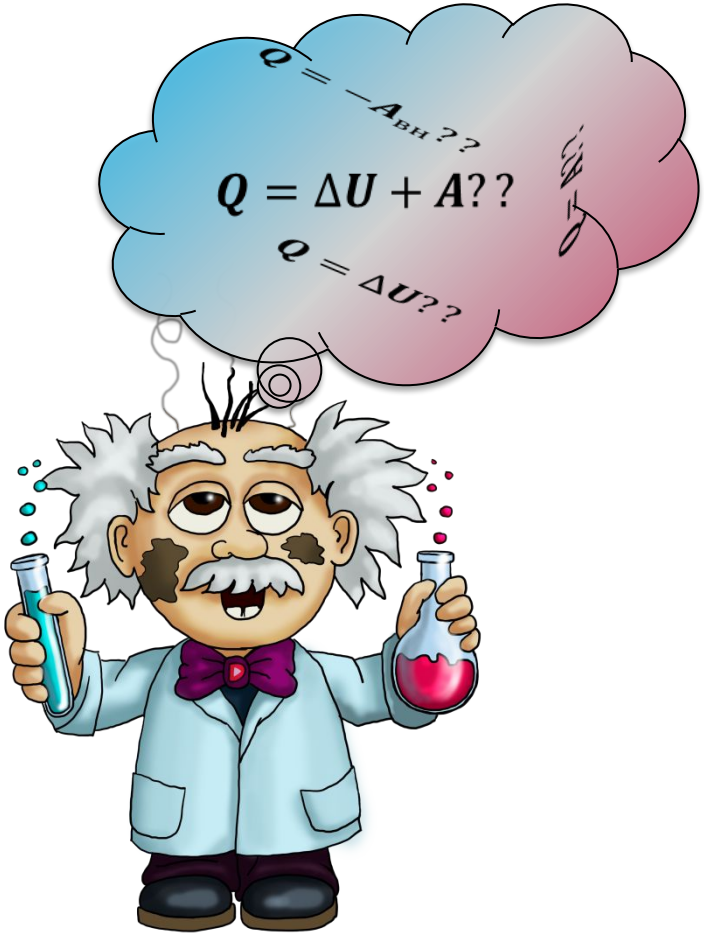


Применение первого закона термодинамики к различным процессам

VIDEOUROKI.NET

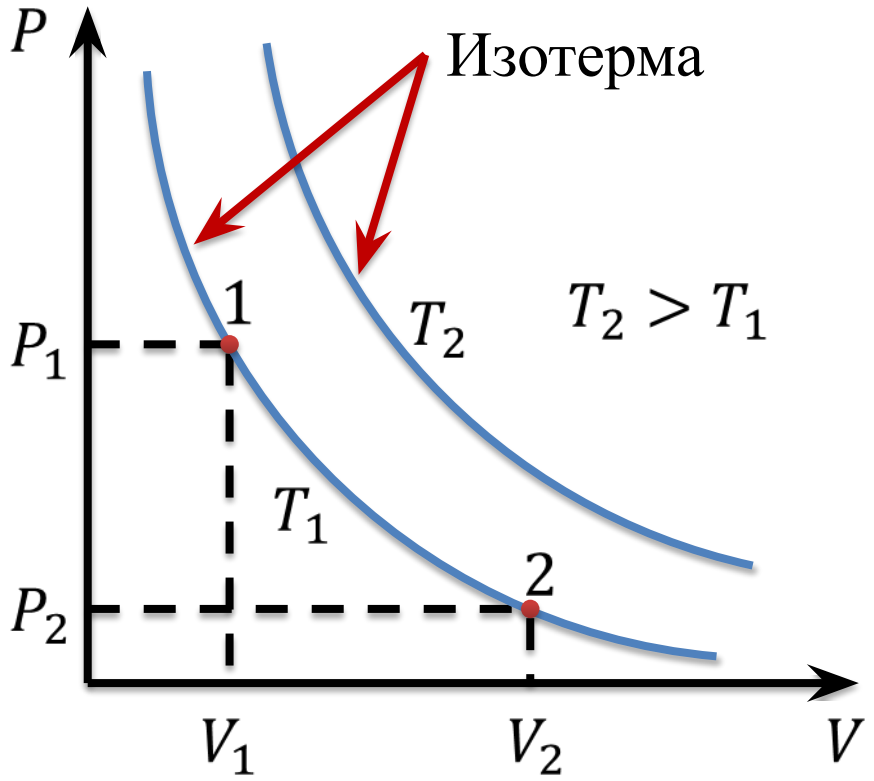
Изотермический процесс

$$m = const, T = const$$

$$PV = const$$

$$P = \frac{V}{const}$$

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \cdots = P_nV_n$$



VIDEOUROKI.NET

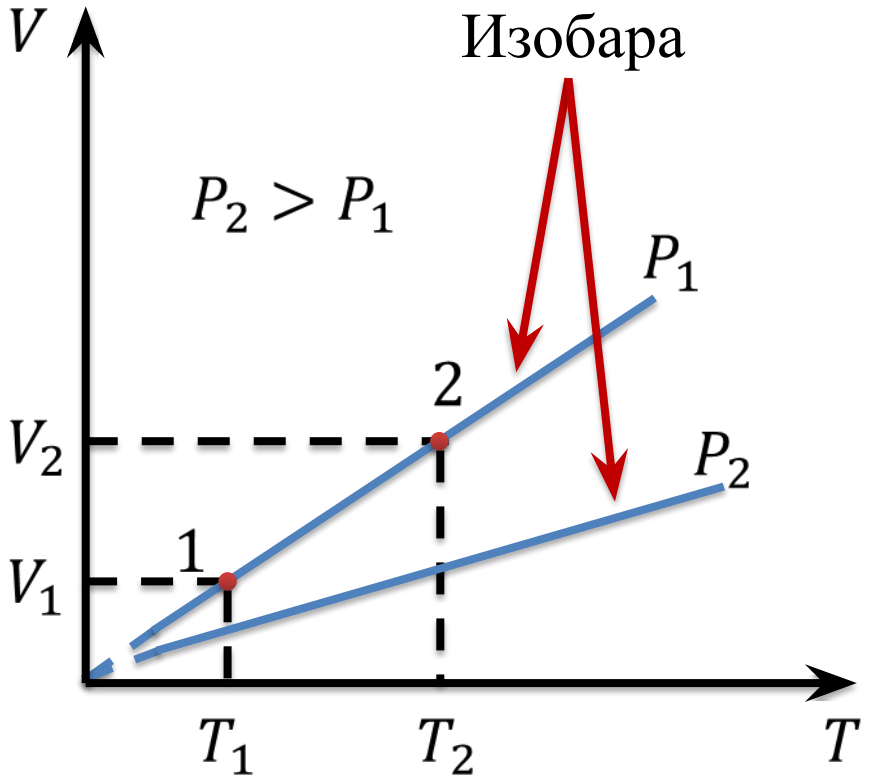
Изобарный процесс

$$m = const, P = const$$

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

$$V = T \times const$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \cdots = \frac{V_n}{T_n}$$



VIDEOUROKI.NET

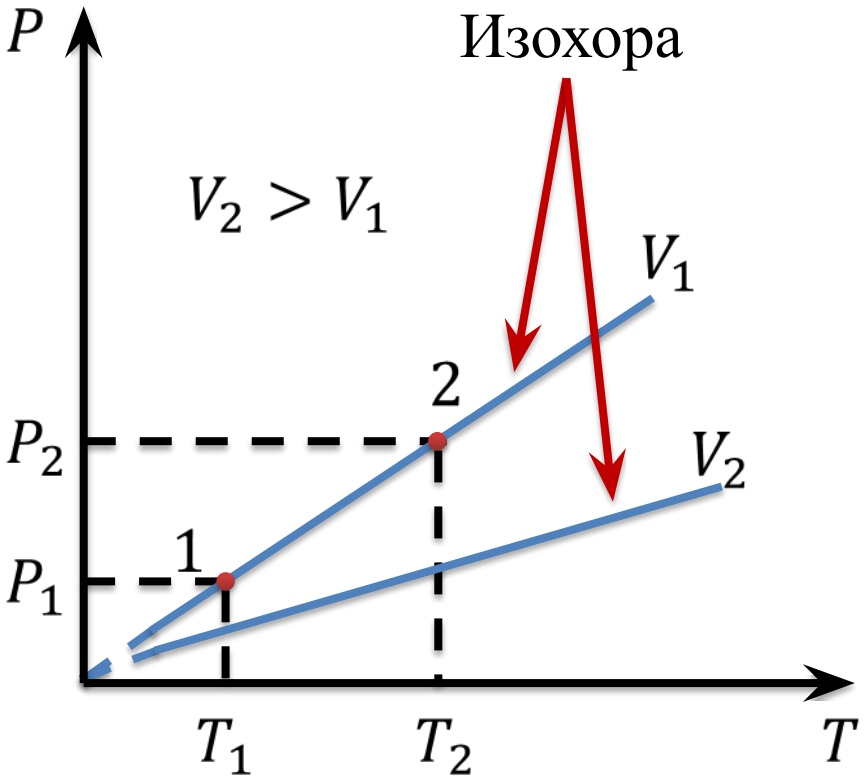
Изохорный процесс

$$m = const, V = const$$

$$\frac{P}{T} = const$$

$$P = T \times const$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \cdots = \frac{P_n}{T_n}$$



VIDEOUROKI.NET

Изотермический процесс

$$Q = \Delta U + A$$

$$T = const \Rightarrow U = const$$

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = A$$

$$Q > 0 \Rightarrow A > 0$$

$$Q < 0 \Rightarrow A < 0$$

VIDEOUROKI.NET

Изохорный процесс

$$Q = \Delta U + A$$

$$V = const \Rightarrow A = 0$$

$$A = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$$

$$\Delta U > 0 \Rightarrow Q > 0$$

$$\Delta U < 0 \Rightarrow Q < 0$$

$\Delta U < 0$

$\Delta U > 0$

VIDEOUROKI.NET

Изобарный процесс

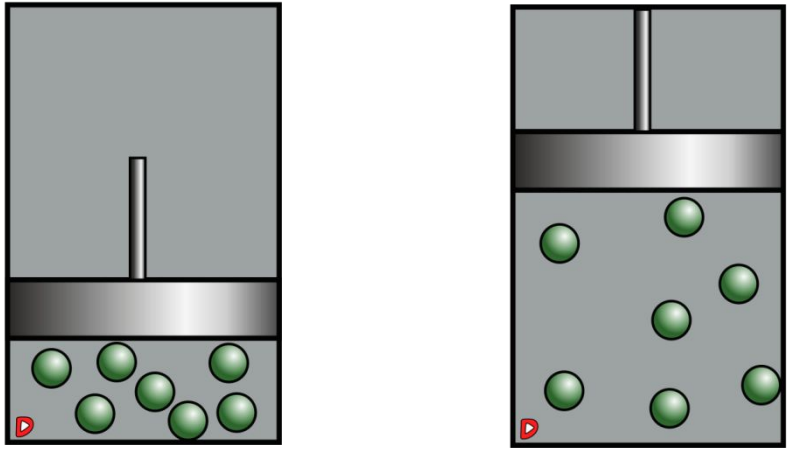
$$Q = \Delta U + A$$

$$P = const$$

$$A = P\Delta V$$

$$Q = \Delta U + P\Delta V$$

$$P = const$$



$$Q = \Delta U + P\Delta V$$

VIDEOUROKI.NET

Адиабатный процесс

Адиабатный процесс — процесс, происходящий при отсутствии теплообмена.

$$Q = \Delta U + A$$

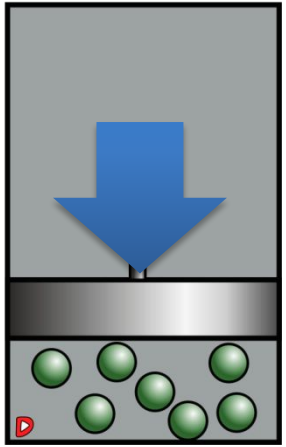
$$Q = 0 \Rightarrow \Delta U + A = 0$$

$$\Delta U = -A$$

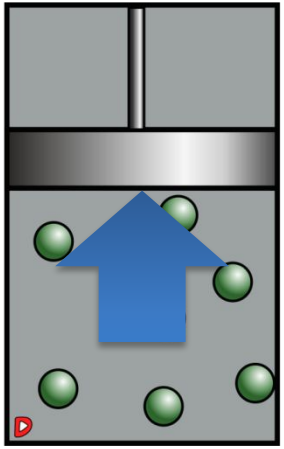
$$A > 0 \Rightarrow \Delta U < 0$$

$$A_{\text{вн}} > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$$

$$Q = 0$$



$$\Delta U > 0$$



$$\Delta U < 0$$

VIDEOUROKI.NET

Изолированная система

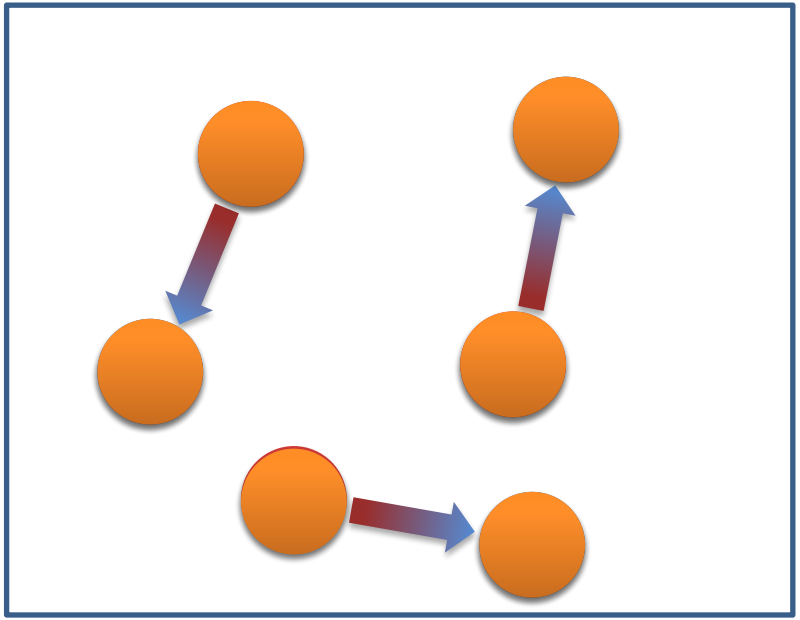
Изолированная система:

$$A = 0, \Delta U = 0$$

$$Q = 0$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n = 0$$



VIDEOUROKI.NET

Процесс	Величина, характеризующая вещество	Расчетная формула для количества теплоты
Парообразование		
Конденсация		
Плавление		
Кристаллизация		
Нагревание или охлаждение		
Сгорания топлива		

VIDEOUROKI.NET

Адиабатно расширяясь, водяной пар совершил работу, равную 11 кДж. Масса пара составляет 0,5 кг. Если начальная температура пара 390 К, то какова его конечная температура?

Дано:

$Q = 0$

$A = 11$ кДж

$m = 0{,}5$ кг

H_2O

$T_0 = 390$ К

$T - ?$

$$Q = \Delta U + A$$

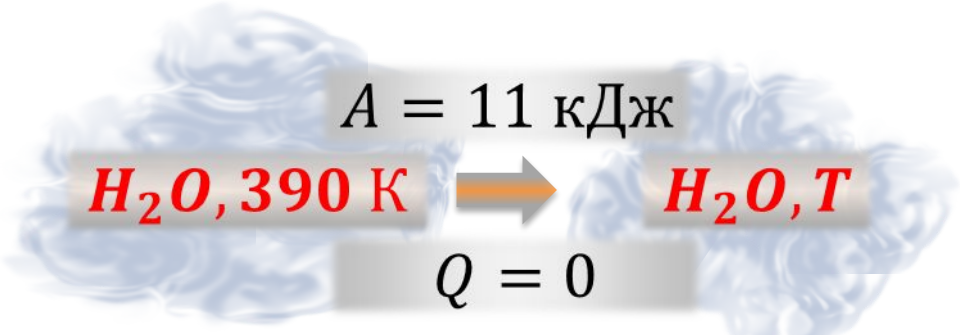
$$\Delta U = -A$$

$$\Delta U = \frac{i}{2}\frac{m}{M}R\Delta T$$

$$T = T_0 - \frac{2AM}{iRm} + T_0$$

$$T = T_0 - \frac{2AM}{6mR} + T_0$$

$$T = -\frac{2}{6}\frac{2 \times 11000 \times 0{,}018}{0{,}5 \times 8{,}31} + 390 = 374 \text{ К}$$



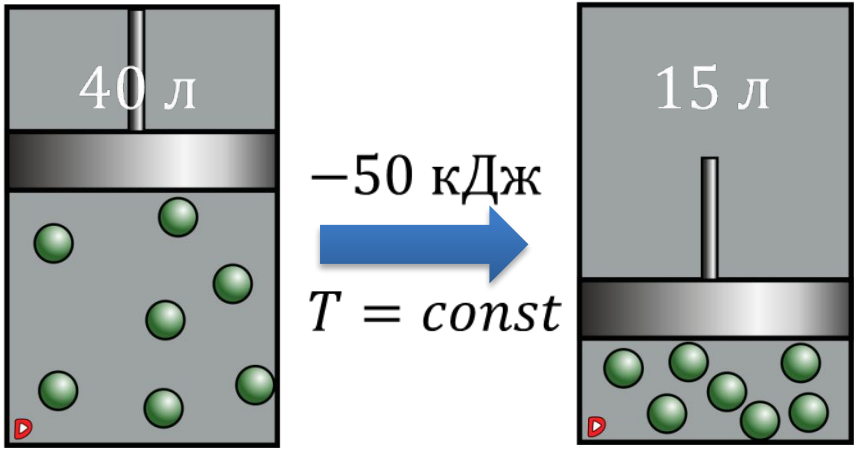
$M(H_2O) = 0{,}018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$M(H_2O) = 0{,}018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

VIDEOUROKI.NET

Изначально газ, находящийся при нормальном давлении, занимает объём равный 40 л. После того, как газ изотермически сжимают, его объём уменьшается до 15 л. Если при этом процессе газ потерял –50 кДж теплоты, то какова работа внешних сил? Каково конечное давление газа? Постройте график, соответствующий данному процессу.

Дано:	СИ
$P_1 = 10^5$ Па	
$V_1 = 40$ л	4×10^{-2} м^3
$V_2 = 15$ л	$1{,}5 \times 10^{-2}$ м^3
$Q = -50$ кДж	-5×10^4 Дж
$T = const$	
$P_2 - ?$ $A_{вн} - ?$	



VIDEOUROKI.NET

Изначально газ, находящийся при нормальном давлении, занимает объём равный 40 л. После того, как газ изотермически сжимают, его объём уменьшается до 15 л. Если при этом процессе газ потерял 50 кДж теплоты, то какова работа внешних сил? Каково конечное давление газа? Постройте график, соответствующий данному процессу.

Дано:

$P_1 = 10^5$ Па

$V_1 = 4 \times 10^{-2}$ м^3

$V_2 = 1{,}5 \times 10^{-2}$ м^3

$Q = -5 \times 10^4$ Дж

$T = const$

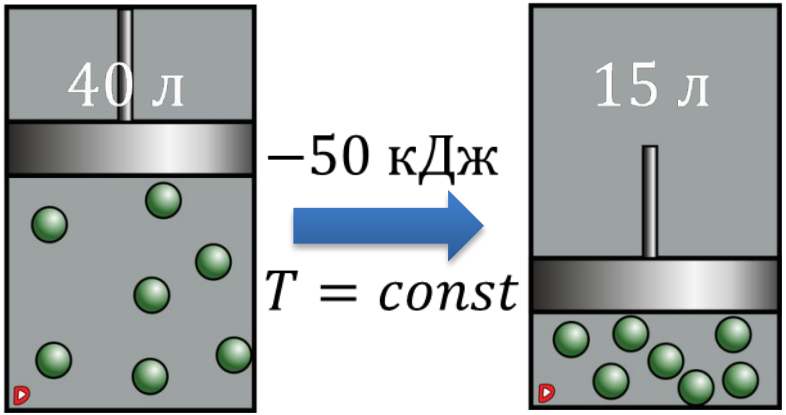
$P_2 - ?$ $A_{вн} - ?$

$$\Delta U = Q + A_{вн}$$

$$0 = Q + A_{вн}$$

$$A_{вн} = -Q$$

$$A_{вн} = 50 \text{ кДж}$$



VIDEOUROKI.NET

Изначально газ, находящийся при нормальном давлении, занимает объём равный 40 л. После того, как газ изотермически сжимают, его объём уменьшается до 15 л. Если при этом процессе газ потерял 50 кДж теплоты, то какова работа внешних сил? Каково конечное давление газа? Постройте график, соответствующий данному процессу.

Дано:

$P_1 = 10^5$ Па

$V_1 = 4 \times 10^{-2}$ м^3

$V_2 = 1{,}5 \times 10^{-2}$ м^3

$Q = -5 \times 10^4$ Дж

$T = const$

$P_2 - ?$ $A_{вн} - ?$

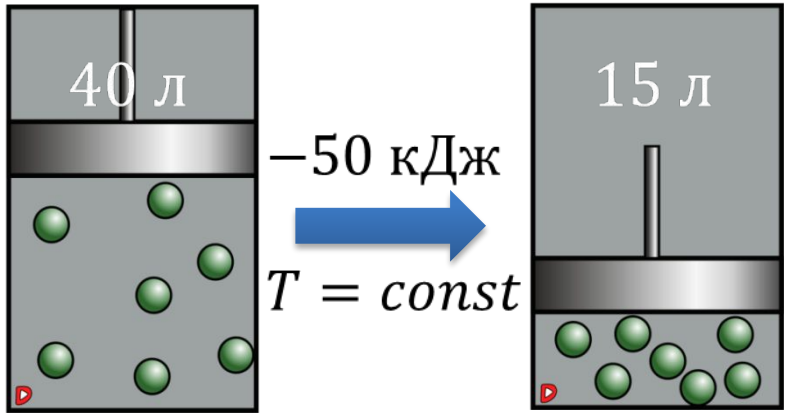
$PV = const,$

при $T = const$

$P_1V_1 = P_2V_2$

$P_2 = P_1 \dfrac{V_1}{V_2}$

$P_2 = 10^5 \times \dfrac{4 \times 10^{-2}}{1{,}5 \times 10^{-2}} \approx 267$ кПа



VIDEOUROKI.NET

Изначально газ, находящийся при нормальном давлении, занимает объём равный 40 л. После того, как газ изотермически сжимают, его объём уменьшается до 15 л. Если при этом процессе газ потерял 50 кДж теплоты, то какова работа внешних сил? Каково конечное давление газа? Постройте график, соответствующий данному процессу.

Дано:

$P_1 = 10^5$ Па

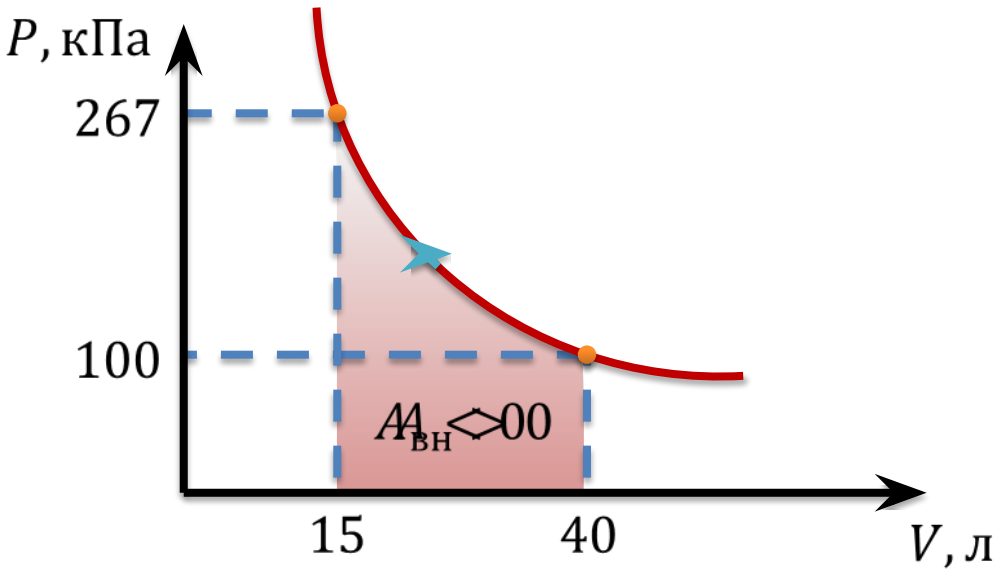
$V_1 = 4 \times 10^{-2}$ м^3

$V_2 = 1{,}5 \times 10^{-2}$ м^3

$Q = -5 \times 10^4$ Дж

$T = const$

$P_2 - ?$ $A_{вн} - ?$



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

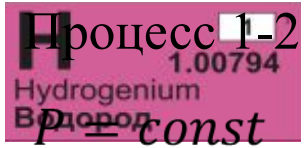
$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$



Процесс 1-2:

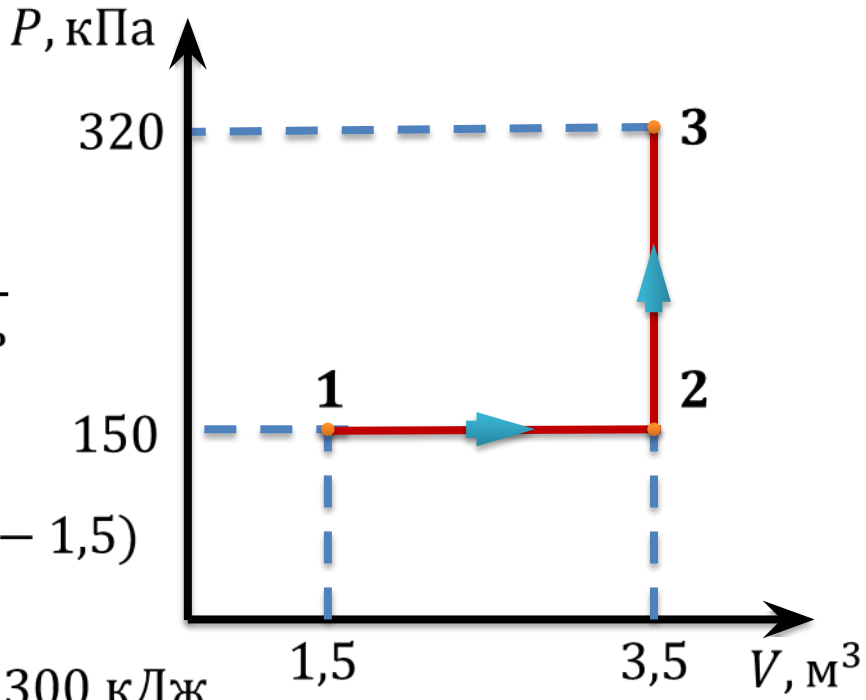
$p = const$

$M(H_2) = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A_1 = P_1(V_2 - V_1)$

$A_1 = 1{,}5 \times 10^5 (3{,}5 - 1{,}5)$

$A_1 = 3 \times 10^5$ Дж $= 300$ кДж



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$

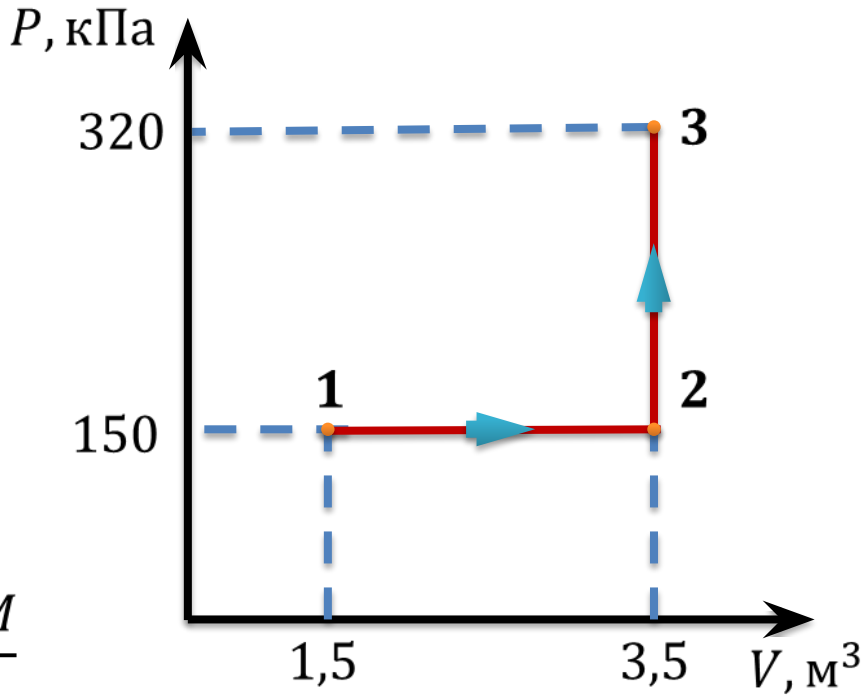
Процесс 1-2:

$P = const$

$$\Delta U_1 = \frac{i}{2}\frac{m}{M} R \Delta T_1$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$\Delta T_1 = \frac{P_1 (V_2 - V_1)\, M}{mR}$$



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$

Процесс 1-2:

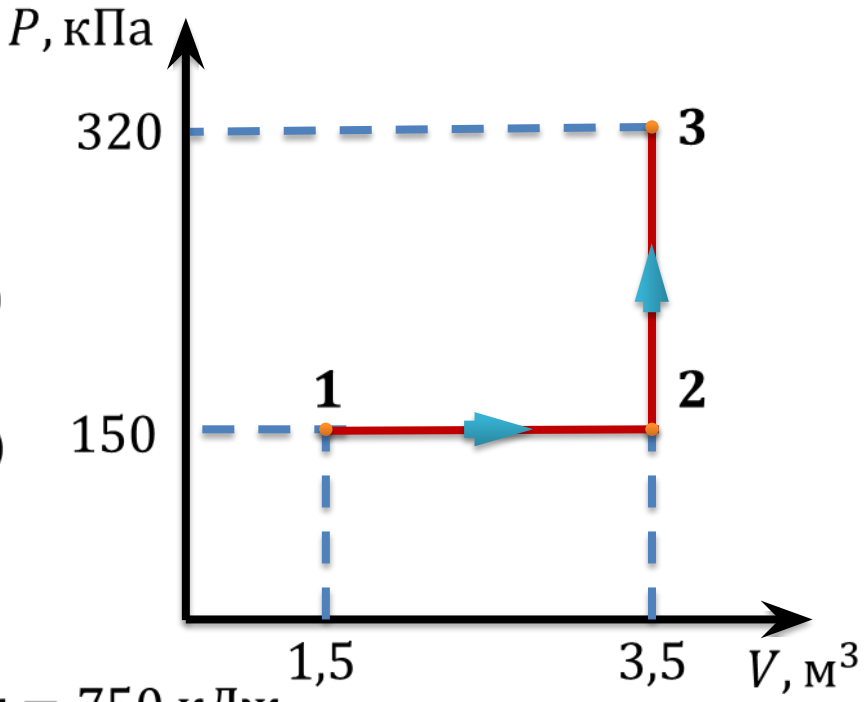
$P = const$

$$\Delta U_1 = \frac{i}{2} P_1 (V_2 - V_1)$$

$$\Delta U_1 = \frac{5}{2} P_1 (V_2 - V_1)$$

$$\Delta U_1 = \frac{5}{2} \times 3 \times 10^5$$

$$\Delta U_1 = 7{,}5 \times 10^5 \text{ Дж} = 750 \text{ кДж}$$



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$

Процесс 1-2:

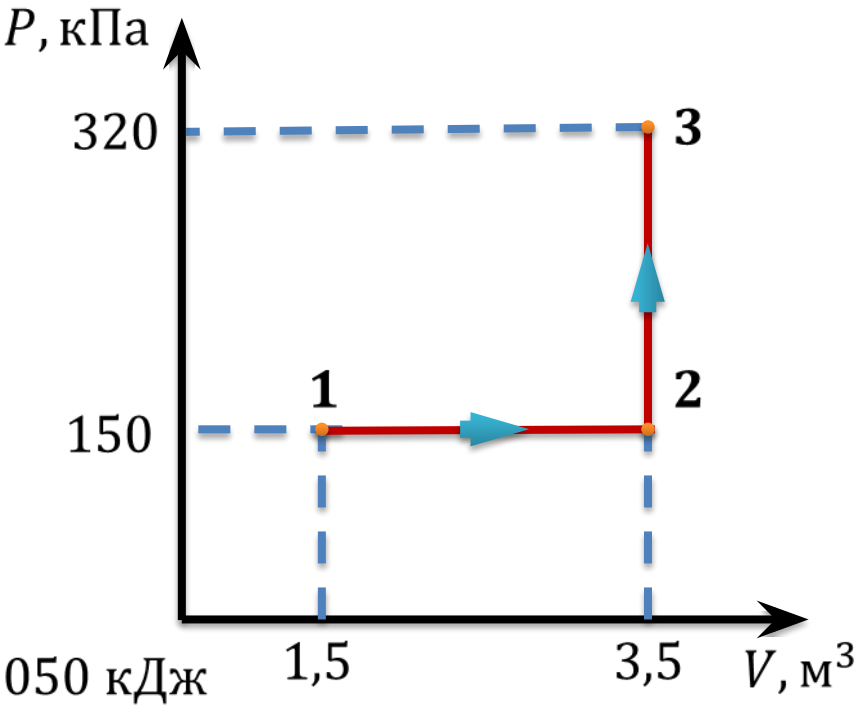
$P = const$

$A_1 = 300$ кДж

$\Delta U_1 = 750$ кДж

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1$

$Q_1 = 750 + 300 = 1050$ кДж



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$

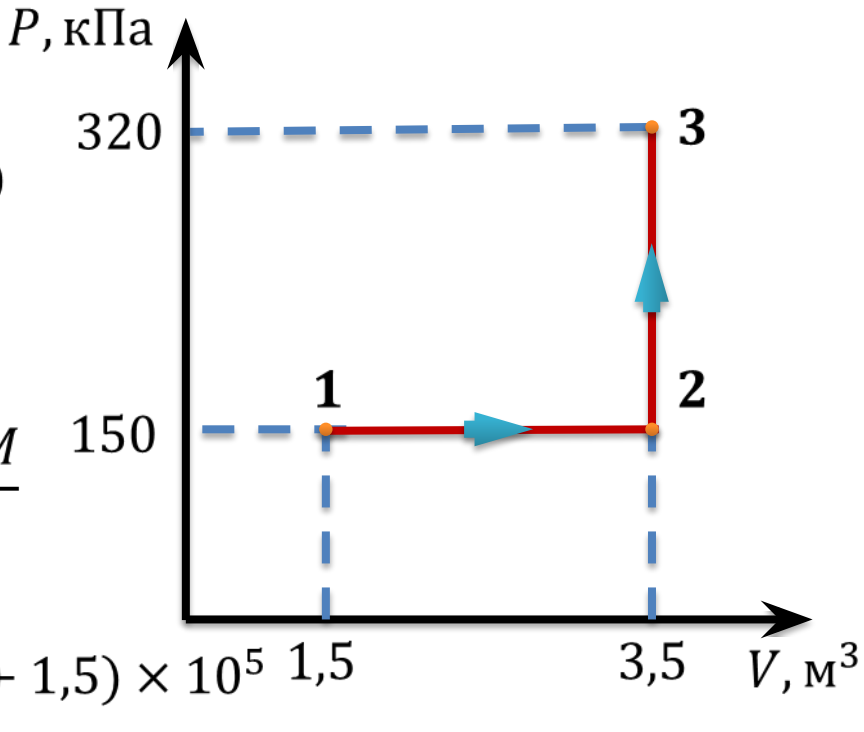
Процесс 2-3:

$V = const \Rightarrow A_2 = 0$

$$\Delta U_2 = \frac{i}{2}\frac{m}{M}R\Delta T_2$$

$$\Delta T_2 = \frac{V_2(P_3 - P_2)\,M}{mR}$$

$$\Delta U_2 = \frac{5}{2}V_2(P_3 - P_2) = \frac{5}{2}(3{,}5 - 1{,}5) \times 10^5$$



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$

Процесс 2-3:

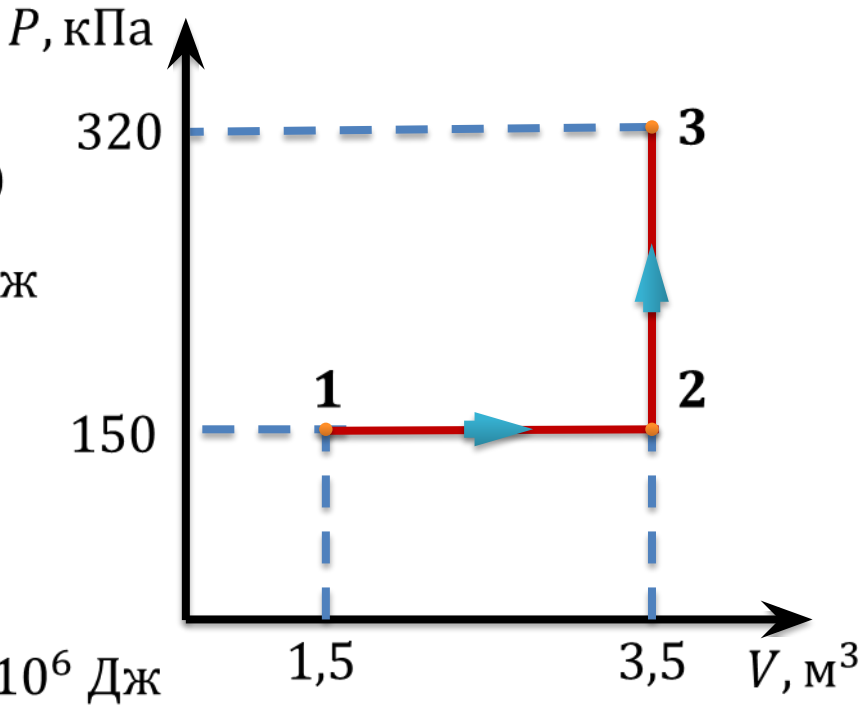
$V = const \Rightarrow A_2 = 0$

$\Delta U_2 = 1{,}49 \times 10^6$ Дж

$Q_2 = \Delta U_2 + A_2$

$Q_2 = \Delta U_2$

$Q_2 = \Delta U_2 = 1{,}49 \times 10^6$ Дж



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$

Процесс 1-3:

$Q = Q_1 + Q_2$

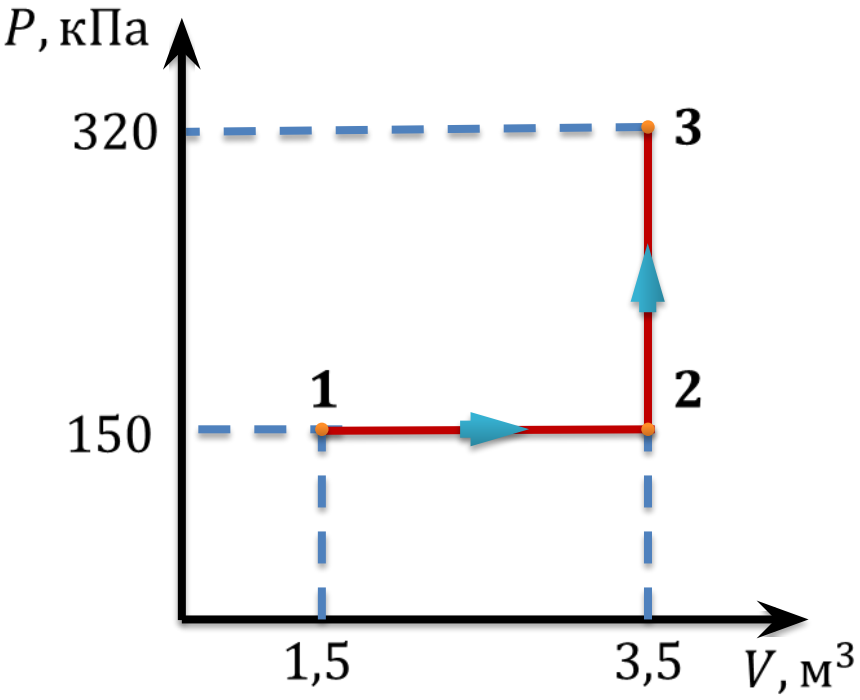
$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$

$A = A_1 + A_2$

$Q = 2{,}54$ МДж

$\Delta U = 2{,}24$ МДж

$A = 300$ кДж



VIDEOUROKI.NET

На графике показан процесс перевода 3 кг водорода из состояния 1 в состояние 3. Определите суммарное изменение внутренней энергии, совершенную водородом работу и количество теплоты, переданное водороду.

Дано:

$m = 3$ кг

H_2

$M = 0{,}002 \dfrac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$A, \Delta U, Q - ?$

$\Delta T - ?$

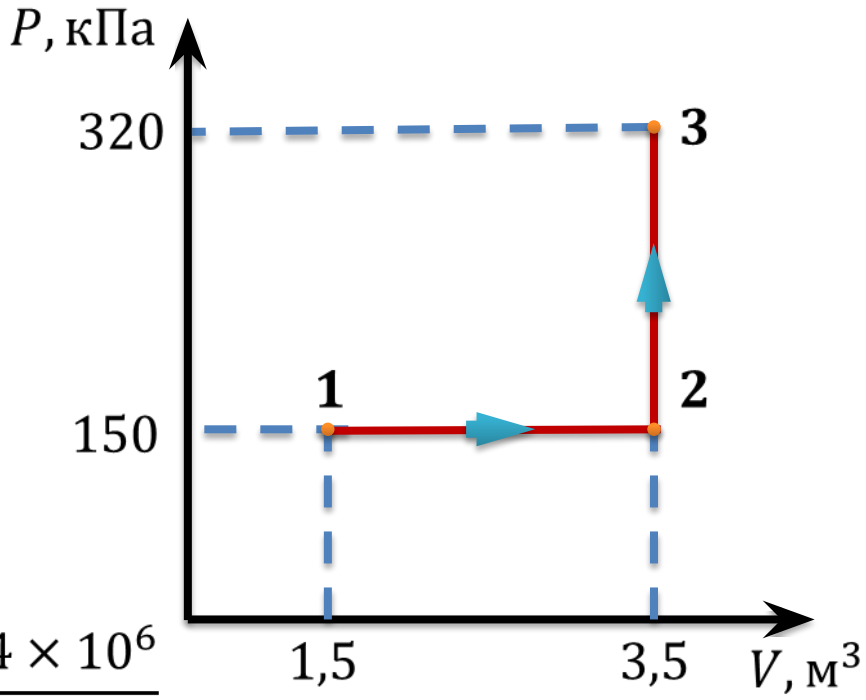
Процесс 1-3:

$\Delta U = 2{,}24$ МДж

$$\Delta U = \frac{i}{2}\frac{m}{M}R\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{2}{i}\frac{M\Delta U}{mR}$$

$$\Delta T = \frac{2}{5}\frac{0{,}002 \times 2{,}24 \times 10^6}{3 \times 8{,}31} = 72\ \text{К}$$



VIDEOUROKI.NET

Основные выводы

- **Первый закон термодинамики:**

$$Q = \Delta U + A$$

- **Адиабатный процесс** — процесс, происходящий при отсутствии теплообмена:

$$Q = 0$$

VIDEOUROKI.NET

Основные выводы

Название процесса	Постоянный параметр	Следствие постоянства параметра	Запись первого закона термодинамики
Изохорный	Объём, V		
Изотермический	Температура, T		
Изобарный	Давление, P		
Адиабатный	Количество теплоты, Q		

VIDEOUROKI.NET