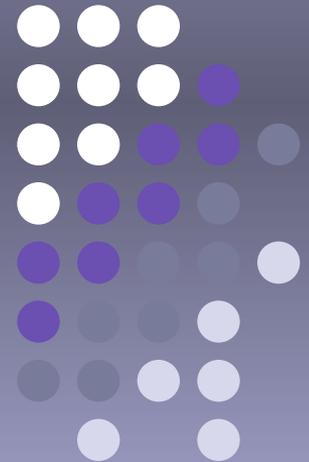
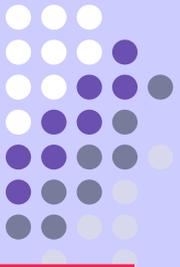


Применение первого закона термодинамики к решению графических задач



ВСПОМНИМ



• Какие формулировки первого закона термодинамики вам известны?

• Какие формулы используются?

• Применение первого закона термодинамики к изобарному процессу

• Применение первого закона термодинамики к изотермическому процессу

$$T = \text{const}, \Delta U = 0 \quad Q = 0 + A'$$

• Применение первого закона термодинамики к изохорному процессу

$$V = \text{const}, A' = 0 \quad Q = 0 + \Delta U$$

• Какой процесс называется адиабатным?

• Применение первого закона термодинамики к адиабатному процессу

$$Q = 0, \Delta U = 0 + A, \Delta U = 0 - A'$$

$$\Delta U = A + Q$$

$$Q = \Delta U + A'$$

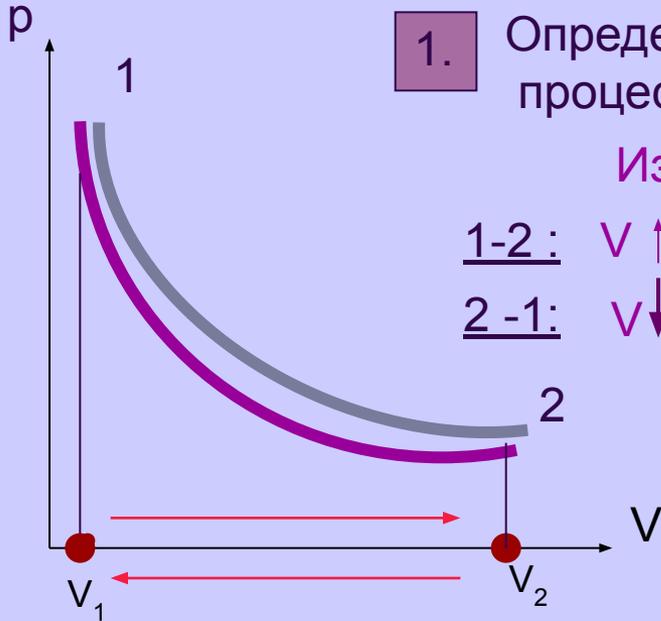
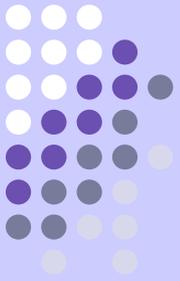
$$Q = A'$$

$$Q = \Delta U$$

$$\Delta U = A$$

$$\Delta U = -A'$$

Учимся анализировать графики



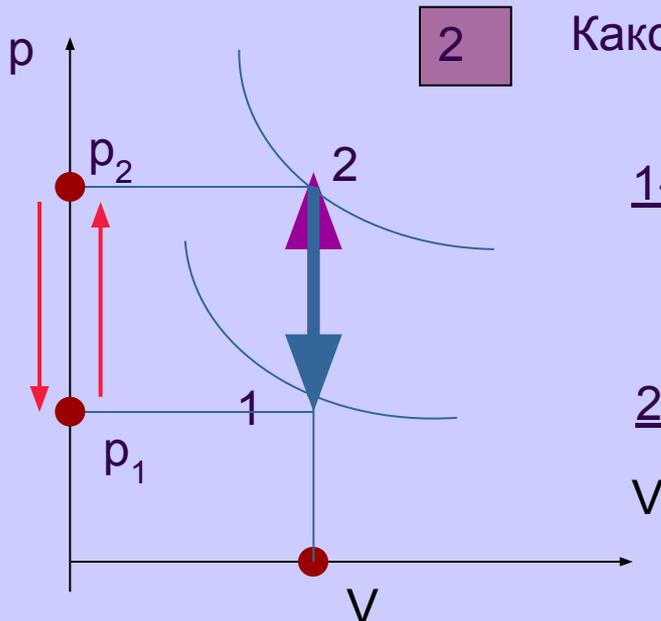
1. Определим характер теплообмена в ходе процесса, изображенного на графике

Изотерма, т.е. $T = \text{const}$, $\Delta U = 0$,

1-2: $V \uparrow$, $A' > 0$ и $Q = \Delta U + A' > 0$ - газ получает тепло

2-1: $V \downarrow$, $A' < 0$ и $Q = \Delta U + A' < 0$ - газ отдает тепло

$$\frac{p \downarrow \quad V}{T \uparrow} = \text{const}$$



2. Каков характер теплообмена с окружающей средой?

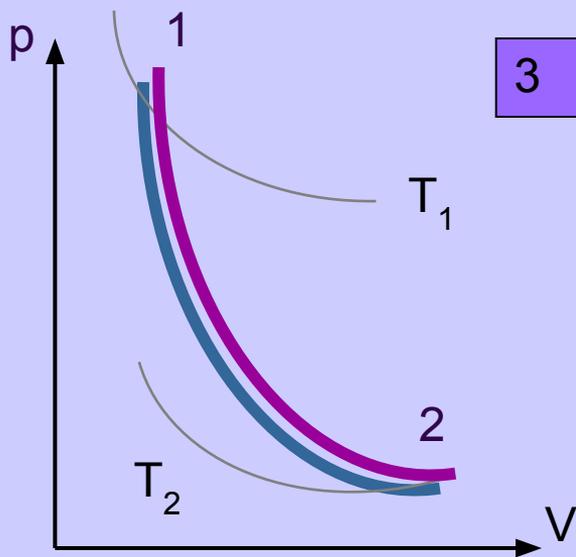
Изохора, т.е. $V = \text{const}$, $A' = 0$

1-2: $T \uparrow$ (т.к. переходим на изотерму, лежащую выше)

или второй способ рассуждения: т.к. $p \uparrow$, то и $T \uparrow$
значит, $\Delta U > 0$ и $Q = \Delta U + A' > 0$ - газ получает тепло

2-1: $T \downarrow$ (т.к. переходим на изотерму, лежащую ниже)

или: т.к. $p \downarrow$, то и $T \downarrow$
значит, $\Delta U < 0$ и $Q = \Delta U + A' < 0$ - газ отдает тепло



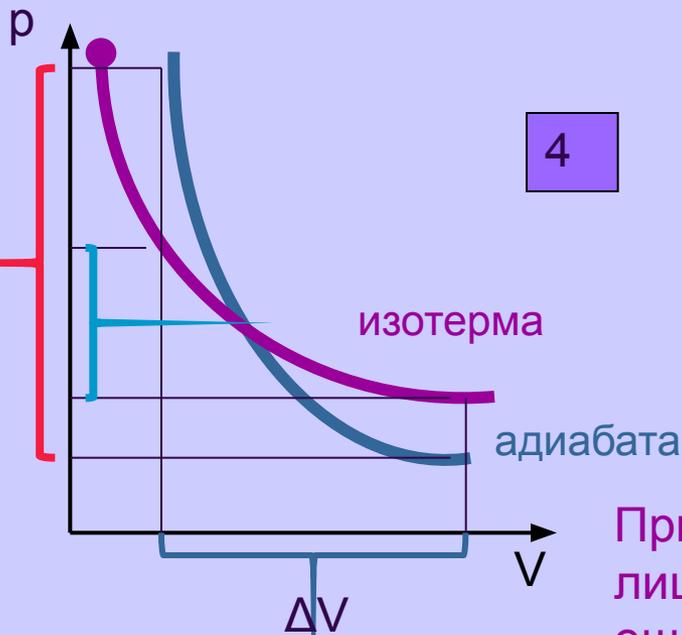
3

Изменяется ли внутренняя энергия при адиабатном процессе ?

РЕШЕНИЕ:

1 – 2 : При адиабатном расширении $T \downarrow$
 (т.к. «переходим» с изотермы, лежащей выше на изотерму, лежащую ниже)
 внутренняя энергия уменьшается $\Delta U < 0$

2 -1 : При адиабатном сжатии $T \uparrow$
 т.к. «переходим» с изотермы, лежащей ниже на изотерму, лежащую выше)
 внутренняя энергия увеличивается $\Delta U > 0$



4

В ходе изотермического или адиабатного процесса давление изменяется сильнее?

Ответ обосновать.

РЕШЕНИЕ:

Очевидно, что в ходе адиабатного и изотермического расширения на величину ΔV . давление сильнее уменьшилось на адиабате.

При изотермическом процессе давление уменьшается лишь за счет увеличения объема, а при адиабатном еще и за счет уменьшения температуры.

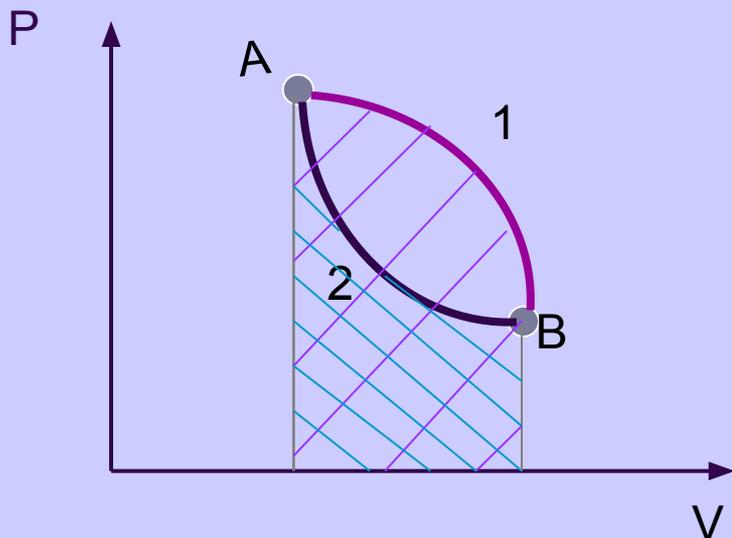


5

Идеальный газ переходит из состояния А в состояние В сначала в ходе процесса 1, а затем в ходе процесса 2.

Сравните, в ходе процессов 1 и 2 :

- одинаково ли изменяется внутренняя энергия
 - одинаковая ли совершается работа
- одинаковое ли количество теплоты получает газ



РЕШЕНИЕ:

Запишем первый закон термодинамики

$$Q = \Delta U + A'$$

1. Внутренняя энергия – это функция состояния, а так как начальное и конечное состояния газа в ходе процессов 1 и 2 одинаковы, то и изменение внутренней энергии одинаково: $\Delta U_1 = \Delta U_2$

2. Сравним площади фигур под графиками процессов 1 и 2 :

$$S_1 > S_2 \text{ значит, } A'_1 > A'_2$$

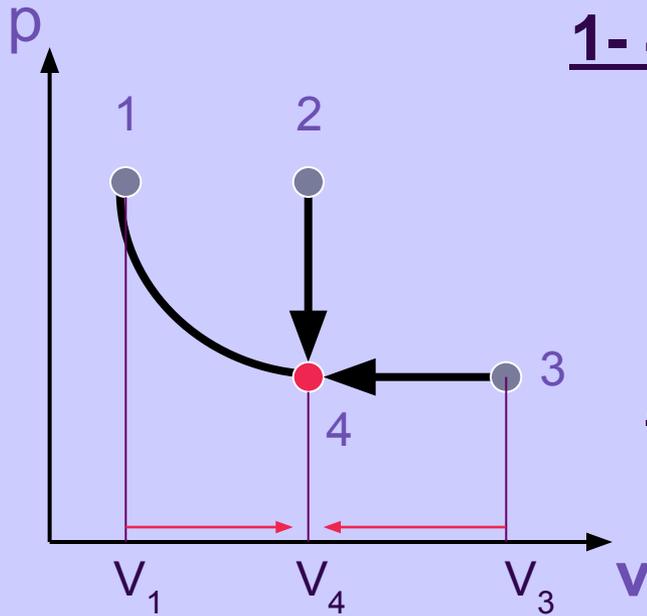
3. Согласно первому закону термодинамики, так как $\Delta U_1 = \Delta U_2$ и $A'_1 > A'_2$, то $Q_1 > Q_2$

ВАЖНО: При совпадении начального и конечного состояний, газ совершает большую работу и получает большее количество теплоты в ходе того процесса, график которого лежит выше в координатах PV



6

Определить характер теплообмена идеального газа с окружающей средой в ходе его перехода из состояний 1, 2, 3 в состояние 4



1-4: $T = \text{const}$, $\Delta U = 0$ (изотерма)

$$\frac{V_1 < V_4 \text{ т.е. } V \uparrow \quad A' > 0}{}$$

$Q = \Delta U + A' > 0$ - газ получает тепло

2-4: т.к. $V = \text{const}$, $A' = 0$

$$\frac{T_2 > T_4, \text{ т.е. } T \downarrow \quad \Delta U < 0,}{}$$

$Q = \Delta U + A' < 0$ - газ отдает тепло

3-4: $V_4 < V_3$, т.е. $V \downarrow$ и $A' < 0$

$$\frac{T_4 < T_3, \text{ т.е. } T \downarrow \quad \Delta U < 0,}{}$$

$Q = \Delta U + A' < 0$ - газ отдает тепло

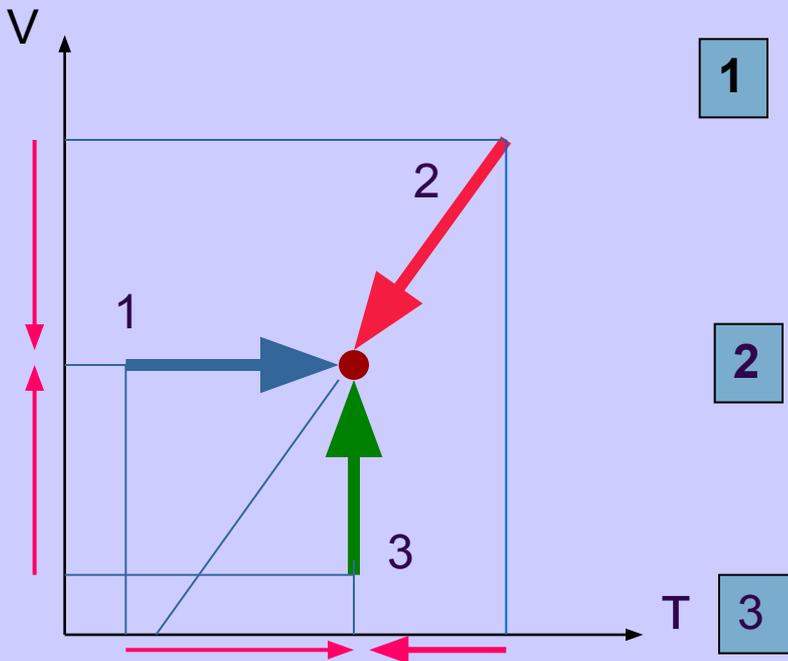
Т.к. $\frac{p \downarrow V \downarrow}{T \downarrow} = \text{const}$

Решаем самостоятельно



- Определите знак работы газа при переходах из состояний 1, 2, 3 в конечное состояние и характер его теплообмена с окружающей средой

РЕШЕНИЕ :



1

Работа не совершается , т.к. $V = 0$
 $\Delta U > 0$, т.к. $T \uparrow$, значит, $Q = \Delta U > 0$
газ получает тепло

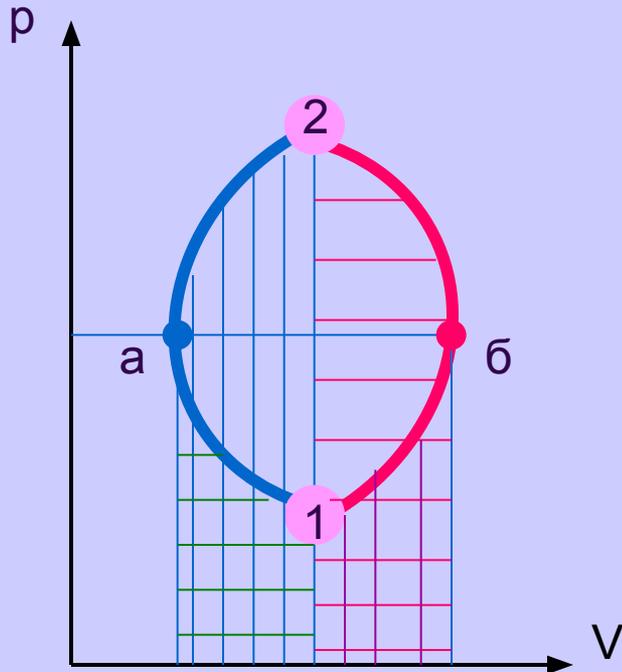
2

$V \downarrow$, значит, $A' < 0$
 $T \downarrow$, значит, $\Delta U < 0$, т.о. $Q < 0$
газ отдает тепло

3

$\Delta U = 0$, т.к. $T = \text{const}$
 $V \uparrow$, значит, $A' > 0$, т.о. $Q > 0$
газ получает тепло

- Одинаковую ли работу выполнил газ во время переходов из состояния **1** в состояние **2** в ходе процессов **а** и **б** ?



РЕШЕНИЕ :

Нет, работа газа **различна** в ходе процессов **а** и **б** несмотря на то, что площади фигур, ограниченных графиками циклов, равны.

На участке 1-а работа отрицательна (т.к. объем уменьшается), а на участке а-2 она положительна (т.к. объем газа увеличивается). В итоге, работа газа в ходе процесса **а** положительна

На участке 1-б работа газа положительна (т.к. объем увеличивается), а на участке б-2 она отрицательна (т.к. объем газа уменьшается).

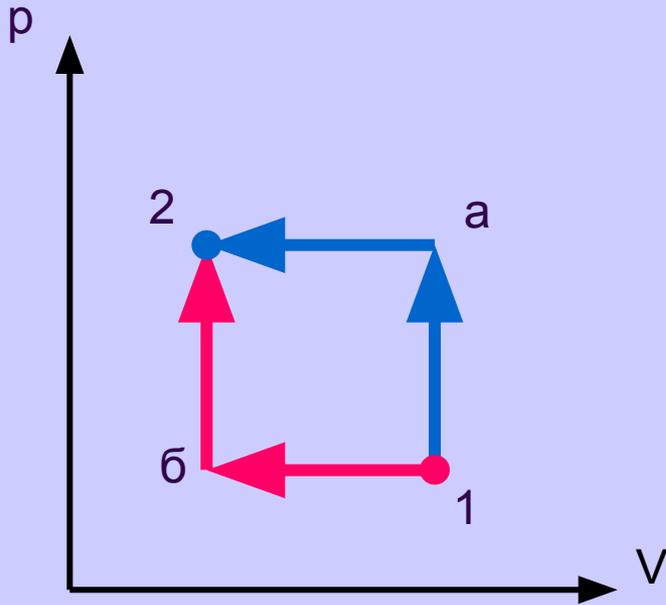
В итоге, работа газа в ходе процесса **б** отрицательна.

Таким, образом, большая работа выполняется газом в ходе процесса **а**

Домашнее задание:



1

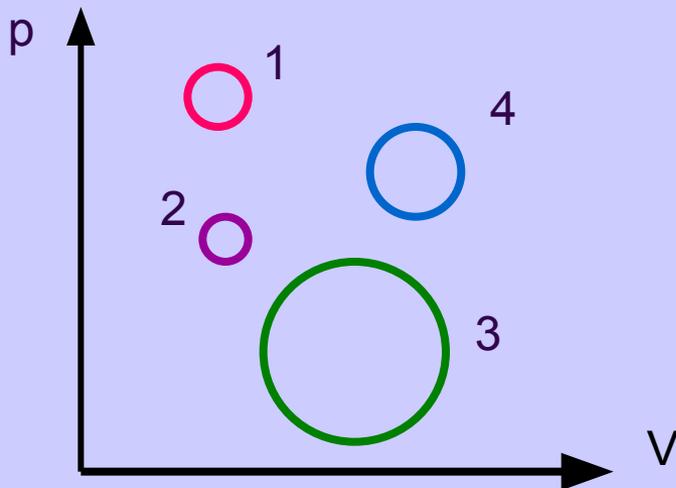


Газ переводится из состояния 1 в состояние 2 двумя способами а и б.

а) В каком из этих случаев совершается большая работа?

б) Какому состоянию газа соответствует наименьшая температура?

2



Сравните работу газа в ходе нескольких циклов, изображенных на рисунке. Массы газа одинаковы, направления процессов одинаковы (по часовой стрелке).

Использованная литература



- Г.Я.Мякишев и др. «Физика 10 класс»
- Л.А.Кирик «Самостоятельные и контрольные работы. МКТ. Свойства газов, Законы термодинамики. Пары, жидкости, твердые тела. 10 класс» Илекса, 2000 г.