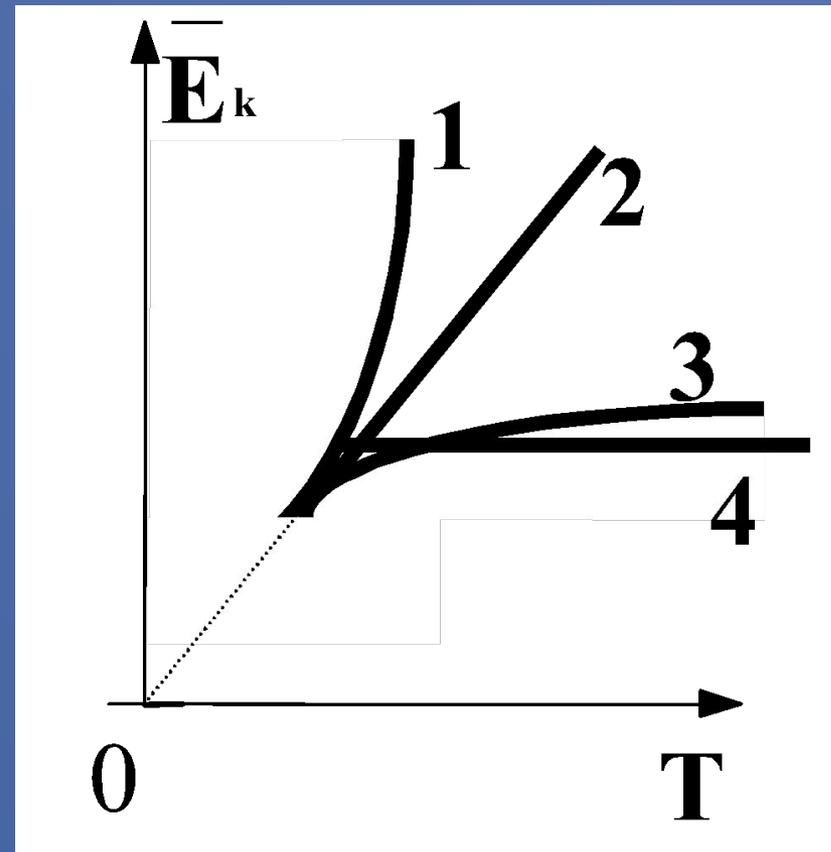
Б. Давление газа в сосуде растёт с повышением температуры.

В. Скорость диффузии красителя в воде повышается с ростом температуры.

1. только А
2. только Б
3. только В
4. А, Б и В

(ЕГЭ 2002 г., Демо) А9. Какой график (см. рис.) – верно изображает зависимость средней кинетической энергии частиц идеального газа от абсолютной температуры?

- 1. 1
- 2. 2
- 3. 3
- 4. 4



2002 г. А9 (КИМ). В баллоне находится 6 моль газа.
Сколько примерно молекул газа находится в
баллоне?

1) $6 \cdot 10^{23}$

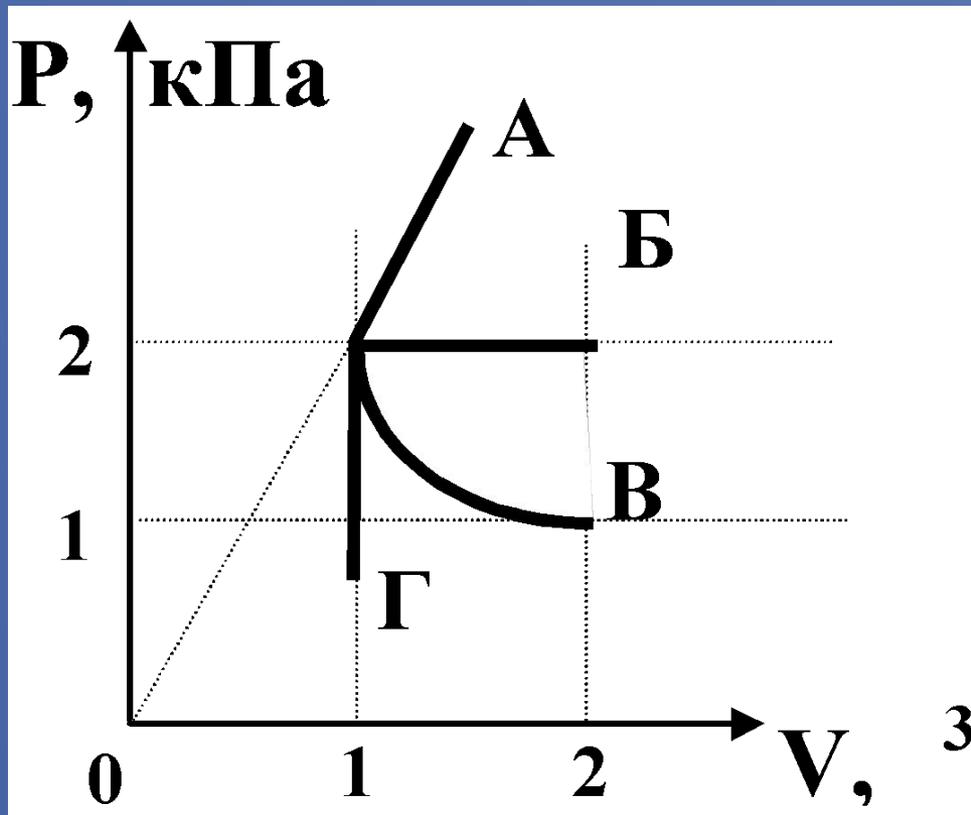
2) $12 \cdot 10^{23}$

3) $36 \cdot 10^{26}$

4) $36 \cdot 10^{23}$

(ЕГЭ 2002 г., Демонстрация) А12. Какой из графиков, изображенных на рисунке соответствует процессу, проведенному при постоянной температуре газа?

1. А
2. Б
3. В
4. Г



(ЕГЭ 2002 г., Демо) А13. При испарении жидкость остывает. Молекулярно-кинетическая теория объясняет это тем, что чаще всего жидкость покидают молекулы, кинетическая энергия которых

1. равна средней кинетической энергии молекул жидкости
2. превышает среднюю кинетическую энергию молекул жидкости
3. меньше средней кинетической энергии молекул жидкости
4. равна суммарной кинетической энергии молекул жидкости

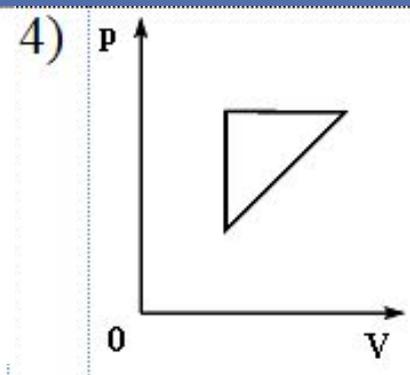
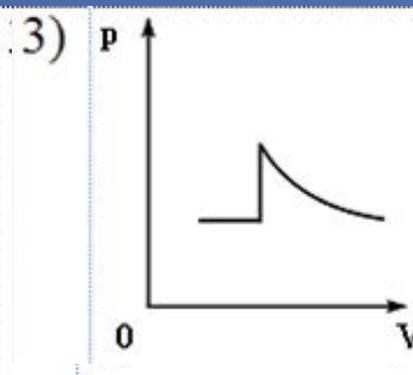
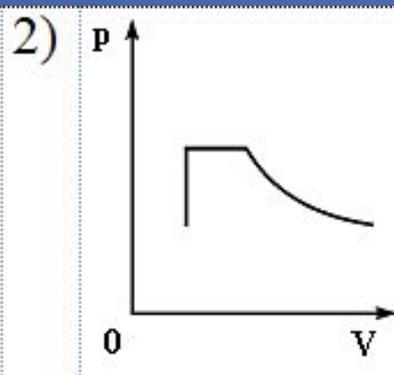
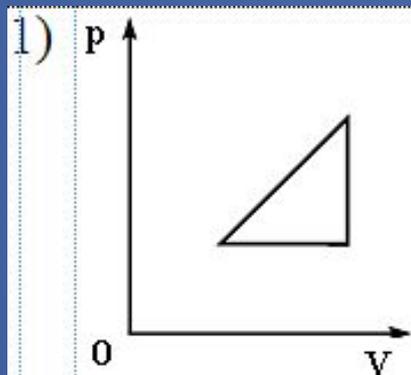
2002 г. А13 (КИМ). При сжатии идеального газа объем уменьшился в 2 раза, а температура газа увеличилась в 2 раза. Как изменилось при этом давление газа?

1. увеличилось в 4 раза .
2. уменьшилось в 2 раза
3. увеличилось в 2 раза
4. не изменилось

2002 г. А14 (КИМ). В результате нагревания газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Как изменилась при этом абсолютная температура газа?

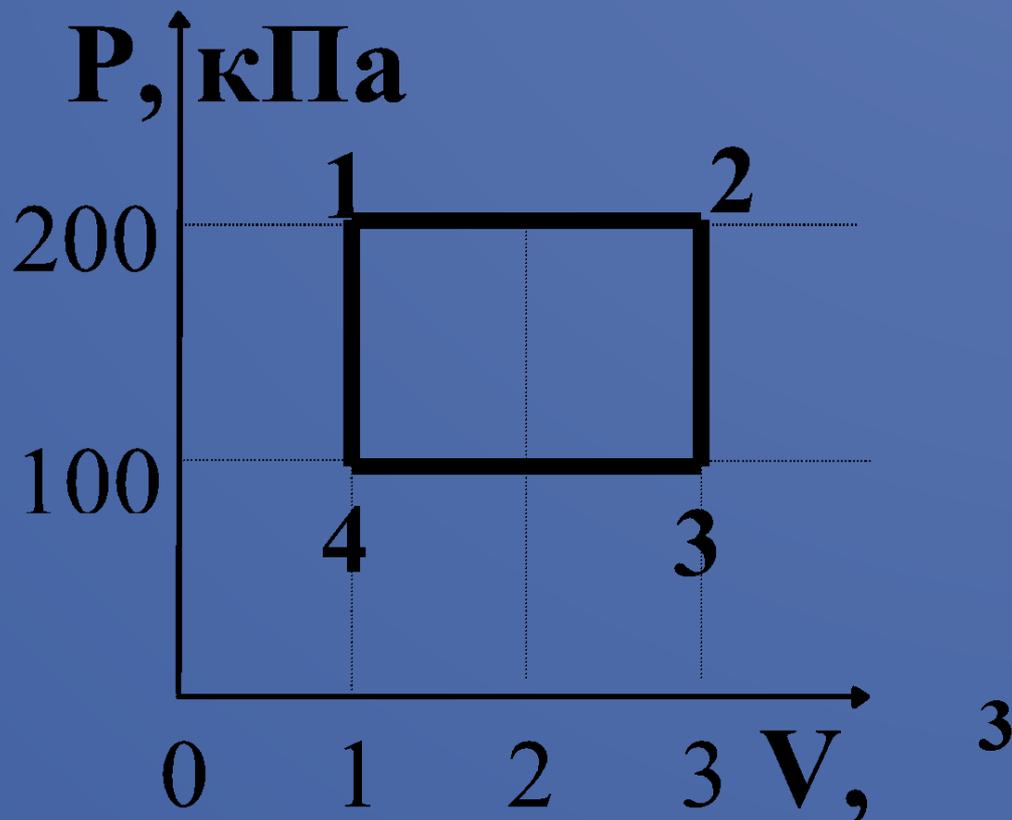
1. увеличилась в 2 раза
2. увеличилась в 4 раза
3. уменьшилась в 4 раза
4. не изменилась

2002 г. А29 (КИМ). Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях p – V соответствует этим изменениям состояния газа?



(ЕГЭ 2002 г., Демо) А30. Какова температура идеального газа в точке 2, если в точке 4 она равна 200К

1. 200 К
2. 400 К
3. 600 К
4. 1200 К



(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А8. Диффузия происходит быстрее при повышении температуры вещества, потому что

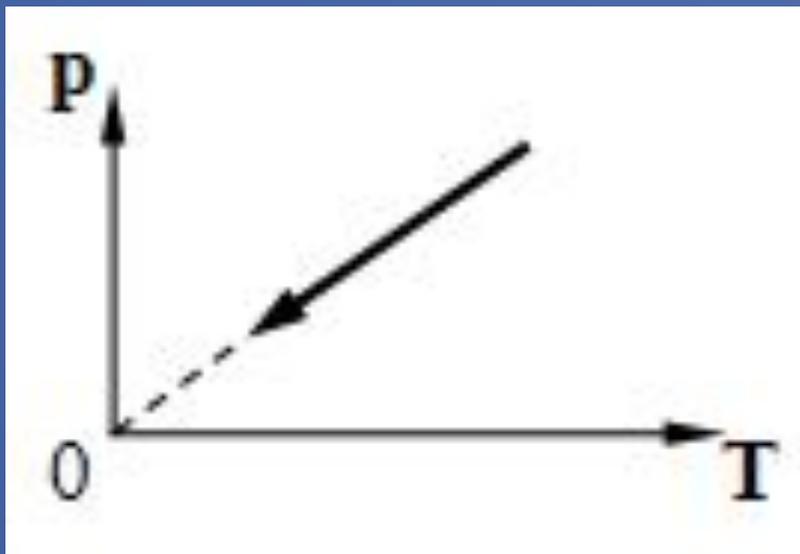
1. увеличивается скорость движения частиц
2. увеличивается взаимодействие частиц
3. тело при нагревании расширяется
4. уменьшается скорость движения частиц

(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А9. При неизменной концентрации частиц идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 3 раза.

При этом давление газа

1. уменьшилось в 3 раза
2. увеличилось в 3 раза
3. увеличилось в 9 раз
4. не изменилось

(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А10. На рисунке изображен график зависимости давления газа на стенки сосуда от температуры. Какой процесс изменения состояния газа изображен?



1. изобарное нагревание
2. изохорное охлаждение
3. изотермическое сжатие
4. изохорное нагревание

(ЕГЭ 2004 г., демо) А7. Давление идеального газа

зависит от

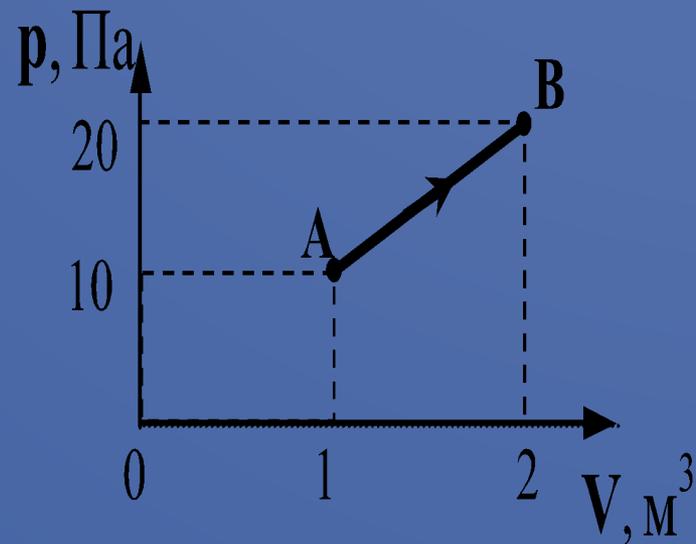
А. концентрации молекул.

Б. средней кинетической энергии молекул.

1. только от А
2. только от Б
3. и от А, и от Б
4. ни от А, ни от Б

(ЕГЭ 2004 г., демо) А23. При переходе из состояния А в состояние В температура идеального газа

1. увеличилась в 2 раза
2. увеличилась в 4 раза
3. уменьшилась в 2 раза
4. уменьшилась в 4 раза



(ЕГЭ 2006 г., ДЕМО) А8. В жидкостях частицы совершают колебания возле положения равновесия, сталкиваясь с соседними частицами. Время от времени частица совершает «прыжок» к другому положению равновесия. Какое свойство жидкостей можно объяснить таким характером движения частиц?

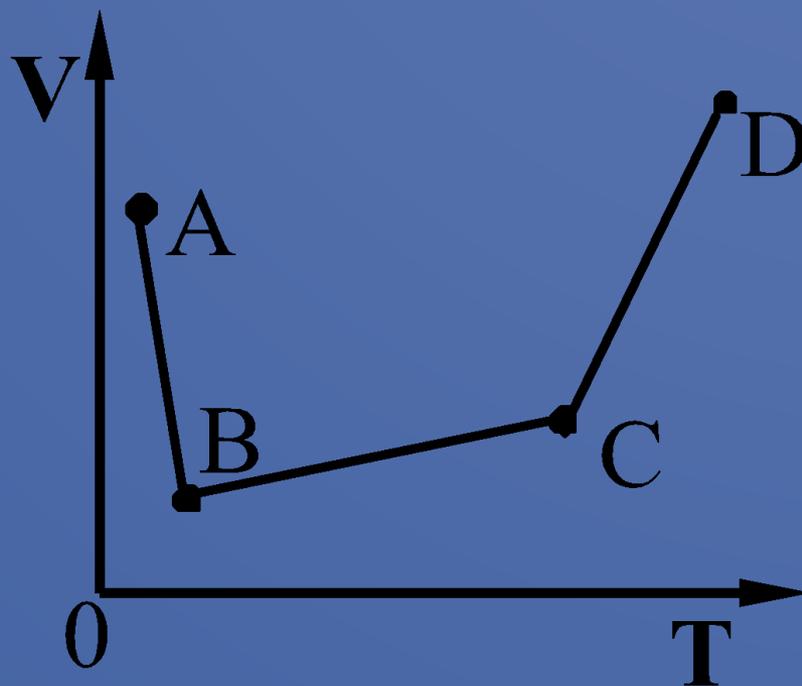
1. малую сжимаемость
2. текучесть
3. давление на дно сосуда
4. изменение объема при нагревании

(ЕГЭ 2006 г., ДЕМО) А27. Экспериментаторы закачивают воздух в стеклянный сосуд, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понижилась в 2 раза, а его давление возросло в 3 раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

1. в 2 раза
2. в 3 раза
3. в 6 раз
4. в 1,5 раза

ЕГЭ – 2006, ДЕМО. А 28. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости объема газа от температуры при изменении его состояния представлен на рисунке. В каком состоянии давление газа наибольшее?

1. А
2. В
3. С
4. D

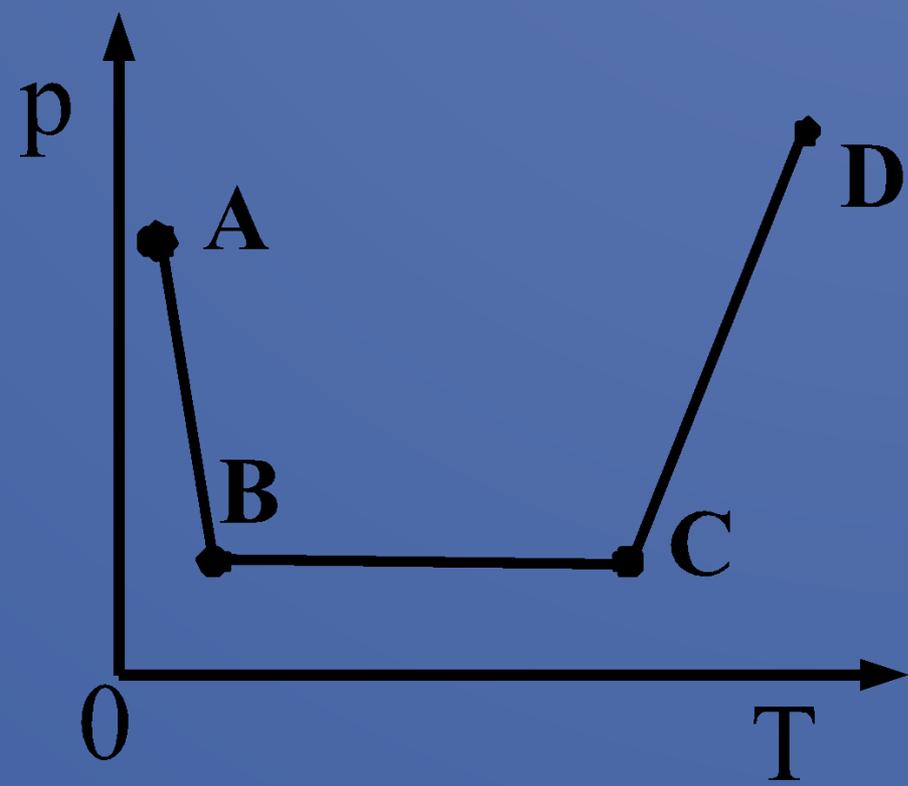


(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А10. 3 моль водорода находятся в сосуде при температуре T . Какова температура 3 моль кислорода в сосуде того же объема и при том же давлении? (Водород и кислород считать идеальными газами.)

1. $32T$
2. $16T$
3. $2T$
4. T

(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А15. В сосуде постоянного объема находится идеальный газ, массу которого изменяют. На диаграмме (см. рисунок) показан процесс изменения состояния газа. В какой из точек диаграммы масса газа наибольшая?

- 1. А
- 2. В
- 3. С
- 4. D



(ЕГЭ 2009 г., ДЕМО) А8. При понижении абсолютной температуры одноатомного идеального газа в 1,5 раза средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул

1. увеличится в 1,5 раза
2. уменьшится в 1,5 раза
3. уменьшится в 2,25 раза
4. не изменится

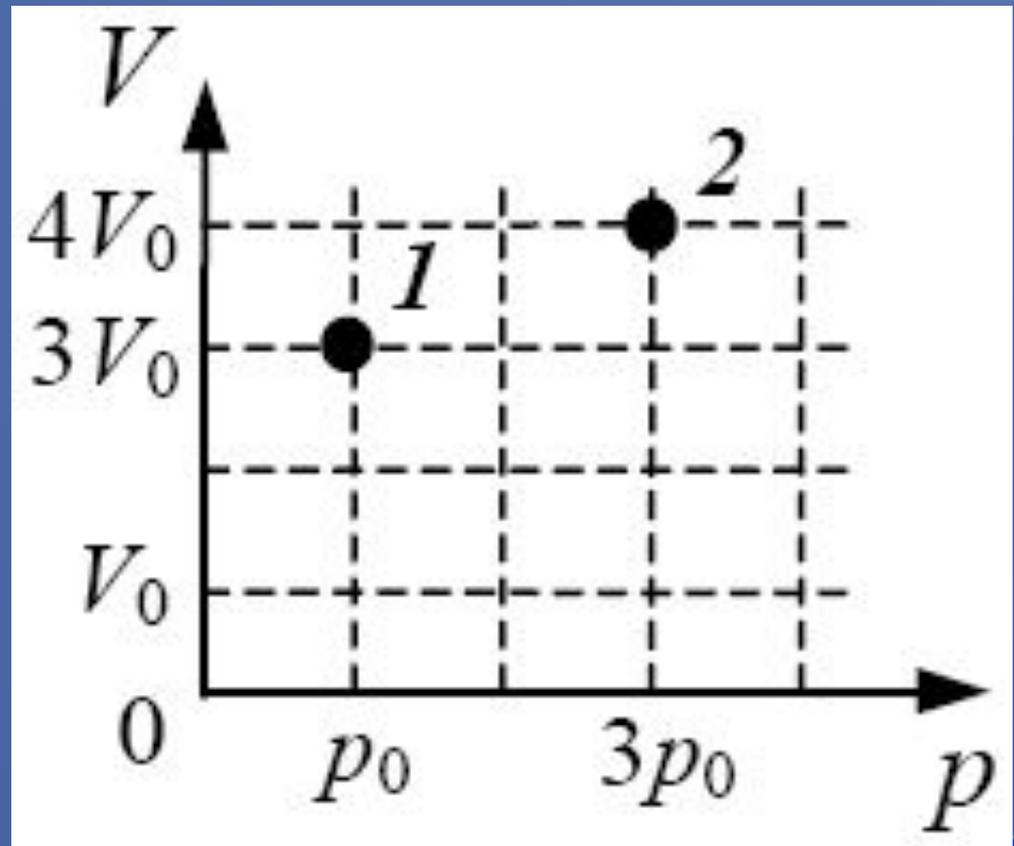
(ЕГЭ 2009 г., ДЕМО) А12. В сосуде находится постоянное количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдет из состояния *1* в состояние *2* (см. рисунок)?

1) $T_2 = 4T_1$

2) $T_2 = \frac{1}{4} T_1$

3) $T_2 = \frac{4}{3} T_1$

4) $T_2 = \frac{3}{4} T_1$



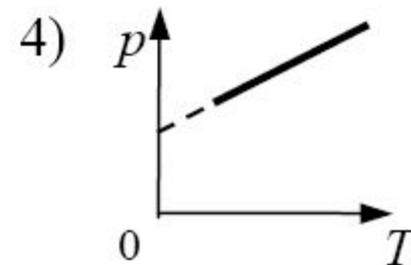
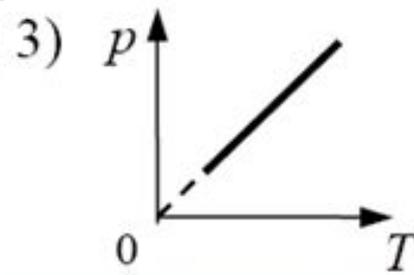
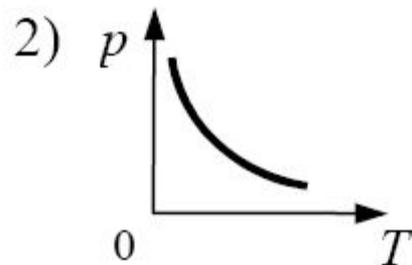
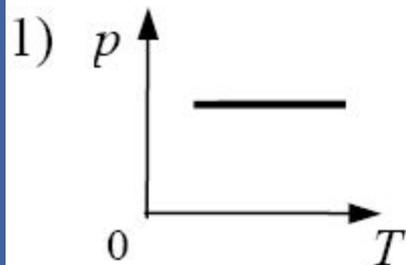
(ЕГЭ 2009 г., ДЕМО) В2.

Используя первый закон термодинамики, установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями изопроцесса в идеальном газе и его названием.

ОСОБЕННОСТИ ИЗОПРОЦЕССА	НАЗВАНИЕ ИЗОПРОЦЕССА
А) Все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы, а внутренняя энергия газа остается неизменной.	1) изотермический
Б) Изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует.	2) изобарный
	3) изохорный
	4) адиабатный

А	Б
1	4

(ЕГЭ 2010 г., ДЕМО) А9. На рисунке приведены графики зависимости давления 1 моль идеального газа от абсолютной температуры для различных процессов. Какой из графиков соответствует изохорному процессу?



(ЕГЭ 2010 г., ДЕМО) В1.

В сосуде неизменного объема находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Температура газов в сосуде поддерживалась неизменной. Как изменились в результате парциальные давления газов и их суммарное давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

Парциальное давление первого газа	Парциальное давление второго газа	Давление смеси газов в сосуде
1	2	3