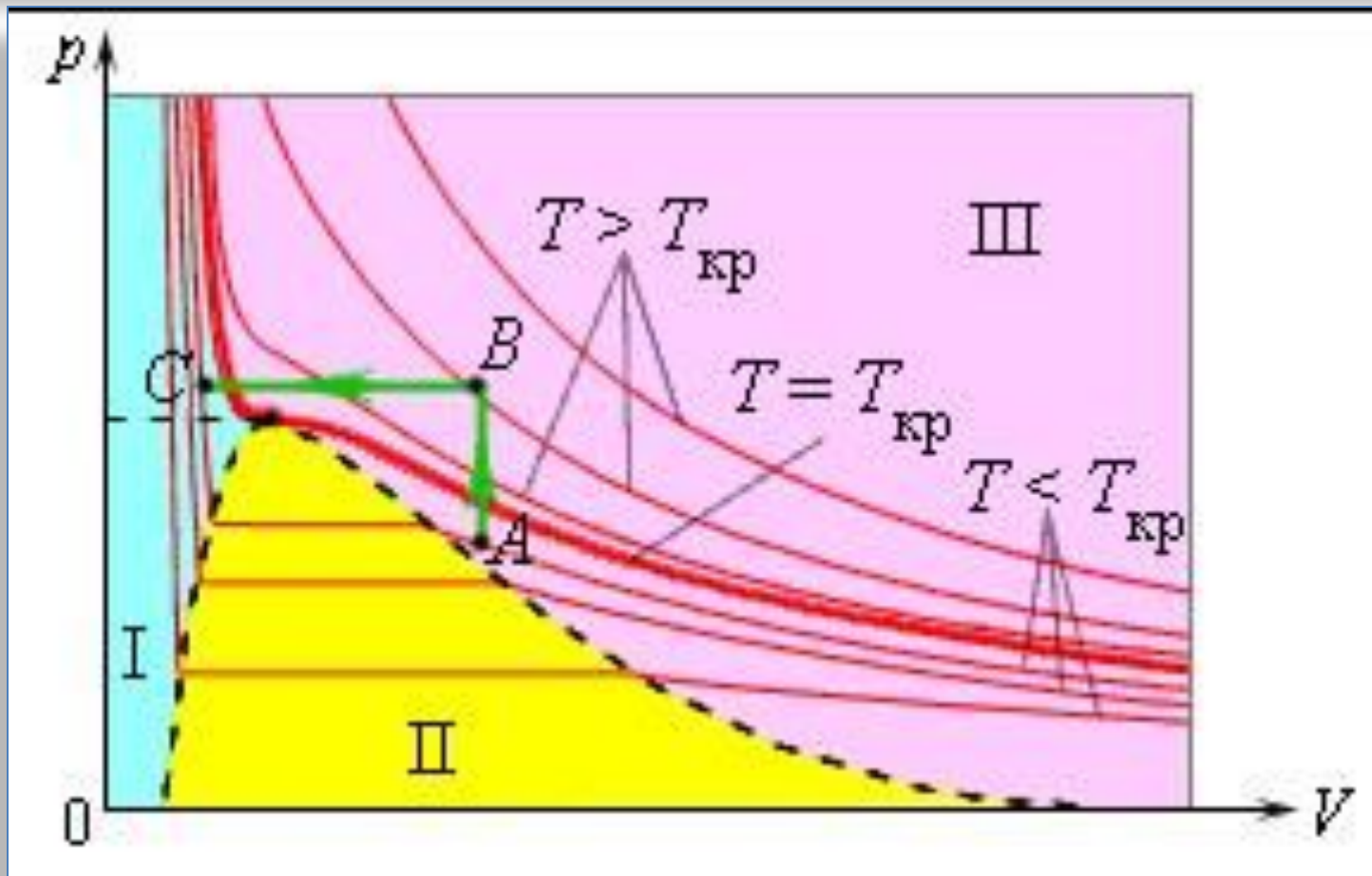


# Фазовый переход пар — жидкость

- Любое вещество при определенных условиях может находиться в различных агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. Переход из одного состояния в другое называется ***фазовым переходом***. **Испарение и конденсация** являются примерами фазовых переходов.
- Все **реальные газы** (кислород, азот, водород и т. д.) при определенных условиях способны превращаться в жидкость. Однако такое **превращение может происходить только при температурах ниже определенной, так называемой *критической температуры*  $T_{кр}$** . Например, для воды критическая температура равна 647,3 К, для азота 126 К, для кислорода 154,3 К. При комнатной температуре (? 300 К) вода может находиться и в жидком, и в газообразном состояниях, а азот и кислород существуют только в виде газов.

# Изотермы реального газа



Область I – жидкость,  
область II – двухфазная система «жидкость + насыщенный пар»,  
область III – газообразное вещество.  $K$  – критическая точка

- В закрытом сосуде жидкость и ее пар могут находиться в состоянии **динамического равновесия**, когда число молекул, вылетающих из жидкости, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость из пара, т. е. когда скорости процессов испарения и конденсации одинаковы. Такую систему называют **двухфазной**. Установление динамического равновесия между процессами испарения и конденсации при повышении температуры происходит при более высоких концентрациях молекул пара. Так как давление газа (пара) определяется его концентрацией и температурой, то можно сделать вывод: **давление насыщенного пара  $p_0$  данного вещества зависит только от его температуры и не зависит от объема**. Поэтому изотермы реальных газов на плоскости ( $p$ ,  $V$ ) содержат горизонтальные участки, соответствующие двухфазной системе

Пар, находящийся в динамическом равновесии со

Насыщенный пар

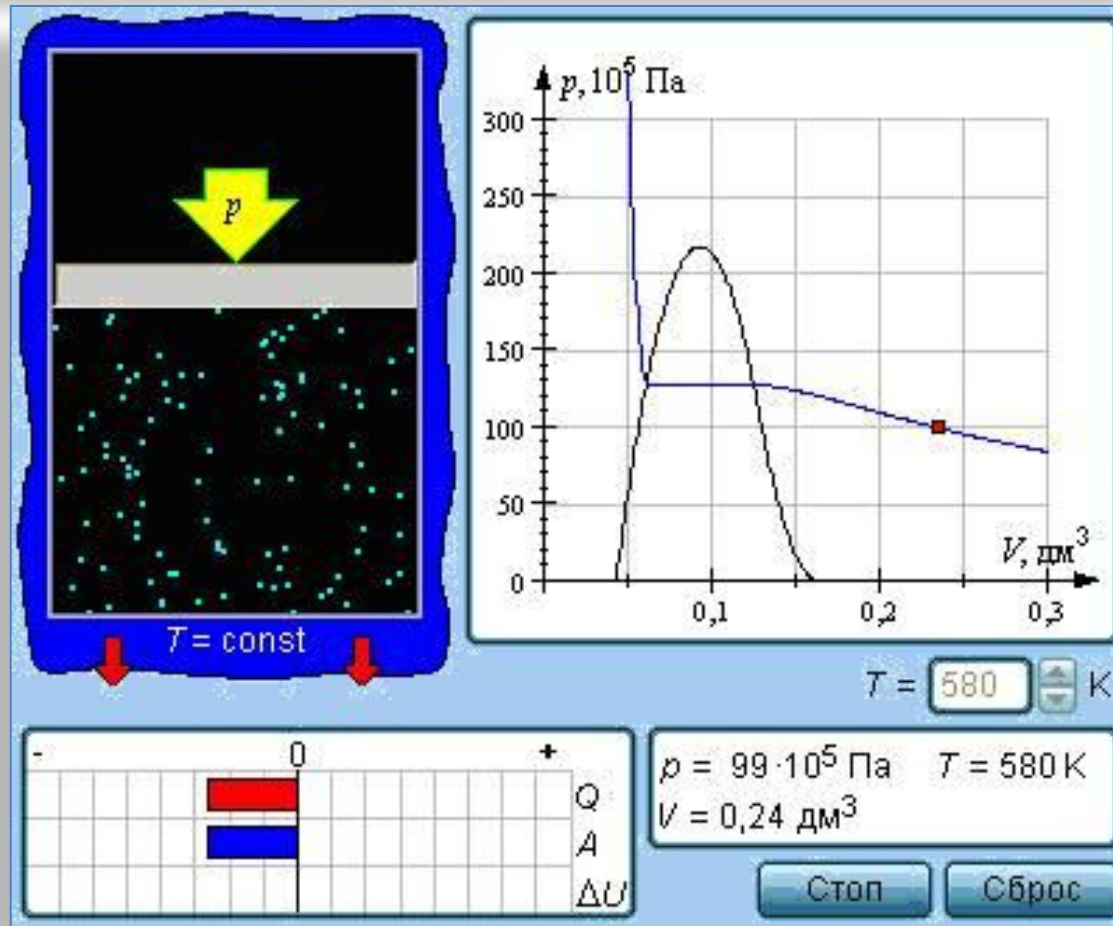
жидкостью

Ненасыщенный пар

ненасыщенным паром

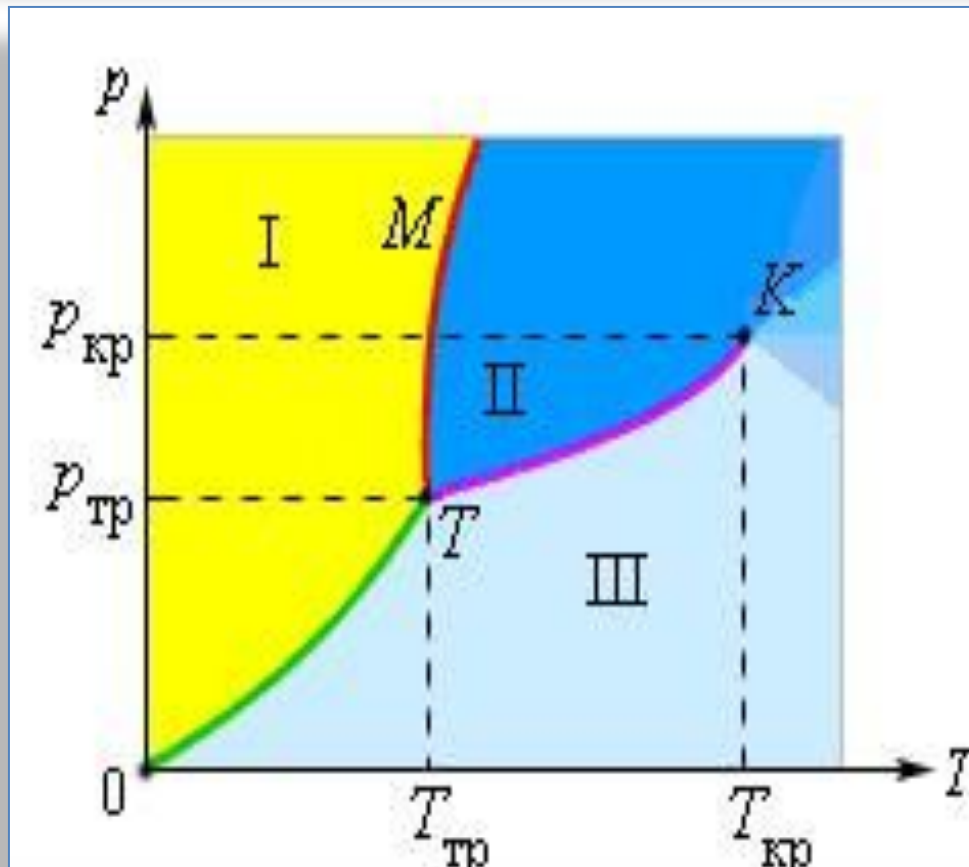


# Изотермы реального газа



- При температуре выше критической исчезает физическое различие между жидкостью и ее паром, и система может находиться только в однофазном состоянии.

# Фазовая диаграмма



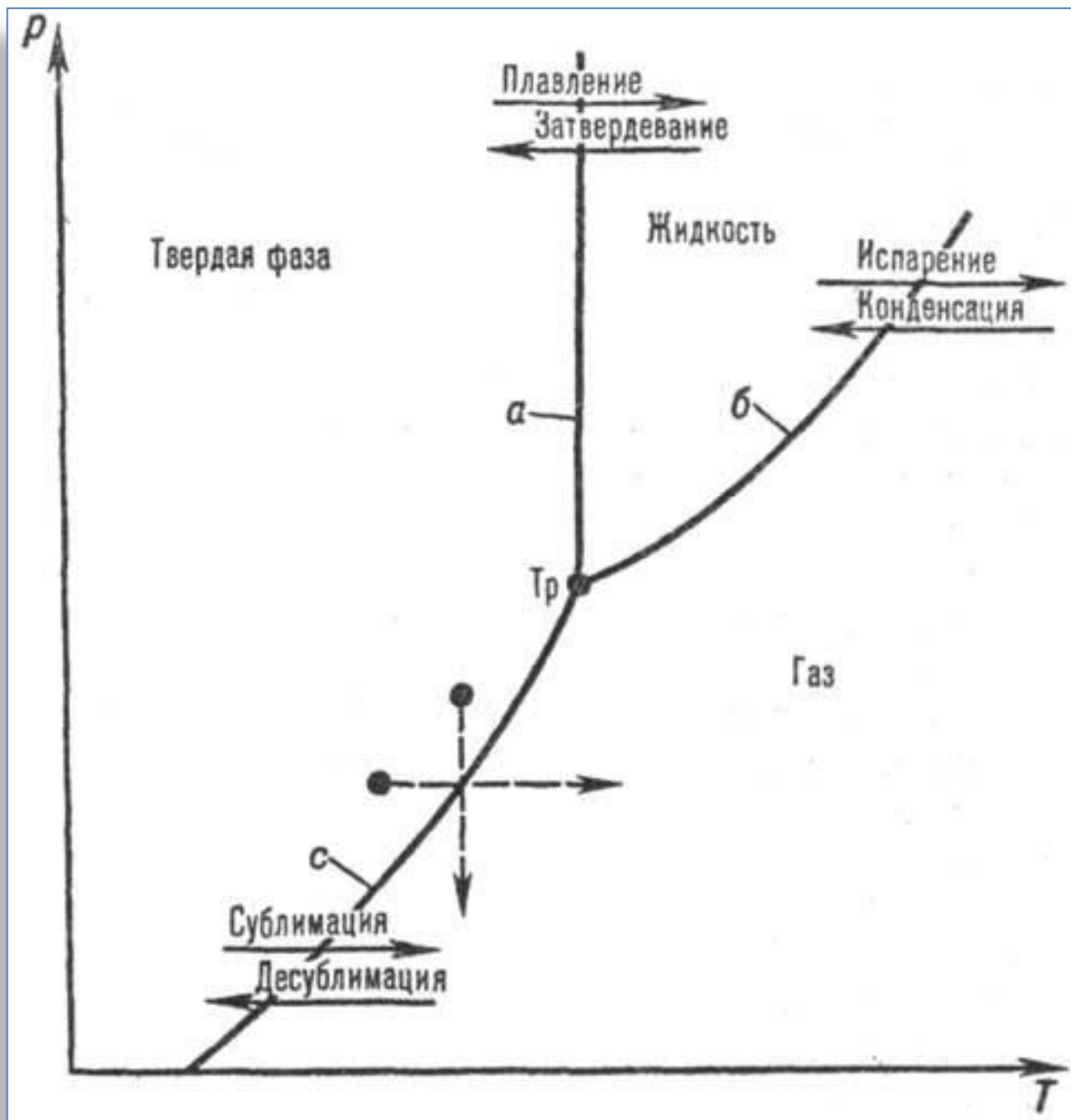
$K$  – критическая точка,  $T$  – тройная точка.  
Область I – твердое тело,  
область II – жидкость,  
область III – газообразное вещество

Кривая  $OM$ , соответствующая равновесию между твердой и газообразной фазами, называется **кривой сублимации**.

Кривая  $TK$  равновесия между жидкостью и паром называется **кривой испарения**, она обрывается в критической точке  $K$ .

Кривая  $TM$  равновесия между твердым телом и жидкостью называется **кривой плавления**. Кривые равновесия сходятся в точке  $T$ , в которой могут сосуществовать в равновесии все три фазы. Эта точка называется **тройной точкой**.







Для многих веществ давление  $p_{\text{тр}}$  в тройной точке меньше 1 атм ?  $10^5$  Па. Такие вещества при нагревании при атмосферном давлении плавятся. Например, тройная точка воды имеет координаты  $T_{\text{тр}} = 273,16$  К,  $p_{\text{тр}} = 6,02 \cdot 10^2$  Па и используется в качестве опорной для калибровки абсолютной температурной шкалы Кельвина. Существуют, однако, и такие вещества, у которых  $p_{\text{тр}}$  превышает 1 атм. Так для углекислоты ( $\text{CO}_2$ ) давление  $p_{\text{тр}} = 5,11$  атм и температура  $T_{\text{тр}} = 216,5$  К. Поэтому при атмосферном давлении твердая углекислота может существовать только при низкой температуре, а в жидком состоянии при  $p = 1$  атм она вообще не существует. В твердом состоянии в равновесии со своим паром при атмосферном давлении углекислота находится при температуре 173 К или  $-80$  °С. Это широко применяемый «сухой лед», который никогда не плавится, а только испаряется (сублимирует).

# Тест по теме «Молекулярная физика»

## 1. Следствиями теории «Термодинамика» являются:

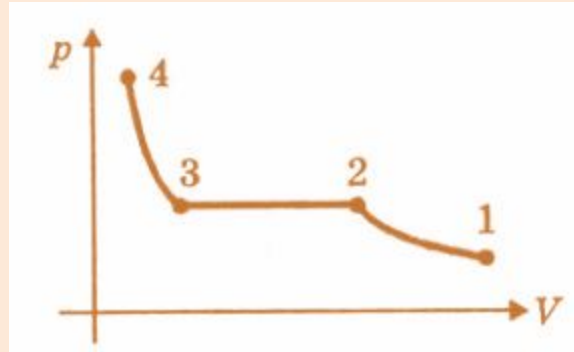
- А. Описание фазовых переходов
- В. Описание цикла Карно
- С. Объяснение молекулярного строения тел
- Д. Создание материалов с заранее известными свойствами

## 2. Физическая модель, используемая в молекулярно-кинетической теории, это:

- А. Абсолютно твёрдое тело
- В. Материальная точка
- С. Термодинамическая система
- Д. Идеальный газ

### 3. Какой из участков изотермы соответствует процессу конденсации пара:

- A. 1 -2
- B. 2 -3
- C. 1- 3
- D. 2 -4
- E. 3 -4



### 4. Какое из перечисленных свойств характерно только для аморфных тел:

- Г. Анизотропность
- Б. Существование определённой температуры плавления
- Н. Отсутствие определённой температуры плавления
- І. Низкая теплопроводность

**5. Объектом описания тепловых явлений статистическим методом является :**

- A. Газ – макроскопическая система
- B. Газ – микроскопическая система
- C. И то, и другое
- D. Нет правильного ответа

**6. Основными понятиями в молекулярно-кинетической теории являются :**

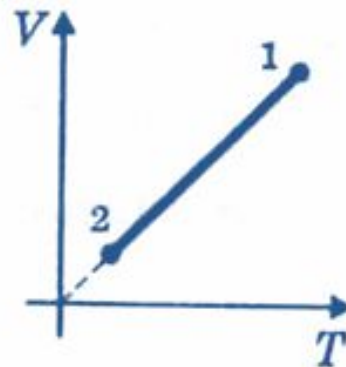
- E. Масса молекулы
- F. Внутренняя энергия
- G. Объём газа
- H. Средняя кинетическая энергия молекул

## 7. Формулировки II закона термодинамики предложили:

- A. Р.Клаузиус
- B. Д.Джоуль
- C. У. Томсон (Кельвин)
- D. Л. Больцман

## 8. Следствием какого закона молекулярно-кинетической теории является закон, описывающий данный процесс:

- E. Уравнения состояния идеального газа
- F. Основного уравнения молекулярно-кинетической теории
- A. Ни того, ни другого
- B. И того, и другого

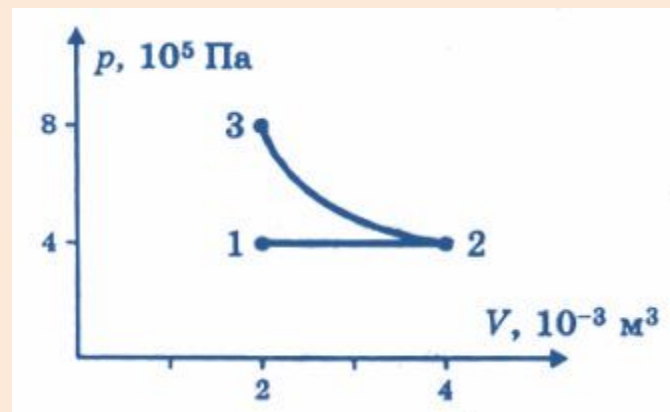


## 9. Что не входит в ядро молекулярно-кинетической теории:

- А. Законы изопроцессов
- В. Объяснение свойств тел в различных агрегатных состояниях
- С. Уравнение состояния идеального газа
- Д. Постоянная Больцмана

## 10. Газ переводят в состояние 2 сначала из состояния 1, а потом из состояния 3. Сравнить совершаемые работы:

- Е.  $A_{1,2} > A_{3,2}$
- Ф.  $A_{1,2} = A_{3,2}$
- Г.  $A_{1,2} < A_{3,2}$



Изменение внутренней энергии при теплообмене  $\Delta U$   
(количество теплоты  $Q$ ) без совершения работы может быть  
вычислено по таким формулам:

$$\Delta U = Q = c \cdot m (T_2 - T_1)$$

при нагревании или охлаждении, где  $c$  – удельная  
теплоемкость вещества,  $m$  – масса вещества,  $T$  –  
абсолютная температура;

$$\Delta U = Q = \lambda \cdot m$$

при плавлении или отвердевании, где  $\lambda$  – удельная  
теплота плавления вещества;

$$\Delta U = Q = r \cdot m$$

при парообразовании или конденсации, где  $r$  –  
удельная теплота парообразования вещества;

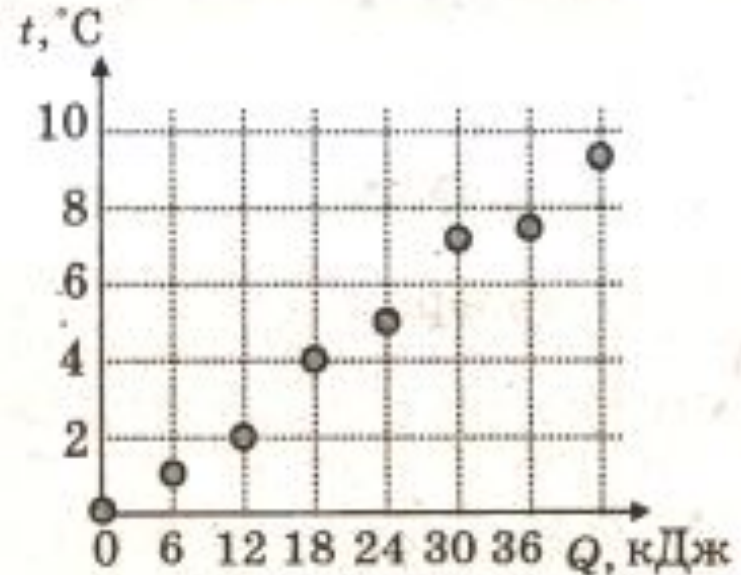
$$\Delta U = Q = q \cdot m$$

при сгорании топлива, где  $q$  – удельная теплота  
сгорания вещества.



# Задача ЕГЭ

**A21.** С использованием нагревателя известной мощности исследовалась зависимость температуры 1 кг вещества от количества теплоты, полученного от нагревателя. Результаты измерений указаны на рисунке точками. Чему примерно равна удельная теплоёмкость данного вещества?



1)  $6,0 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

2)  $1,0 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

3)  $4,5 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

4)  $2,5 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

# Задача ЕГЭ

**A23.** Железному и алюминиевому цилиндрам сообщили одинаковое количество теплоты, что привело к одинаковым изменениям температуры цилиндров. Воспользовавшись таблицами, приведёнными в начале варианта, определите примерное отношение масс этих цилиндров  $\frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\text{Al}}}$ .

1) 2,0

2) 0,7

3) 1,4

4) 0,5

## Задача ЕГЭ

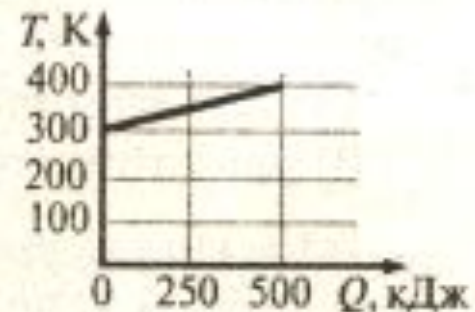
А8. Удельная теплота парообразования воды равна  $2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг. Это означает, что для испарения

- 1) любой массы воды при температуре кипения необходимо количество теплоты  $2,3 \cdot 10^6$  Дж
- 2) 1 кг воды при температуре кипения необходимо количество теплоты  $2,3 \cdot 10^6$  Дж
- 3) 2,3 кг воды при температуре кипения необходимо количество теплоты  $10^6$  Дж
- 4) 1 кг воды при любой температуре необходимо количество теплоты  $2,3 \cdot 10^6$  Дж

# Задача ЕГЭ

**А9.** На рисунке приведена зависимость температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?

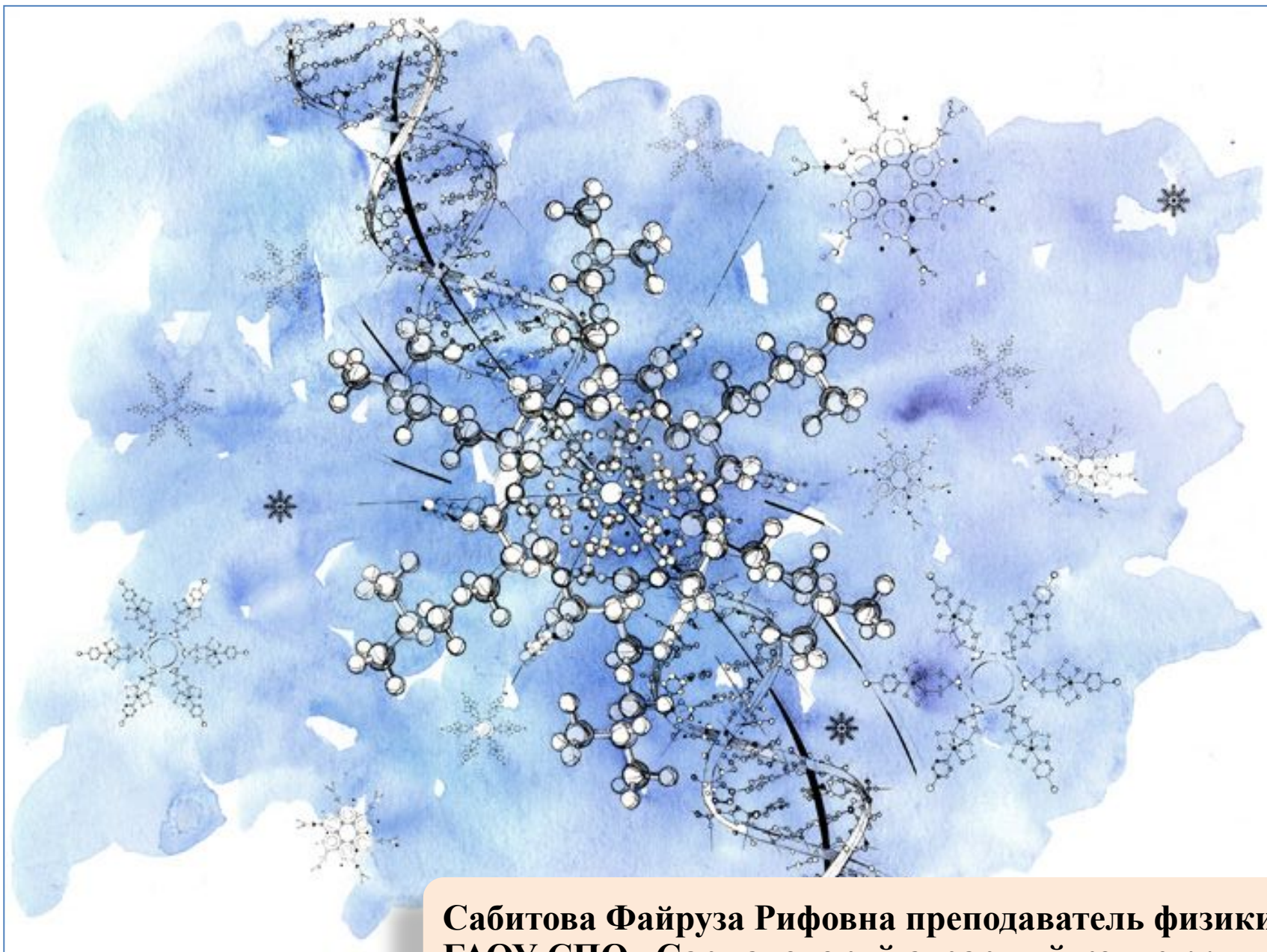
- 1) 25 Дж/(кг·К)
- 2) 625 Дж/(кг·К)
- 3) 2500 Дж/(кг·К)
- 4) 1000 Дж/(кг·К)



# Использованные ресурсы:

- <http://tvsh2004.narod.ru/phis.htm>
- <http://www.ido.rudn.ru/nfpk/fizika/mkt/3.html>





**Сабитова Файруза Рифовна преподаватель физики  
ГАОУ СПО «Сармановский аграрный колледж»**