

Термодинамика и молекулярная физика (перегородки и поршни)

Автор УМК «Физика» ГК «Просвещение»
Анжелика Васильевна Кошкина

Сосуд разделён перегородкой



Объемы частей сосуда
остаются *постоянными*

Каковы свойства перегородки?

Теплопроводящая

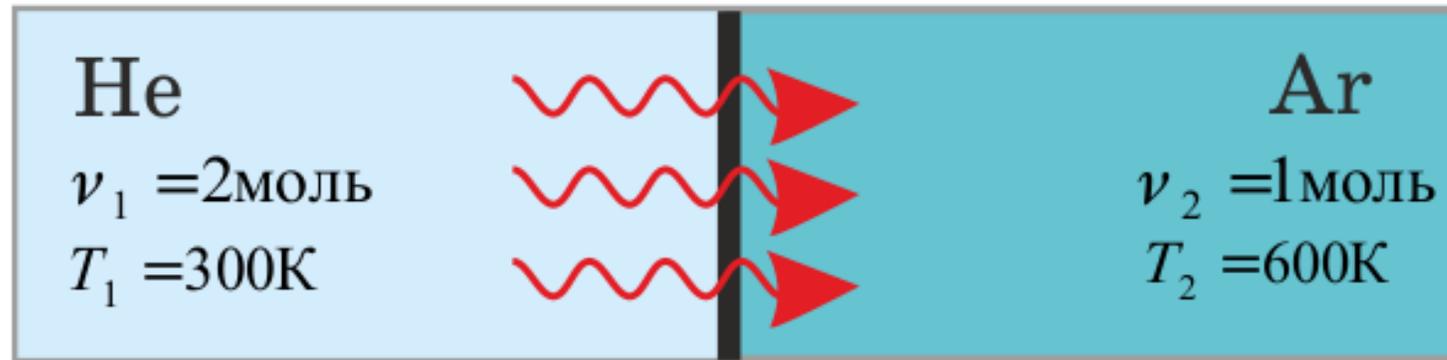
- Равны температуры газов.

Пористая или полупроницаемая

- Молекулы одного газа могут проникать сквозь перегородку, а молекулы другого газа не могут. По обе стороны перегородки одинаково парциальное давление того газа, молекулы которого могут проникать сквозь перегородку. При этом одинакова также концентрация этого газа по обе стороны перегородки. Температуры газов одинаковы.

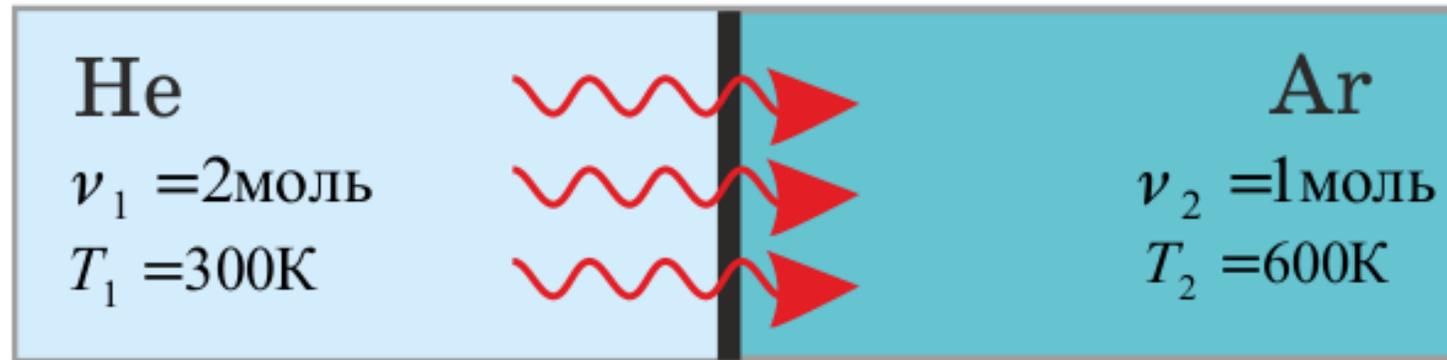


Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№1



Имеет ли значение: является перегородка теплопроводящей или нет?

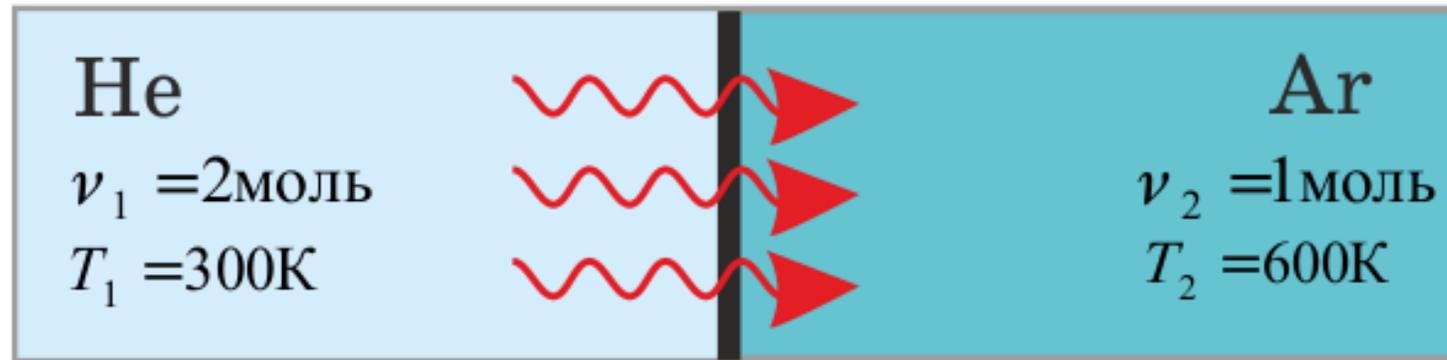
Не имеет значения.

Вследствие того, что атомы гелия могут свободно проникать сквозь перегородку, у них будет одинаковая средняя кинетическая энергия по обе стороны перегородки. А в той части сосуда, где будут находиться гелий и аргон, установится тепловое равновесие между ними, вследствие чего температуры этих газов станут равными.



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№1

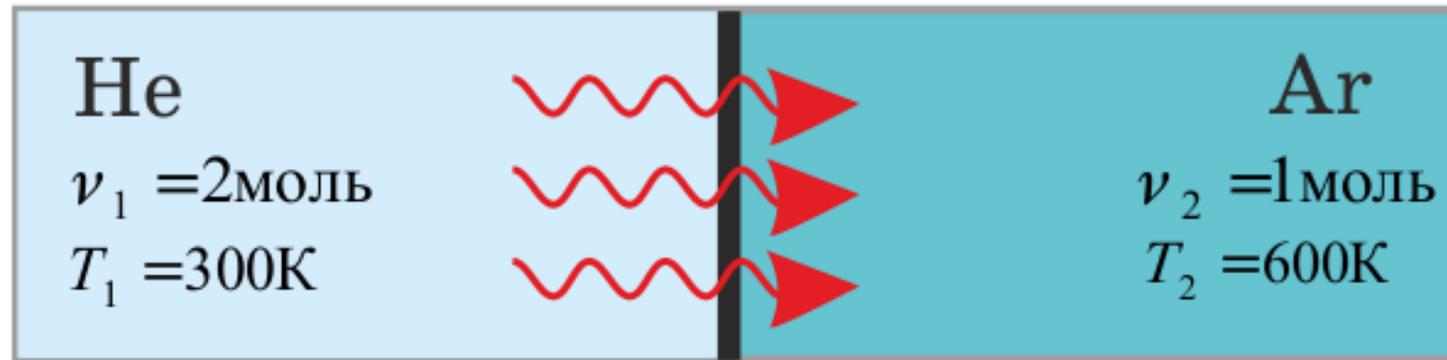


Имеет ли значение: является перегородка теплопроводящей или нет?



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№2

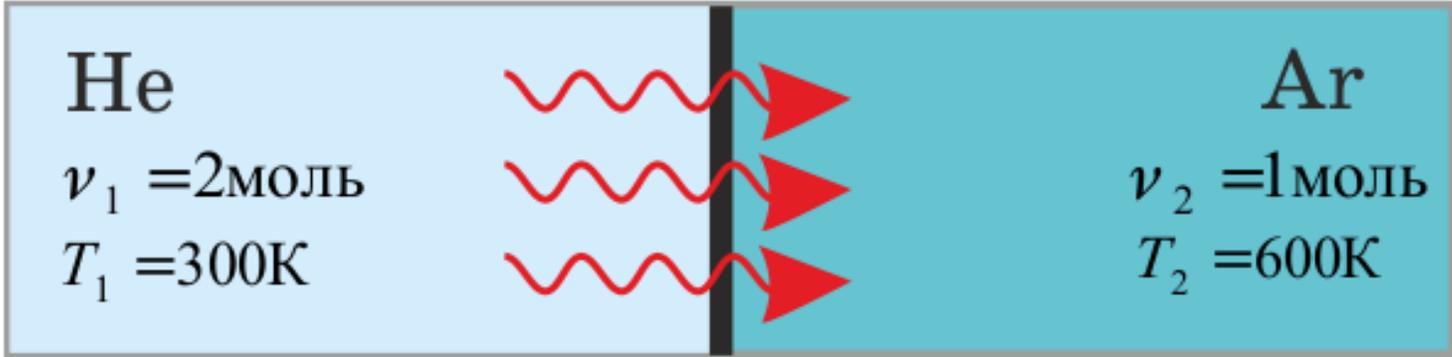


Средняя кинетическая энергия атомов какого газа в начальный момент больше? Во сколько раз больше?



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№2



Средняя кинетическая энергия атомов какого газа в начальный момент больше? Во сколько раз больше?

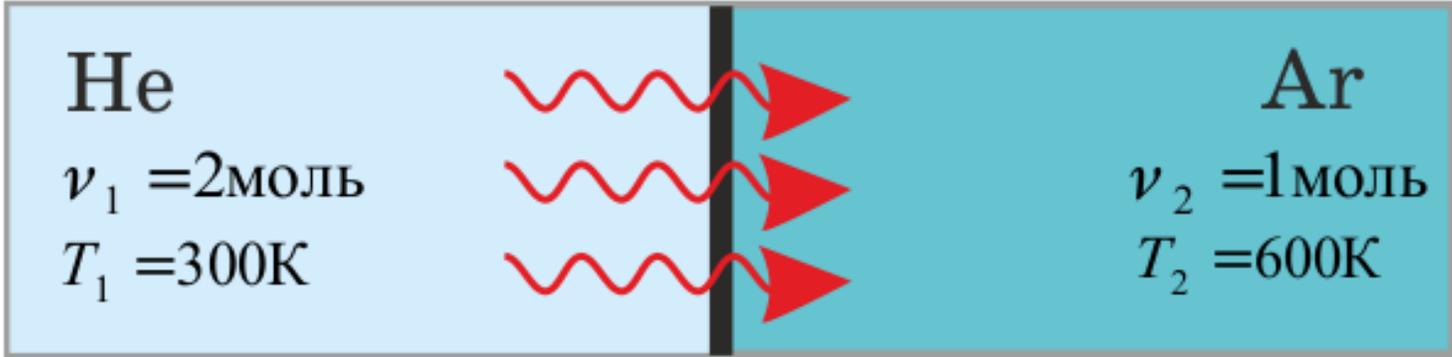
Атомов аргона; в 2 раза.

$$\bar{E}_{\text{к0}} = \frac{3}{2} \kappa T$$



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№3

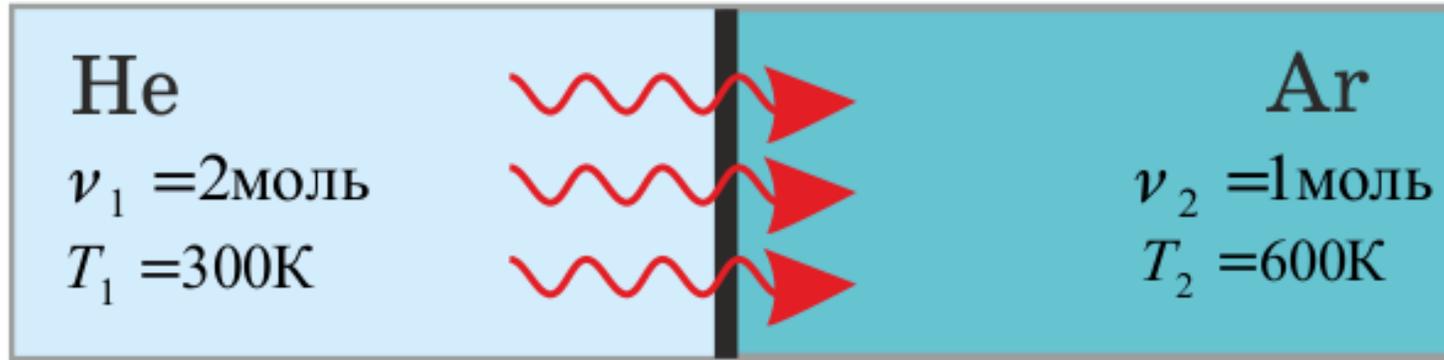


Внутренняя энергия какого газа в начальный момент больше? Во сколько раз больше?



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№3



Внутренняя энергия какого газа в начальный момент больше? Во сколько раз больше?

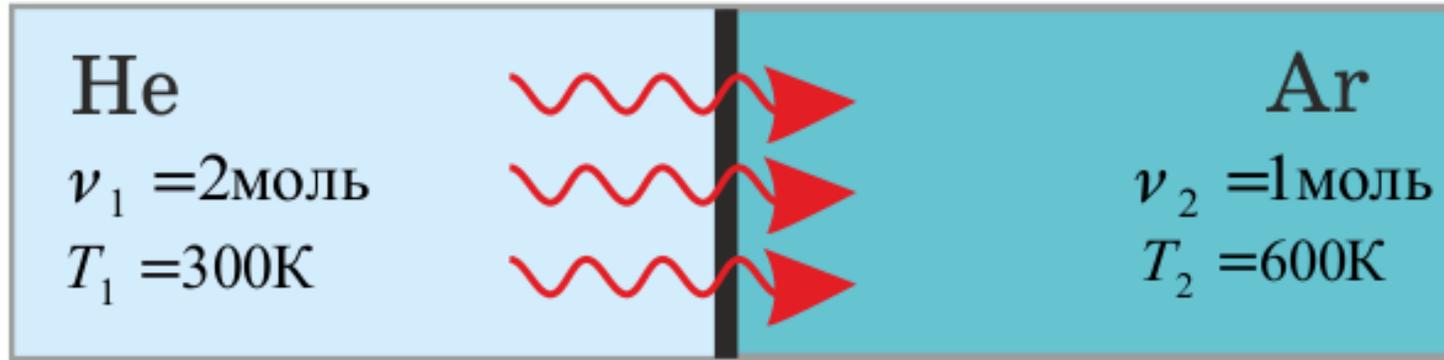
Внутренние энергии газов в начальный момент равны

$$U = \frac{3}{2} \nu RT$$



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№4

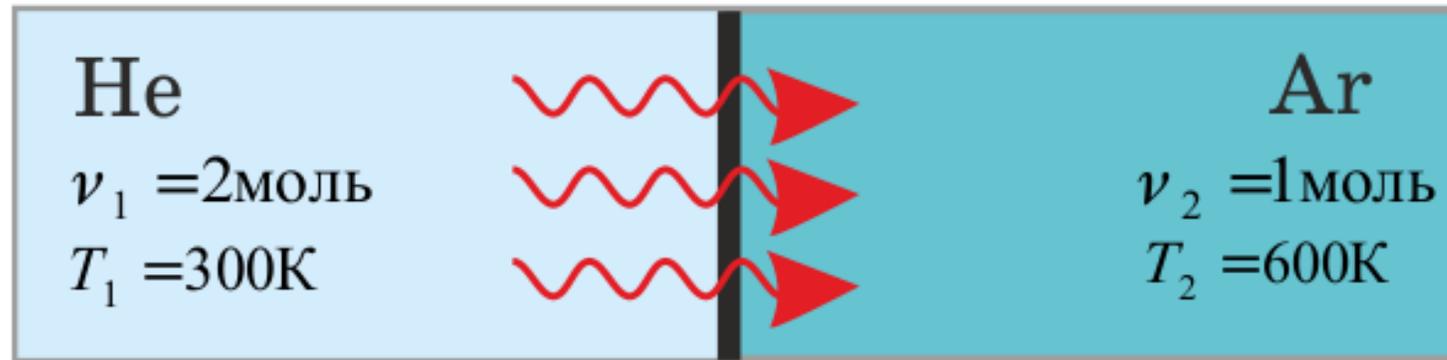


Объясните, почему средние кинетические энергии атомов различных газов будут равны после установления теплового равновесия.



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№4



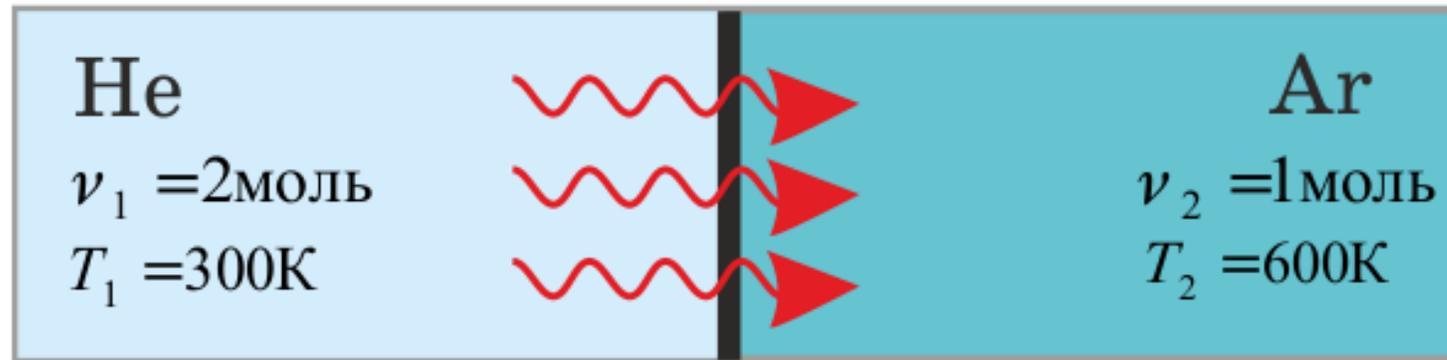
Объясните, почему средние кинетические энергии атомов различных газов будут равны после установления теплового равновесия.

Вследствие того, что атомы гелия могут свободно проникать сквозь перегородку, у них будет одинаковая средняя кинетическая энергия по обе стороны перегородки. А в той части сосуда, где будут находиться гелий и аргон, установится тепловое равновесие между ними, вследствие чего температуры и средние кинетические энергии этих газов станут равными.



Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№5



Какая температура будет в сосуде после установления теплового равновесия?
Указание. Воспользуйтесь законом сохранения энергии.

400 К

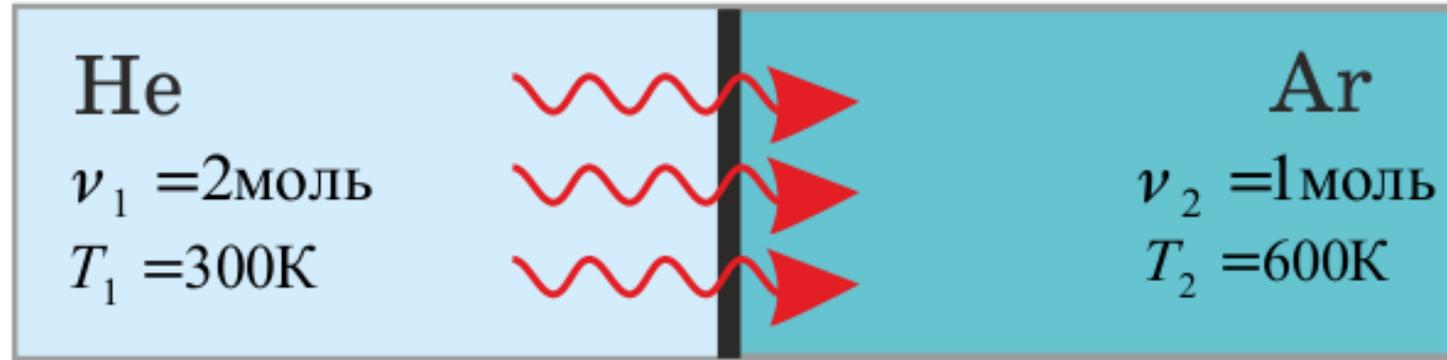
Сосуд теплоизолированный

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T$$

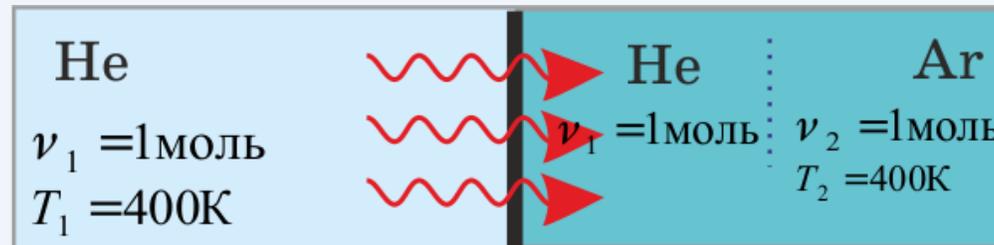
$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№6

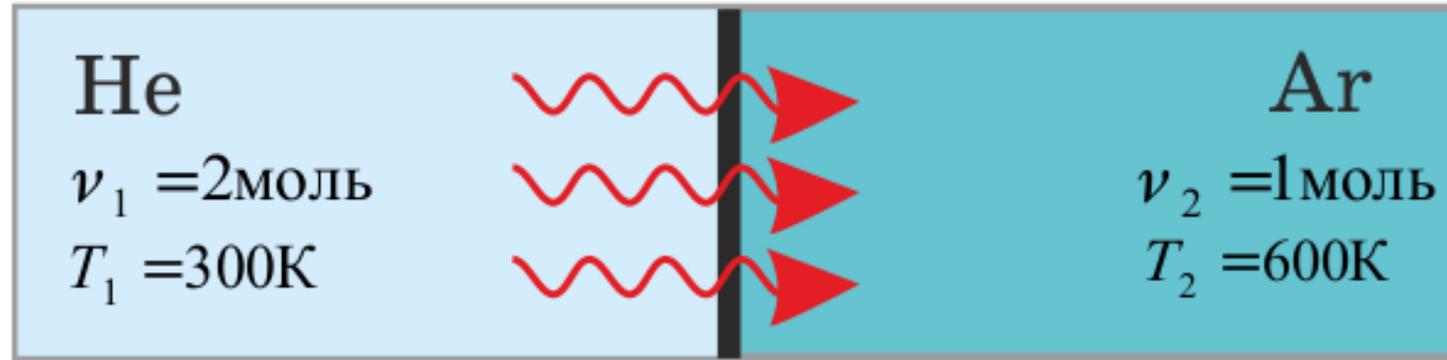


Как изменится по сравнению с начальным давлением аргона в правой части сосуда после установления равновесия?



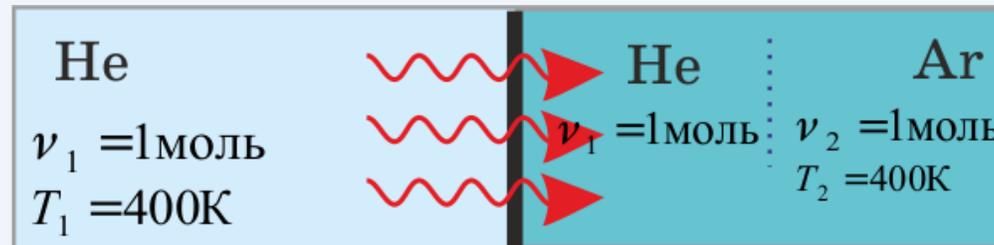
Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№6



Как изменится по сравнению с начальным давление аргона в правой части сосуда после установления равновесия?

Уменьшится в 1,5 раза.

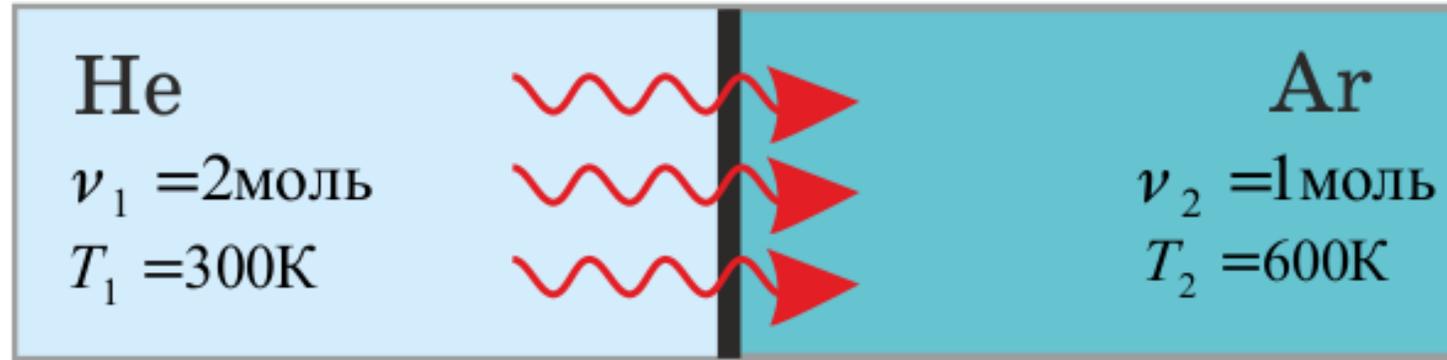


$$PV = \nu RT$$

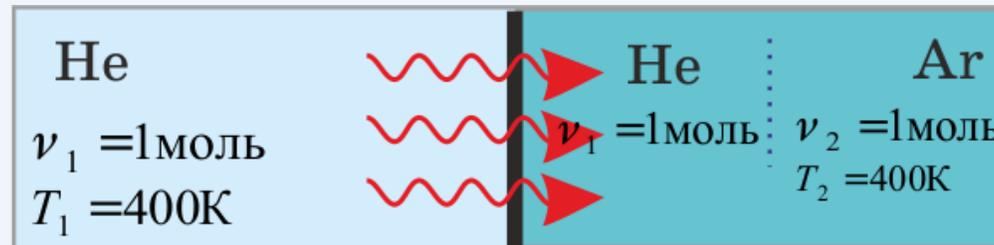


Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№7

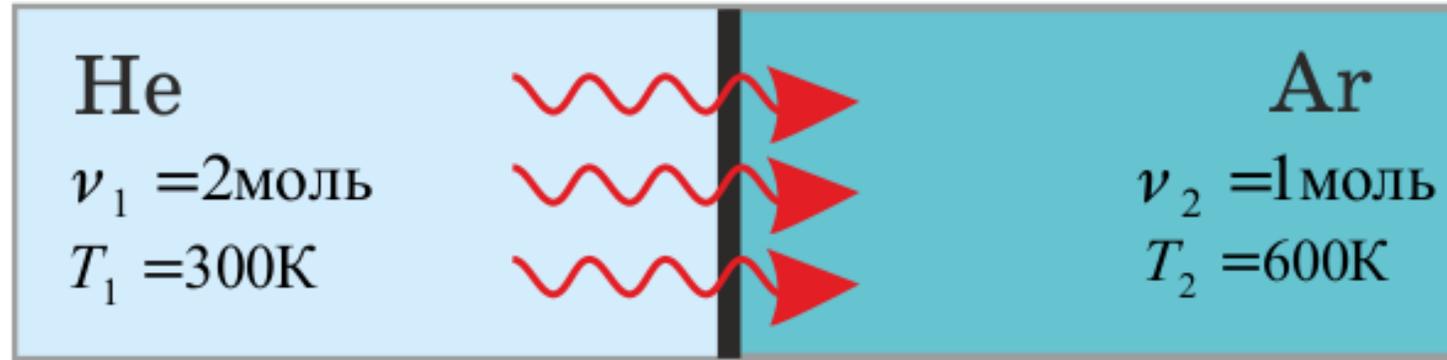


Как изменится по сравнению с начальным давление гелия в левой части сосуда после установления равновесия?



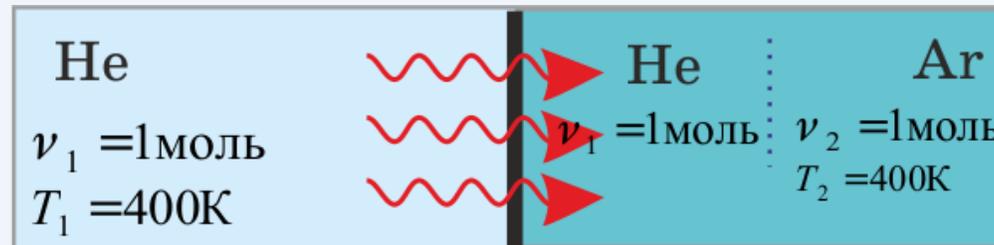
Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№7



Как изменится по сравнению с начальным давление гелия в левой части сосуда после установления равновесия?

Уменьшится в 1,5 раза.

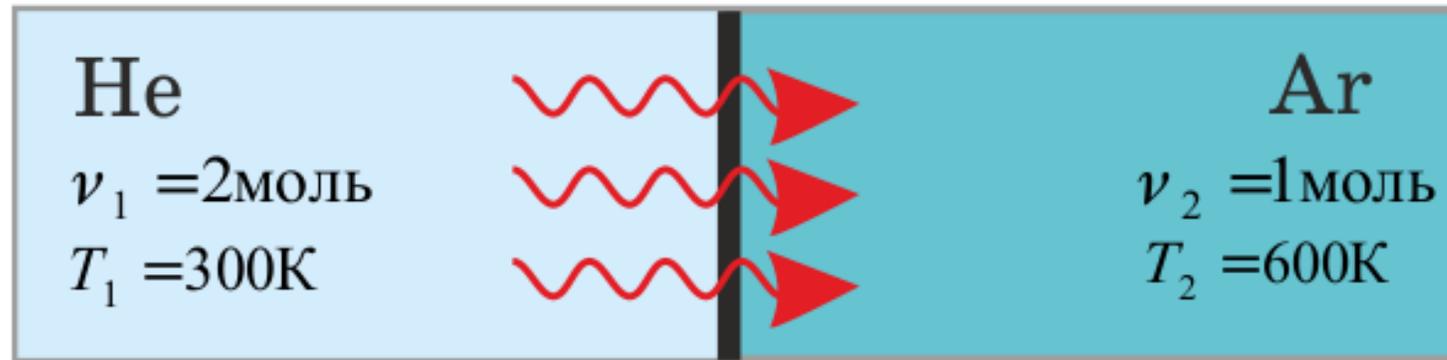


$$PV = \nu RT$$

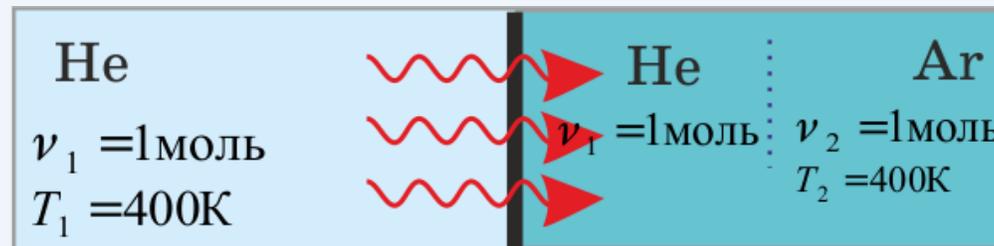


Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№8

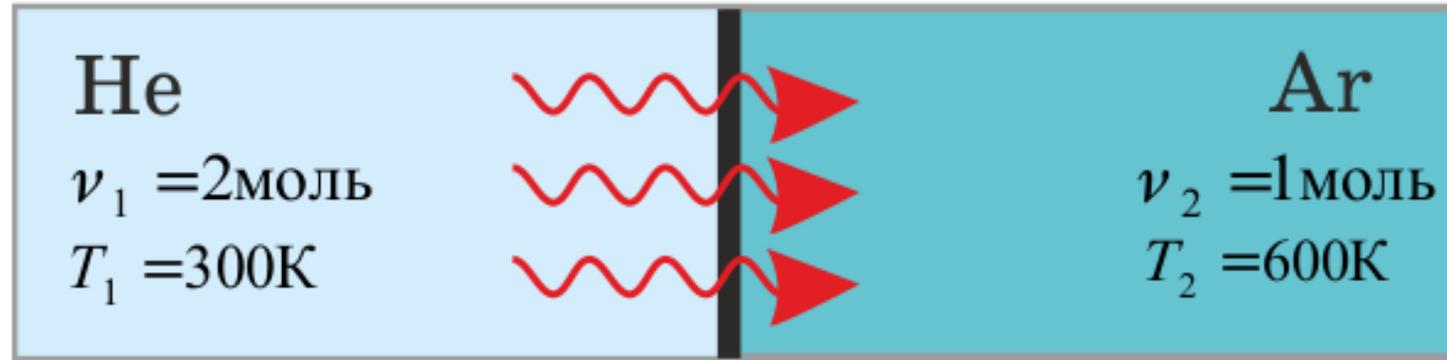


Давление в какой части сосуда будет больше после установления равновесия? Во сколько раз больше?



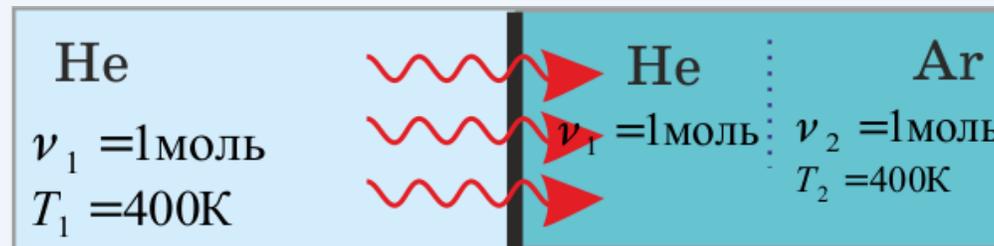
Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой — 1 моль аргона. Начальная температура гелия 300 К, а начальная температура аргона 600 К. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона не могут.

№8



Давление в какой части сосуда будет больше после установления равновесия? Во сколько раз больше?

В правой; в 2 раза больше.



$$PV = \nu RT$$



12

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В начальный момент времени в левой части сосуда содержится 4 моль гелия, в правой — 20 г неона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул неона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной.

Выберите *все* верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза меньше, чем неона.
- 2) Отношение давления газов в правой части сосуда к давлению газа в левой части сосуда равно 1,5.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в 4 раза больше, чем неона.
- 5) В результате установления равновесия давление в правой части сосуда увеличилось в 2 раза.

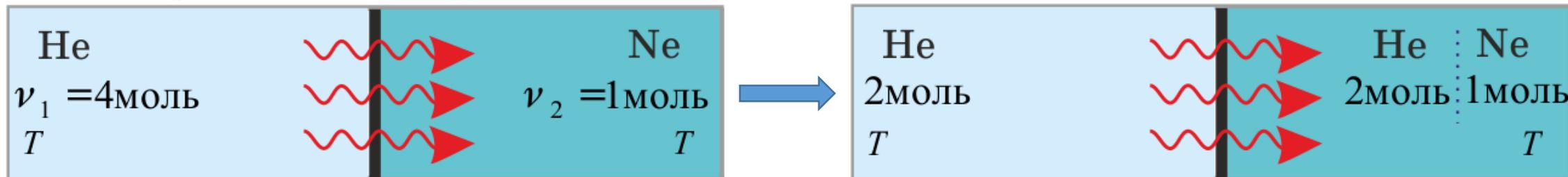


12

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В начальный момент времени в левой части сосуда содержится 4 моль гелия, в правой — 20 г неона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул неона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной.

Выберите *все* верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе.

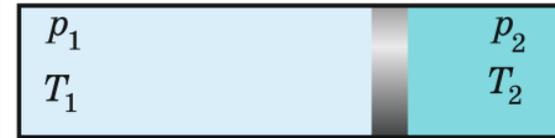
- 1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза меньше, чем неона.
- + 2) Отношение давления газов в правой части сосуда к давлению газа в левой части сосуда равно 1,5.
- + 3) В правой части сосуда общее число молекул газов меньше, чем в левой части.
- + 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в 4 раза больше, чем неона.
- 5) В результате установления равновесия давление в правой части сосуда увеличилось в 2 раза.



Какие бывают поршни?

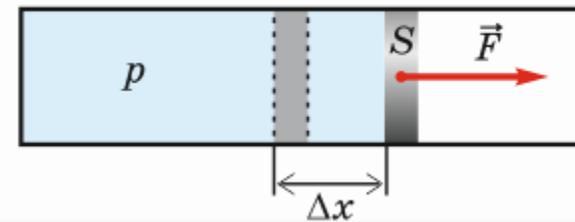
Поршни

- Теплопроводящие
- Не теплопроводящие



Поршни

- Двигаются с трением
- Двигаются без трения



Поршни

- В горизонтально расположенном цилиндре
- В вертикально расположенном цилиндре



Что можно сказать о давлении и температуре двух газов, разделенных поршнем, если:

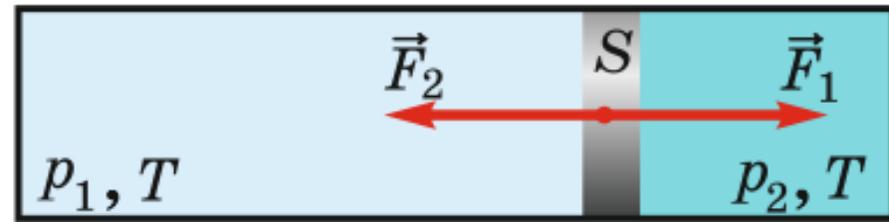
а) поршень теплопроводящий и может двигаться без трения?



Что можно сказать о давлении и температуре двух газов, разделенных поршнем, если:

а) поршень теплопроводящий и может двигаться без трения?

$$T_1 = T_2$$



Поршень в равновесии $\Rightarrow F_1 = F_2$

$$F = pS \Rightarrow p_1 = p_2$$

Равны давления газов и их температуры



Что можно сказать о давлении и температуре двух газов, разделенных поршнем, если:

а) поршень не теплопроводящий и может двигаться без трения?

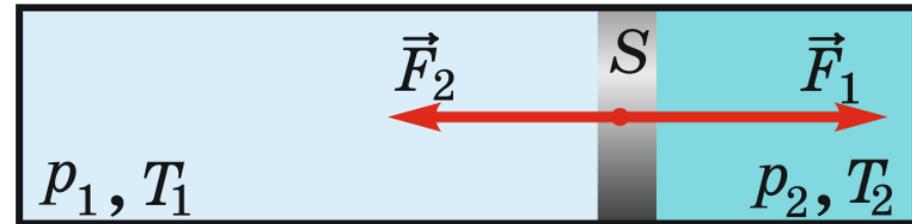


Скрытая в условии информация

Что можно сказать о давлении и температуре двух газов, разделенных поршнем, если:

а) поршень не теплопроводящий и может двигаться без трения?

$$T_1 \neq T_2$$



Поршень в равновесии $\Rightarrow F_1 = F_2$

$$F = pS \Rightarrow p_1 = p_2$$

Равны давления газов и их температуры могут отличаться



Что можно сказать о давлении и температуре двух газов, разделенных поршнем, если:

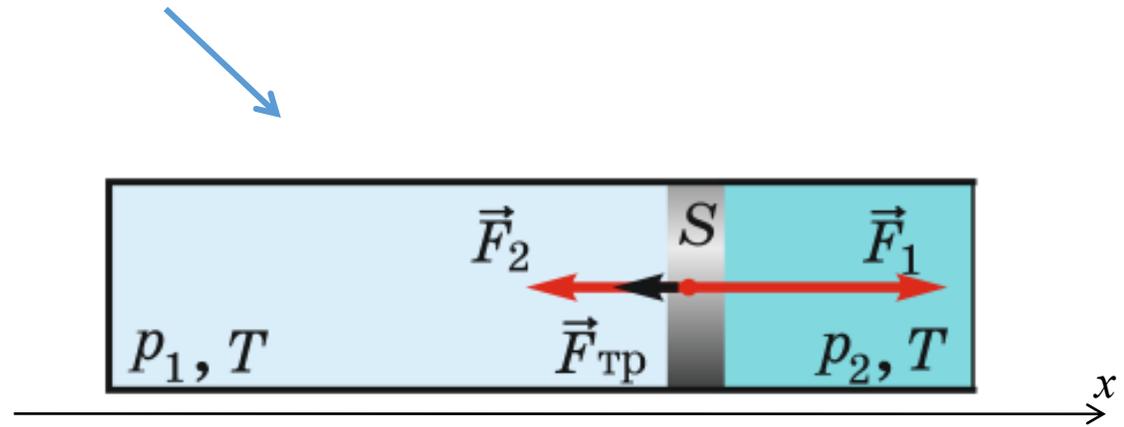
б) поршень теплопроводящий, но надо учитывать трение между поршнем и стенками сосуда?



Что можно сказать о давлении и температуре двух газов, разделенных поршнем, если:

б) поршень теплопроводящий, но надо учитывать трение между поршнем и стенками сосуда?

$$T_1 = T_2$$



Поршень в равновесии $\Rightarrow F_1 - F_2 - F_{\text{тр}} = 0$

$$p_1 \neq p_2$$

Равны температуры газов, но их давления могут различаться

В горизонтально расположенном гладком цилиндре с поршнем по разные стороны поршня находятся водород и кислород.

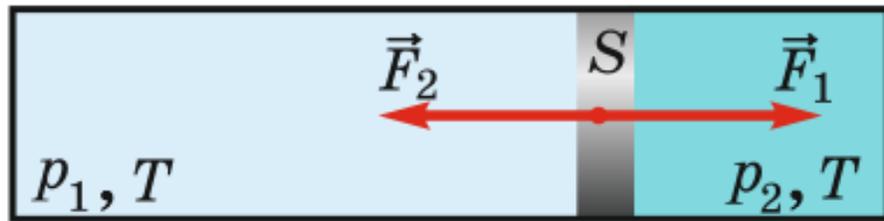
в) Каким соотношением связаны объемы газов и количества вещества в них, если поршень подвижный и теплопроводящий?



Включение в систему знаний

В горизонтально расположенном гладком цилиндре с поршнем по разные стороны поршня находятся водород и кислород.

в) Каким соотношением связаны объемы газов и количества вещества в них, если поршень подвижный и теплопроводящий?



Поршень в равновесии $\Rightarrow F_1 = F_2$

$$F = pS \Rightarrow p_1 = p_2$$

$$T_1 = T_2$$



$$pV = \nu RT \Rightarrow \frac{\nu_{\text{В}} RT}{V_{\text{В}}} = \frac{\nu_{\text{К}} RT}{V_{\text{К}}}$$

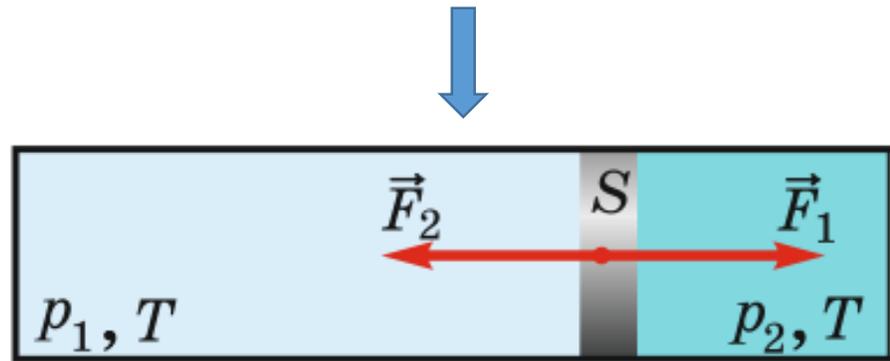
$$\frac{V_{\text{В}}}{V_{\text{К}}} = \frac{\nu_{\text{В}}}{\nu_{\text{К}}}$$



Включение в систему знаний

В горизонтально расположенном гладком цилиндре с поршнем по разные стороны поршня находятся водород и кислород.

б) Каким соотношением связаны объемы и массы газов в этом случае? Поршень подвижный и теплопроводящий.



Поршень в равновесии $\Rightarrow F_1 = F_2$

$$F = pS \Rightarrow p_1 = p_2$$

$$T_1 = T_2$$

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \frac{m_B RT}{M_B V_B} = \frac{m_K RT}{M_K V_K}$$

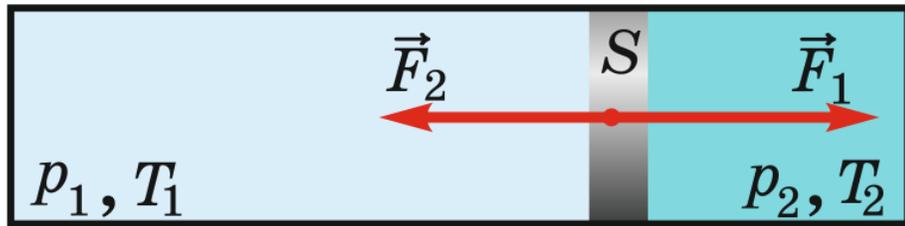
$$\frac{V_B}{V_K} = \frac{M_K m_B}{M_B m_K} \Rightarrow \frac{V_B}{V_K} = 16 \frac{m_B}{m_K}$$



Включение в систему знаний

В горизонтально расположенном гладком цилиндре с поршнем по разные стороны поршня находятся водород и кислород.

б) Как связаны объемы, массы и температуры газов, если поршень подвижный, но не теплопроводящий?



Поршень в равновесии $\Rightarrow F_1 = F_2$

$$F = pS \Rightarrow p_1 = p_2$$



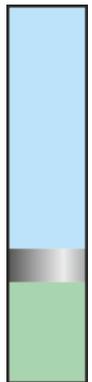
$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \frac{m_B RT_B}{M_B V_B} = \frac{m_K RT_K}{M_K V_K}$$

$$\frac{V_B}{V_K} = \frac{M_K m_B T_B}{M_B m_K T_K} \Rightarrow \frac{V_B}{V_K} = 16 \frac{m_B T_B}{m_K T_K}$$



Вертикально расположенный цилиндрический сосуд высотой l разделен подвижным поршнем на две части. В верхней части высотой $l_{\text{в}}$ находится молей гелия, а в нижней части высотой $l_{\text{н}}$ — столько же молей водорода. Температура газов остается все время равной T . Масса поршня m , площадь S , толщиной поршня можно пренебречь по сравнению с высотой сосуда.

- Выразите давление в каждой части сосуда через другие величины. Имеет ли для этого значение вид газа в частях сосуда?
- Напишите уравнение, связывающее давления газов в каждой части сосуда с массой поршня и его площадью.
- Чему равна масса поршня, если $l = 50$ см, $n = 0,22$ моль, $T = 361$ К, $l_{\text{в}} = 30$ см.



Перегородки

Теплопроводящая	Равны температуры газов
Пористая	Молекулы одного газа могут проникать сквозь перегородку, а молекулы другого газа не могут. По обе стороны перегородки одинаково парциальное давление того газа, молекулы которого могут проникать сквозь перегородку, одинакова концентрация этого газа по обе стороны перегородки. Равны температуры газов.

Поршни

Теплопроводящие	Равны температуры газов
Не теплопроводящие	Температуры газов различны
Двигаются без трения	Равны давления газов
Двигаются с трением	Давления газов могут различаться
В горизонтальном цилиндре	Вес поршня можно не учитывать
В вертикальном цилиндре	Необходимо учитывать вес поршня, давления различны



СИТУАЦИЯ
Два газа в цилиндре с поршнем

- ЯВЛЕНИЯ, ЗАКОНЫ**
- 1) Равновесие поршня (2 закон Ньютона).
 - 2) Закон Бойля-Мариотта
 - 3) Уравнение Клапейрона

СООТНОШЕНИЯ И РАЗВИТИЕ СИТУАЦИИ

Горизонтально

Вертикально

с трением

без трения

без трения

с трением

p-?

T-?

U/U_л -?

U/U_п -?

V_{2л}/V_{1л} -?

V_{2п}/V_{1п} -?

Теплопроводящая
T=const

$$p_{1л}V_{1л} = p_{2л}V_{2л}$$

$$p_{1п}V_{1п} = p_{2п}V_{2п}$$

$$U_{л+п} = U = \text{const}$$

$$U_{л,п} = 3/2 v_{л,п} RT$$

Тепло непроницаемая
T ≠ const

$$\frac{p_{1л}V_{1л}}{T_{1л}} = \frac{p_{2л}V_{2л}}{T_{2л}}$$

$$p_{1п}V_{1п} = p_{2п}V_{2п}$$

ΔT -?
T -?
p₁ -?
p₁ -

Теплопроводящий поршень
T=const

$$p_{1п}V_{1п} = p_{2п}V_{2п}$$

$$p_{1в}V_{1в} = p_{2в}V_{2в}$$

$$p_2 S = p_1 S + mg$$

m -?
v -?
T -?
T -?
V_{2в}/V_{1в} -?
V_{2п}/V_{1п} -?

Тепло непроводящий поршень
T ≠ const

$$\frac{p_{1в}V_{1в}}{T_{1в}} = \frac{p_{2в}V_{2в}}{T_{2в}}$$

$$p_{1в}V_{1в} = p_{2в}V_{2в}$$

$$p_2 S = p_1 S + mg$$

m -?
ΔT -?
T -?
V_{2в}/V_{1в} -?
V_{2п}/V_{1п} -?

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $Q = 75$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние $x = 10$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?



В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало.

В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $Q = 75$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние $x = 10$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

Поршни

Двигаются без трения	Равны давления газов
В горизонтальном цилиндре	Вес поршня можно не учитывать



$$p = \text{const}$$

$$Q = A_{\tau} + \Delta U$$

Работа внешних сил

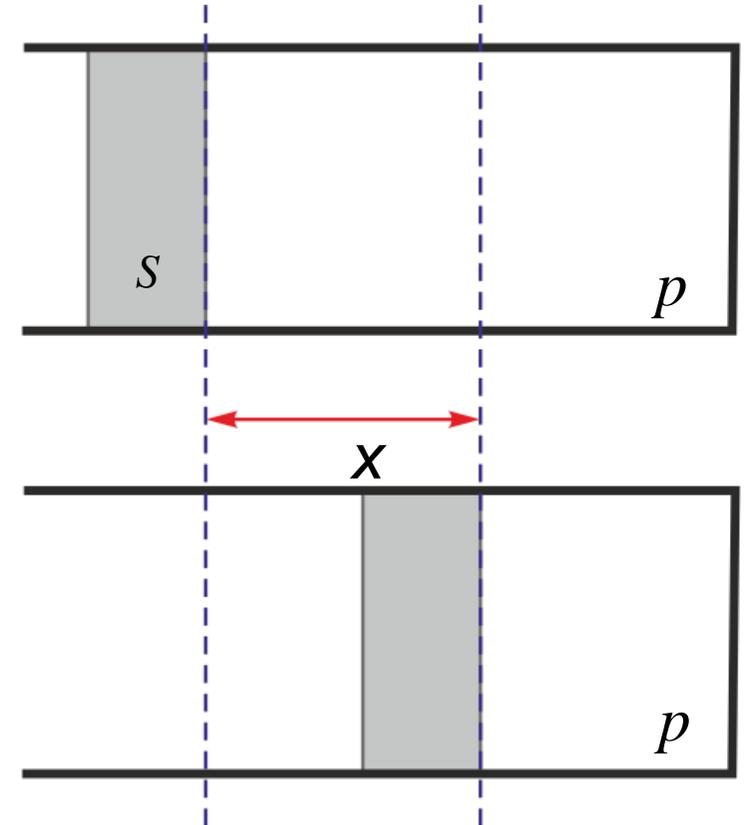
$$A_{\tau} = FS \cos \alpha = -pSx$$

Изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа при его изобарном сжатии

$$\Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V = -\frac{3}{2} pSx$$

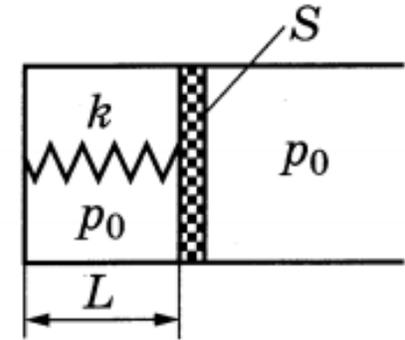
$$Q = -pSx + \left(-\frac{3}{2} pSx \right) = -\frac{5}{2} pSx \quad ; \quad S = -\frac{2Q}{5px}$$

$$S = 30 \text{ см}^2$$



27

В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной с жёсткостью k . В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра было равно L , а давление газа в цилиндре было равно внешнему атмосферному давлению p_0 (см. рисунок). Затем газу было передано количество теплоты Q , и в результате поршень медленно переместился вправо на расстояние b . Чему равна площадь поршня S ?



Поршни

Двигаются без трения, но есть пружина	Равны давления будут не одинаковы
В горизонтальном цилиндре	Вес поршня можно не учитывать

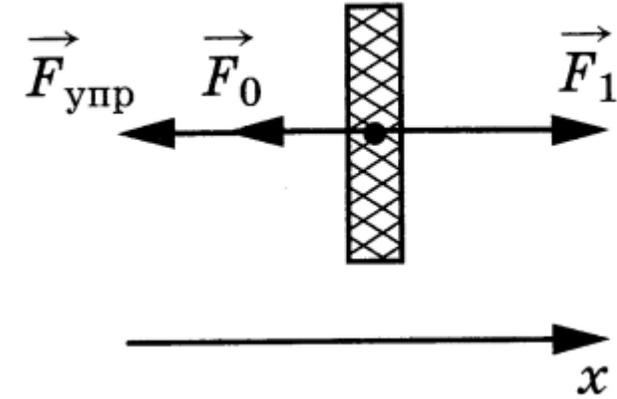
ИСО → Можно применять законы Ньютона



ИСО \rightarrow Можно применять законы Ньютона

Медленное движение поршня $\rightarrow a = 0 \rightarrow \sum F = 0$

$$F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$$



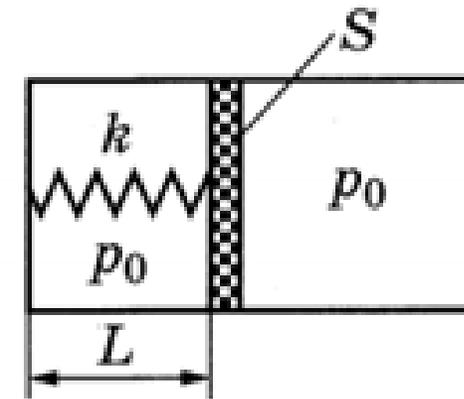
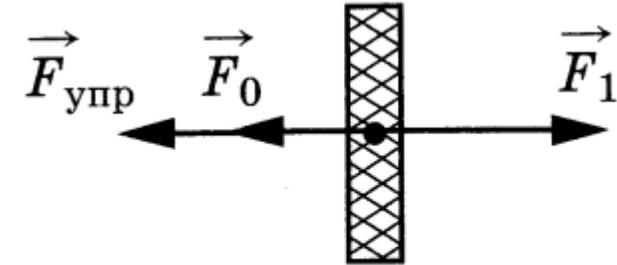
ИСО → Можно применять законы Ньютона

Медленное движение поршня → $a = 0$ → $\sum F = 0$

$$F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$$

Давление справа и слева равны.
Стенки гладкие

→ В начальном состоянии пружина не деформирована



ИСО \rightarrow Можно применять законы Ньютона

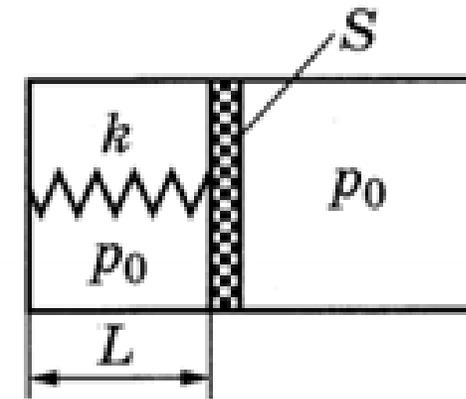
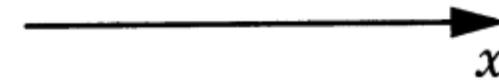
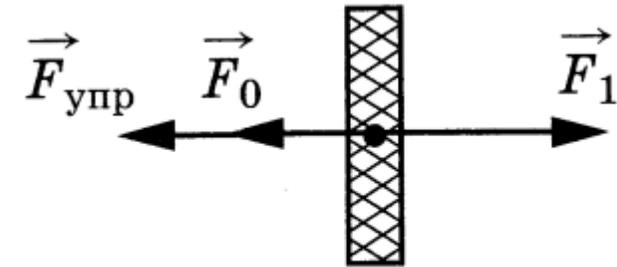
Медленное движение поршня $\rightarrow a = 0 \rightarrow \sum F = 0$

$$F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$$

Давление справа и слева равны.
Стенки гладкие

\rightarrow В начальном состоянии пружина не деформирована

$$Q = U_2 - U_1 + A_{12}$$

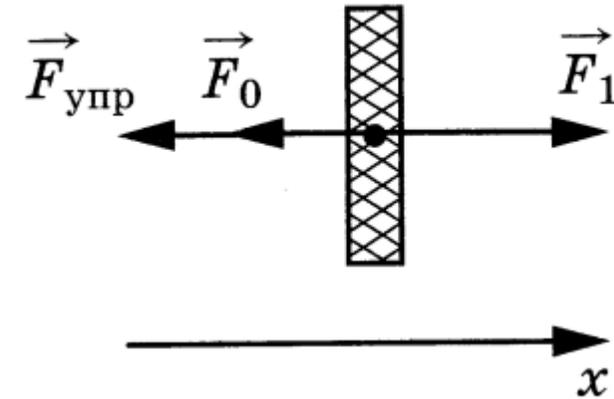


Определим работу газа по перемещению поршня

$$F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$$

$$F_1 = p(x)S = F_0 + F_{\text{упр}} = p_0S + kx,$$

$$p(x) = p_0 + \frac{kx}{S}$$

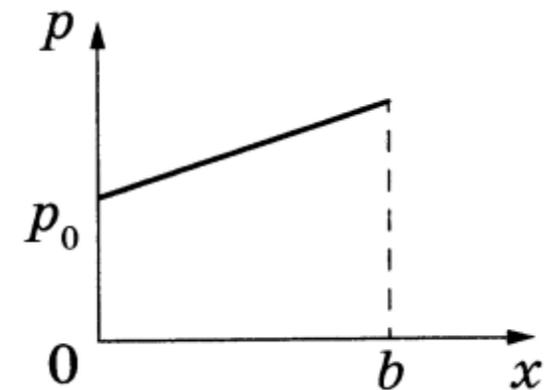
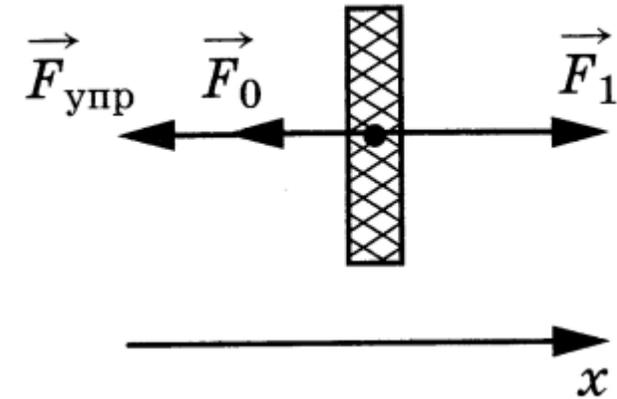


Определим работу газа по перемещению поршня

$$F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$$

$$F_1 = p(x)S = F_0 + F_{\text{упр}} = p_0S + kx,$$

$$p(x) = p_0 + \frac{kx}{S}$$



Определим работу газа по перемещению поршня

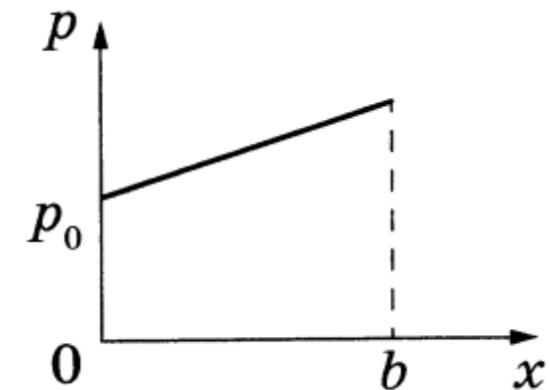
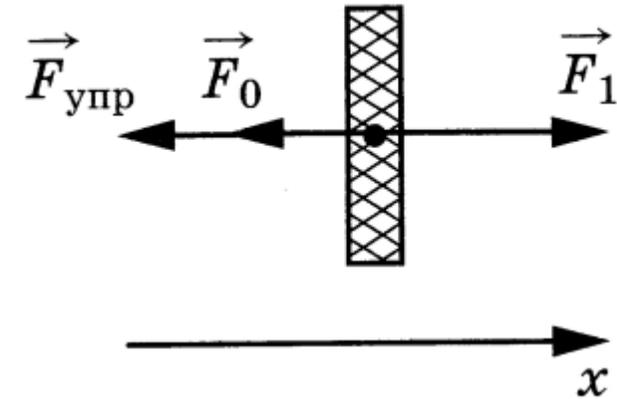
$$F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$$

$$F_1 = p(x)S = F_0 + F_{\text{упр}} = p_0S + kx,$$

$$p(x) = p_0 + \frac{kx}{S}$$

Работа газа по перемещению поршня численно равна произведению площади фигуры под графиком $p(x)$ на площадь поршня

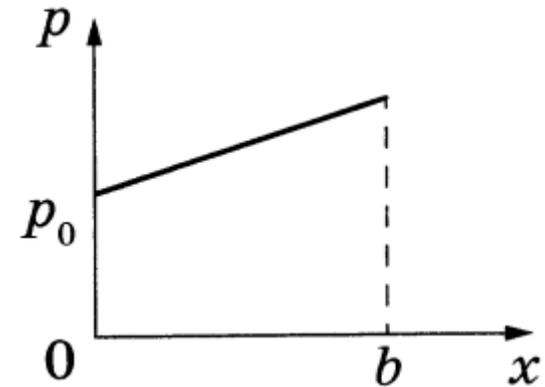
$$A_{12} = \frac{1}{2} [p(0) + p(b)] Sb = \left(p_0S + \frac{kb}{2} \right) b$$



Определим внутреннюю энергию газа

$$U_1 = \frac{3}{2} p_0 S L$$

$$U_2 = \frac{3}{2} p(b) \cdot S(L + b) = \frac{3}{2} \left(p_0 + \frac{kb}{S} \right) S(L + b)$$



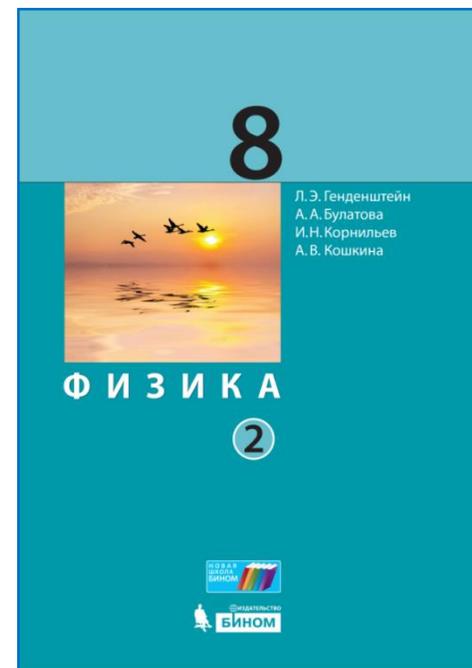
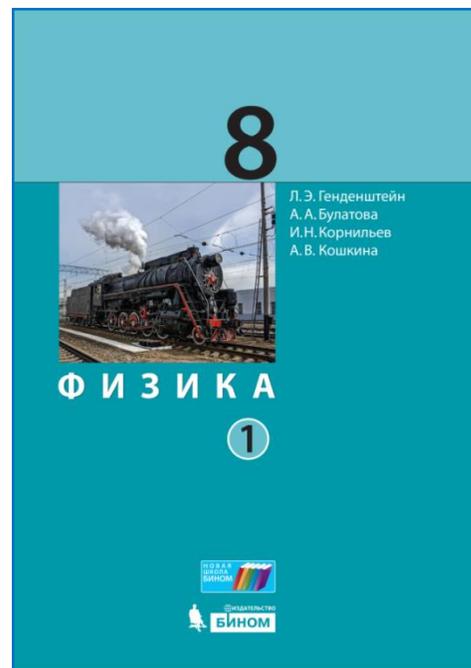
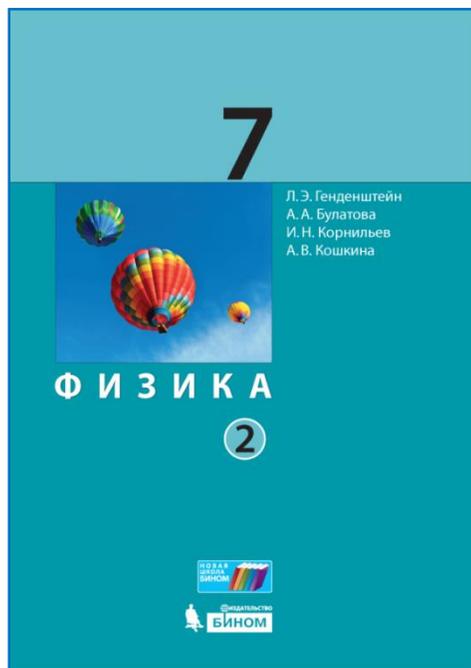
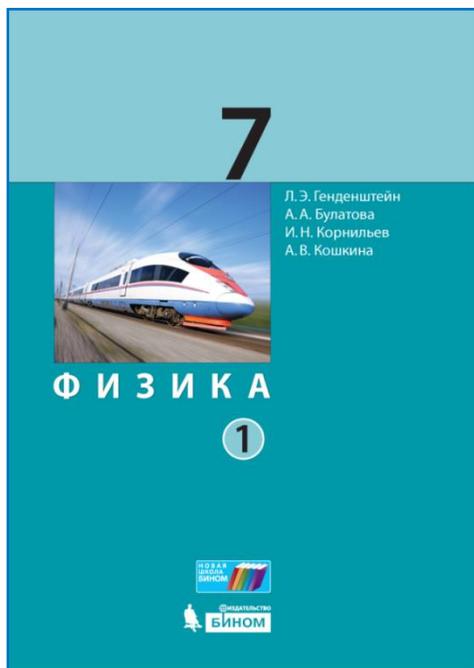
$$Q = U_2 - U_1 + A_{12}$$

$$Q = \frac{3}{2}(p_0 S + kb)(L + b) - \frac{3}{2}p_0 SL + \left(p_0 S + \frac{kb}{2}\right)b$$

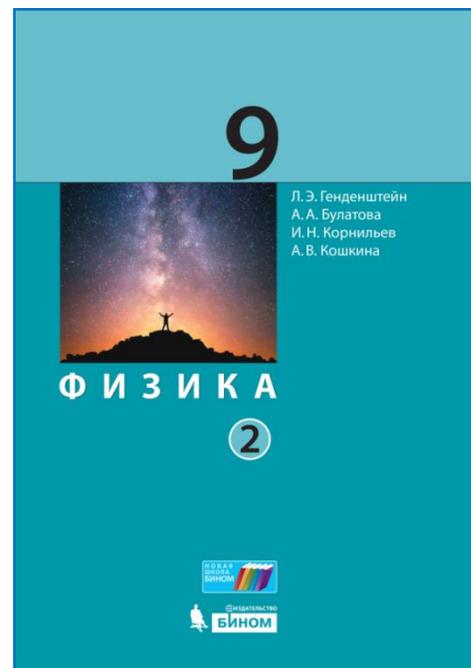
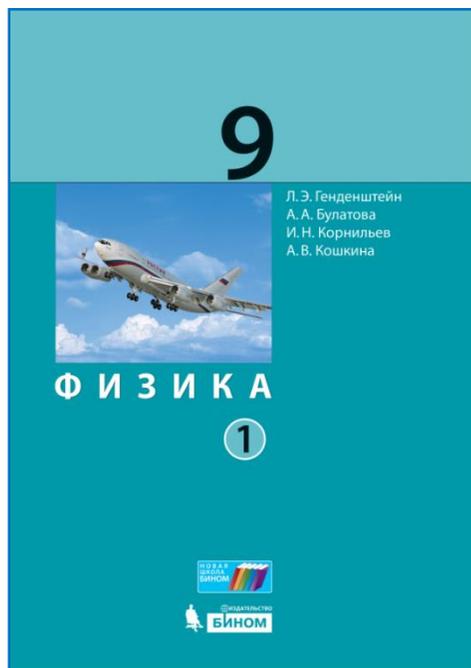
$$Q = \frac{3}{2}kbL + \frac{5}{2}p_0 Sb + 2kb^2$$

$$S = \frac{Q - \frac{3}{2}kbL - 2kb^2}{\frac{5}{2}p_0 b}$$



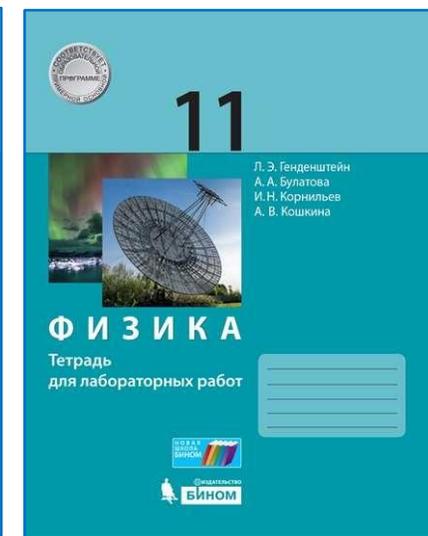
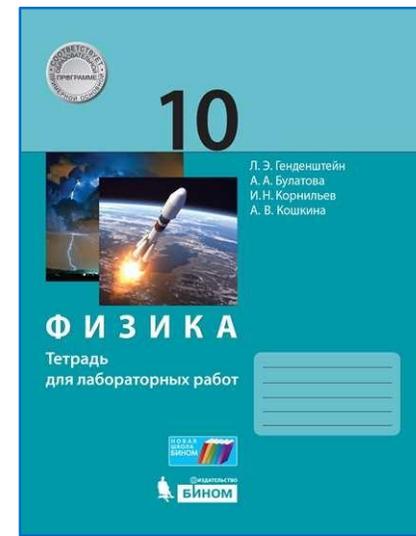
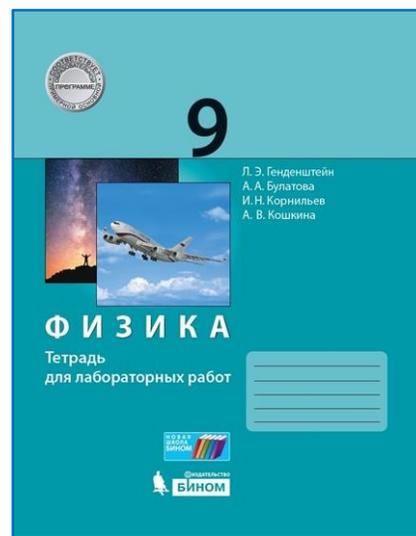
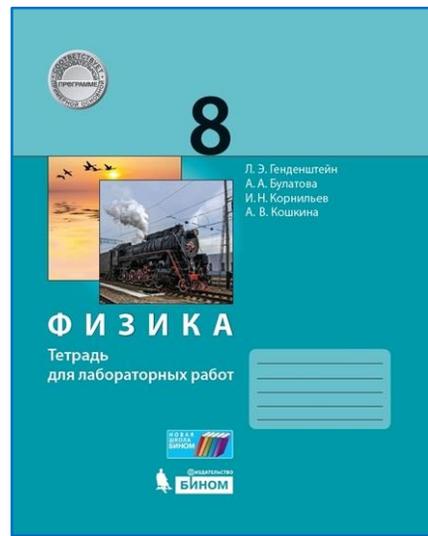
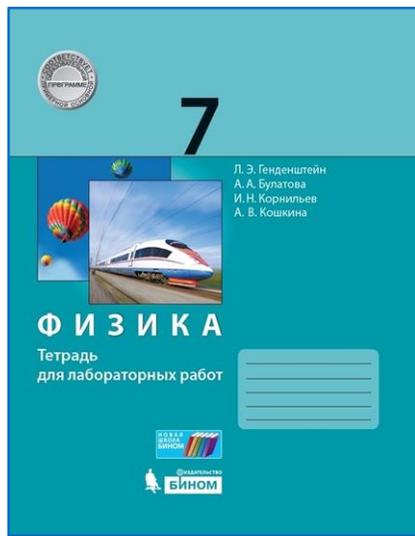


Подробнее об УМК
на сайте



Купить в интернет-
магазине





В наш УМК входят также — для всех классов (7-11):

- тетради для лабораторных работ с подготовительными и дополнительными заданиями;**
- методические указания для учителя с указаниями к решениям задач повышенной трудности и олимпиадным задачам;**
- интерактивные мультимедийные учебники.**



Мультимедийные учебники 7, 8, 10, 11 классы

Особенности учебника

В корне отличается от ЭФУ

- Имеет огромное количество озвученных видео роликов и интерактивных заданий.
- Контекстные задачи.
- Задачи трех уровней сложности (базовый, повышенный, высокий) (наглядные, графические, расчетные, экспериментальные)
- Интерактивные практические работы
- Лекционный материал озвучен, одновременно происходит печатание основного озвученного текста на рабочем столе интерактивного учебника
- Возможен стоп-кадр.
- Отключение звукового сопровождения, возможность постановки дополнительных вопросов к представленному эксперименту.
- **Учебник работает без сети Интернет.**

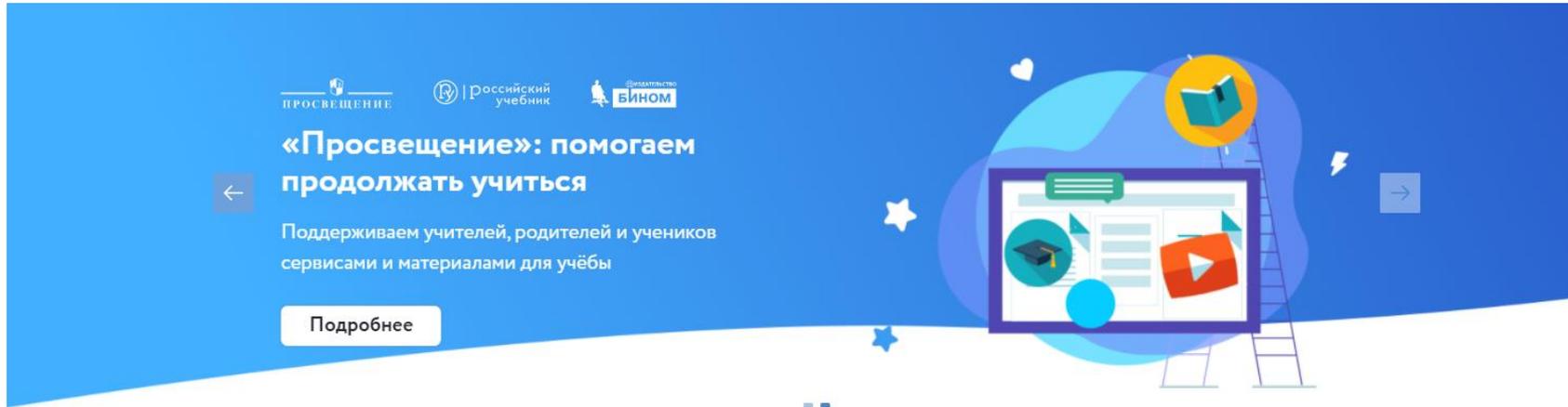
Ссылка для просмотра вебинаров : https://youtu.be/T9DE_Zjdd9w

Методика работы с интерактивным учебником по физике 10, 11 классы и заказ учебников

<https://lbz.ru/metodist/authors/physics/1/>

Купить в интернет-
магазине





Учителям

Школьникам

Родителям



Вебинары

Методические вебинары по актуальным темам



Конференции

Конференции с авторами, специалистами-практиками, экспертами



Рабочие программы

Методическое сопровождение урока: программы, разработки, наглядные материалы



Повышение квалификации

Курсы повышения квалификации с выдачей сертификата



Горячая линия поддержки

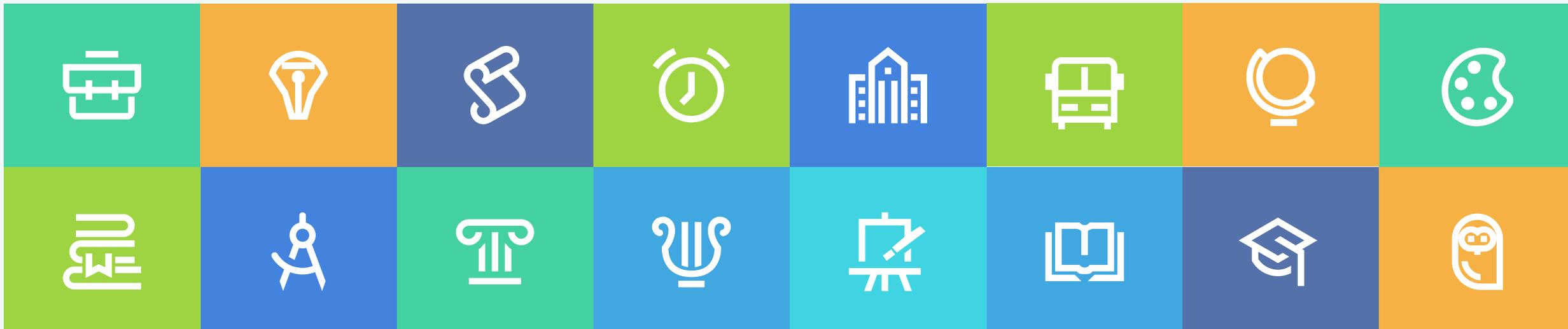
Методическая поддержка 24/7



Домашние задания

Интерактивные рабочие тетради с автоматической проверкой

- ▶ Портал, на котором собраны материалы в помощь учителям и родителям для организации обучения
- ▶ Консультации при выполнении домашних заданий в видеоформате
- ▶ Обмен лучшими практиками, их апробация и распространение в сотрудничестве с органами управления образованием



Кошкина Анжелика Васильевна: angko@yandex.ru



Группа компаний «Просвещение»

Адрес: 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, подъезд 8, бизнес-центр «Новослободский»

Горячая линия: vopros@prosv.ru