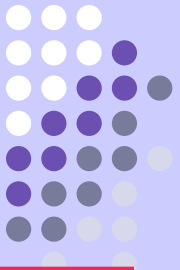


# Применение первого закона термодинамики к решению графических задач

---



# 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

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

$$\Delta U = A + Q$$

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

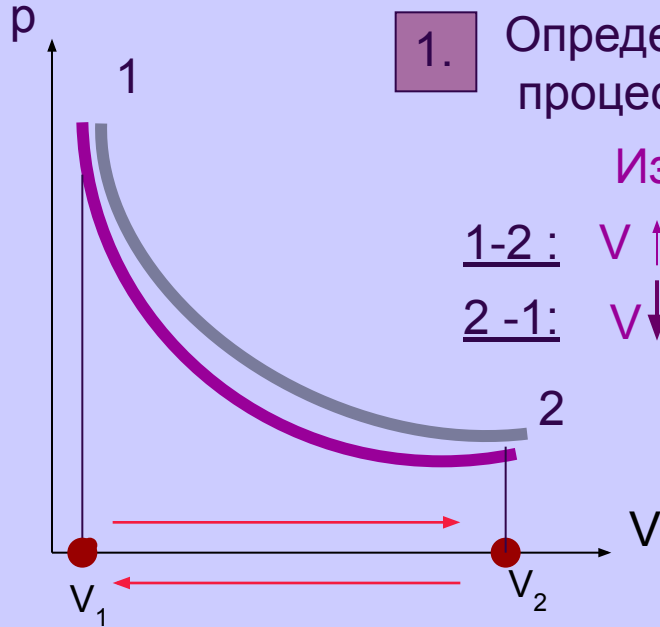
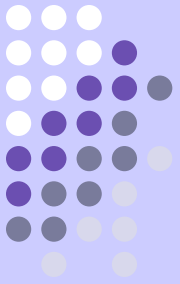
$$Q = A'$$

$$Q = \Delta U$$

$$\Delta U = A$$

$$\Delta U = -A'$$

# Учимся анализировать графики



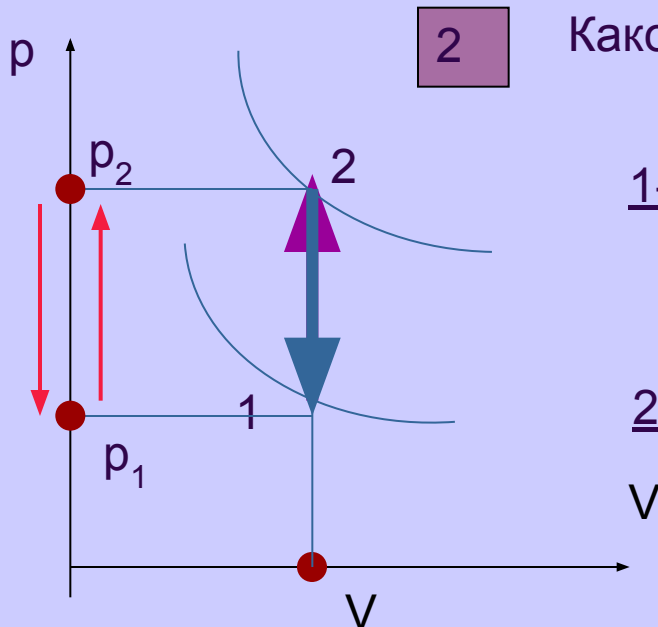
1. Определим характер теплообмена в ходе процесса, изображенного на графике

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?

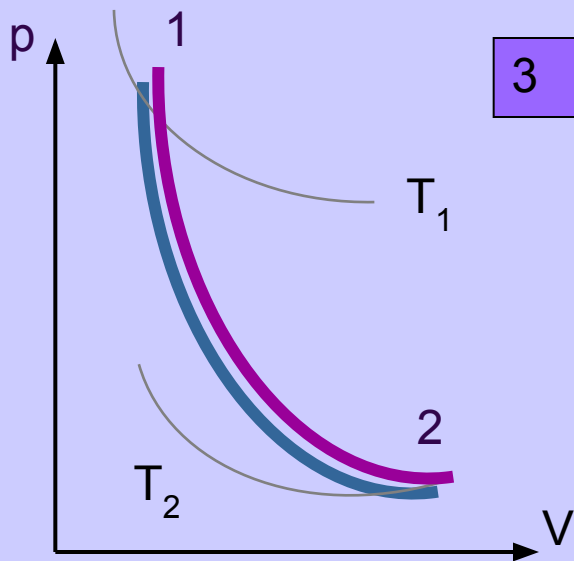
Изохора, т.е.  $V = \text{const}$ ,  $A' = 0$

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



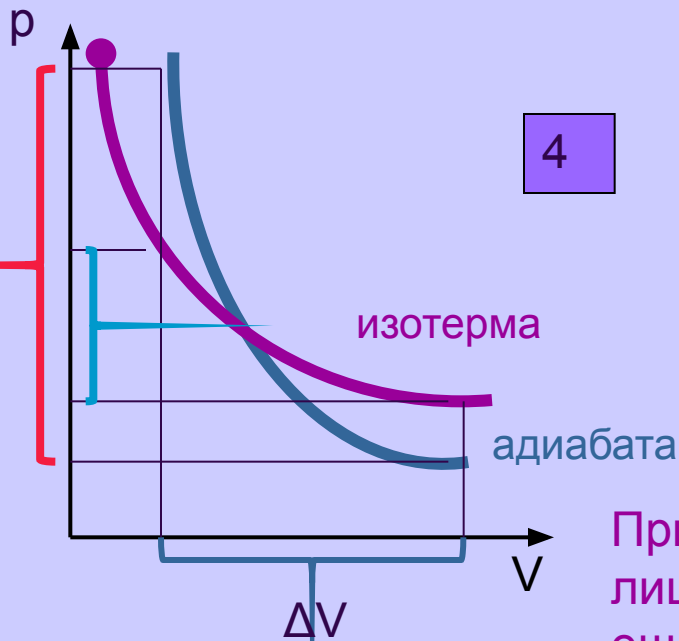
3

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

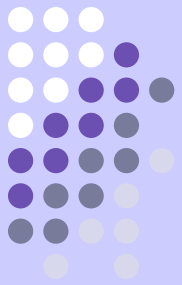
В ходе изотермического или адиабатного процесса давление изменяется сильнее?

Ответ обосновать.

РЕШЕНИЕ:

Очевидно, что в ходе адиабатного и изотермического расширения на величину  $\Delta V$  давление сильнее уменьшилось на адиабате.

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

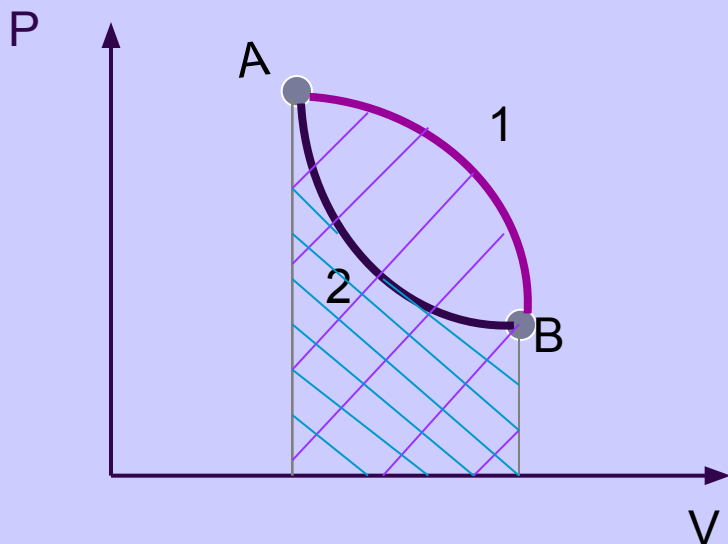
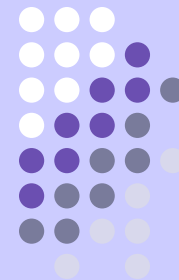


5

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

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

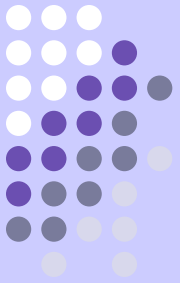
1. Внутренняя энергия – это функция состояния, а так как начальное и конечное состояния газа в ходе процессов 1 и 2 одинаковы, то и изменение внутренней энергии одинаково:  $\Delta U_1 = \Delta U_2$

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

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

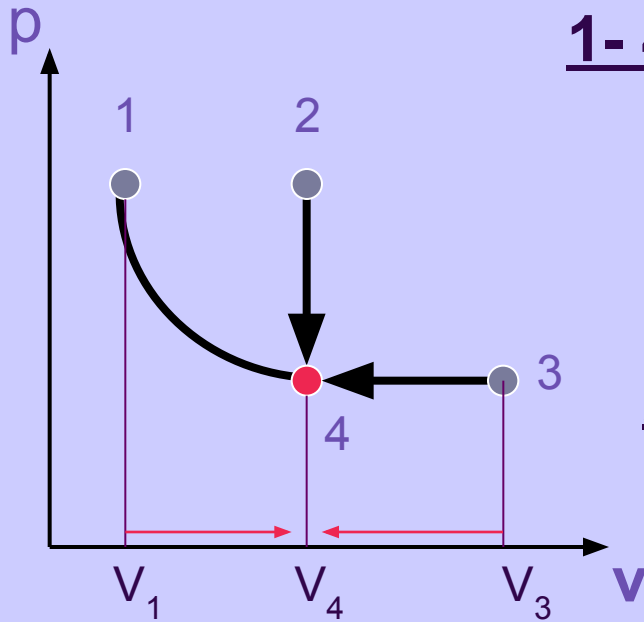
3. Согласно первому закону термодинамики, так как  $\Delta U_1 = \Delta U_2$  и  $A'_1 > A'_2$ , то  $Q_1 > Q_2$

**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)

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

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

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

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

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

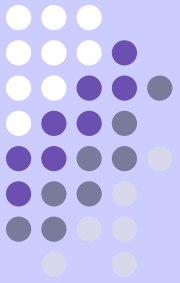
3-4:  $V_4 < V_3$ , т.е.  $V \downarrow$  и  $A' < 0$

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

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

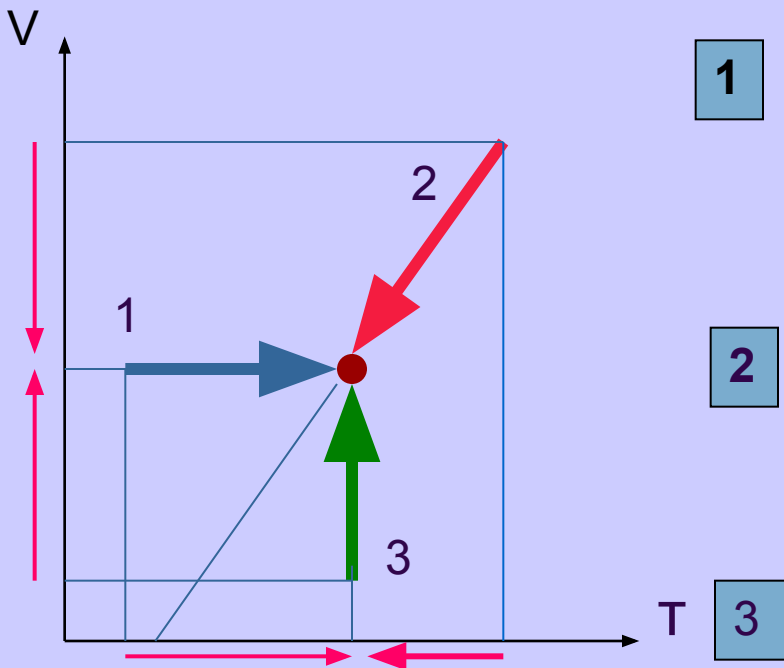
Т.к.  $\frac{p \downarrow V \downarrow}{T \downarrow} = \text{const}$

# 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

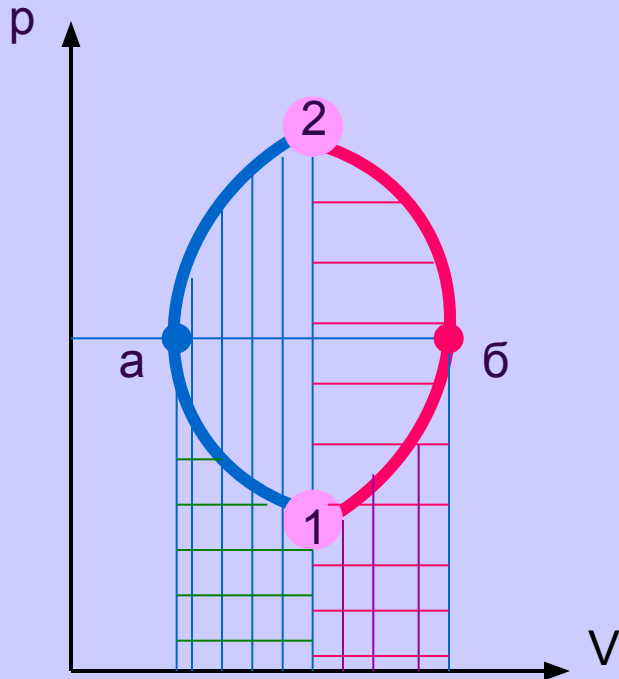
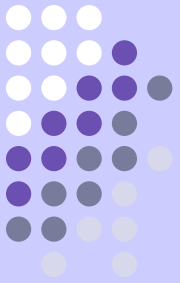
2

$V \downarrow$  , 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

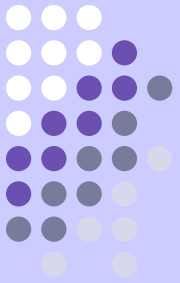
На участке 1-б работа газа положительна ( т.к. объем увеличивается ), а на участке б-2 она отрицательна ( т.к. объем газа уменьшается).

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

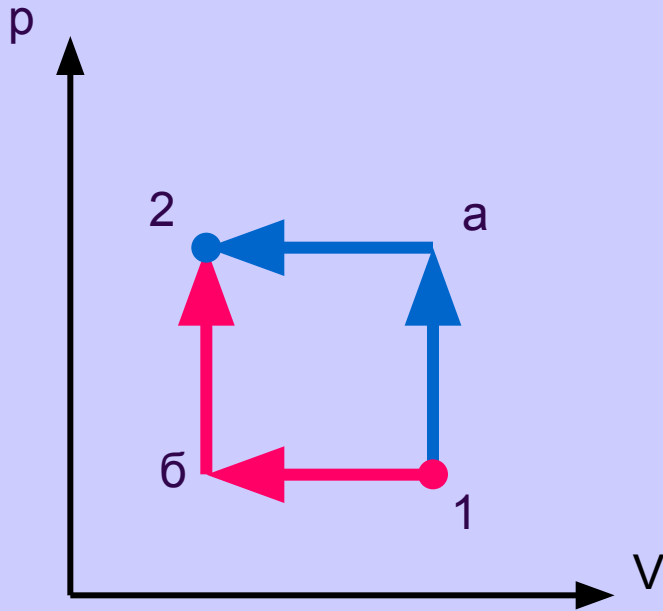
Таким, образом, большая работа выполняется газом в ходе процесса **а**



## Домашнее задание:



1

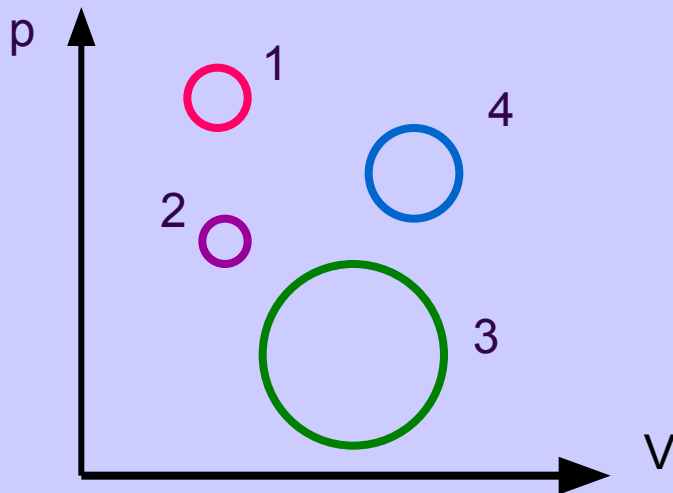


Газ переводится из состояния 1 в состояние 2 двумя способами а и б.

а) В каком из этих случаев совершается большая работа?

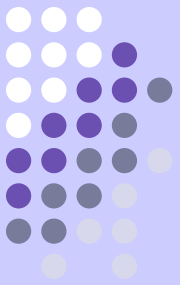
б) Какому состоянию газа соответствует наименьшая температура?

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.