

# Терминдер

- Термохимиялық теңдеу
- Жылу эффектісі
- Энтальпия  $-\Delta H$
- Түзілу энтальпиясы
- Жану энтальпиясы
- Гесс заңы және оның 3 салдары
- $4P(қ) + 5O_2(г) = 2P_2O_5(қ) + 3010 \text{ кДж}$
- $CaCO_3(қ) = CaO(қ) + CO_2(г) - 152 \text{ кДж}$
- Энтальпия – тұрақты қысымда жылуға айналдыруға болатын энергия
- Жылу эффектісі мен энтальпия мәндерінің таңбасы қарама қарсы болады
- Энтальпияның стандартты күйі-  $\Delta H^0$  - стандартты жағдайда беріледі: температура 25градус Цельсий немесе 298 К, 1 атмосфералық қысым.

- Түзілу энтальпиясы – 1 моль күрделі зат жай заттардан түзілгенде бөлінетін немесе сіңірілетін жылу мөлшері
- $4P(к)+5O_2(г)=2P_2O_5(к)+3010 \text{ кДж}$
- $\Delta H(f) 3010/2= 1505 \text{ кДж/ моль}$
- Жану энтальпиясы- 1 моль зат (жай немесе күрделі) жанғанда бөлінетін немесе сіңірілетін жылу мөлшері.
- $\Delta H(\text{жану}) P=3010/4= 752,5 \text{ кДж/моль}$

- $\Delta H^0 = m * c * \Delta T$
- m- реагенттердің массасы
- C-жылу сыйымдылығы
- $\Delta T$ - (K) температуралардың айырмасы
- Жай заттардың түзілу энтальпиясы үнемі нөлге тең.

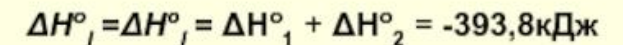
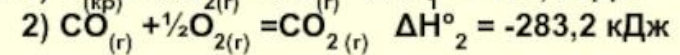
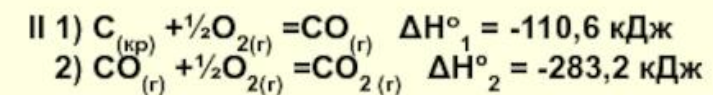
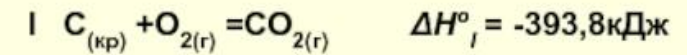
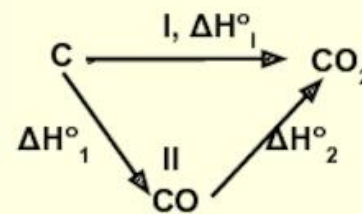
- **Гесс заңы**- химиялық реакцияның жылу эффектісі оның жүру жолына тәуелсіз, өнім мен реагенттердің энергетикалық күйлерінің айырмасымен анықталады.



1802-1850

## Закон Гесса (Г.И.Гесс, 1840)

Тепловой эффект химического процесса зависит только от начального и конечного состояния веществ и не зависит от промежуточных стадий процесса



# Гесс заңының 1-салдарына есеп



- -82,9                      0                      -393,5                      -241,8

- кДж/моль

- $\Delta H$ -?

- $$\sum (\Delta H^0) = 12 * (-393,5) + 6 * (-241,8) - 2 * (-82,9) + 15 * 0 = (-40722 - 1450,8) - 165,8 = -6007 \text{ кДж}$$

- $\Delta H_{x.p} = -6007 \text{ кДж}$

- **1-салдар. Реакцияның энтальпиясы өнім мен реагенттердің түзілу энтальпияларының айырмасына тең.**

- $$\Delta H^0 = \sum n \cdot \Delta_f \Delta H^0 (\text{өнім.}) - \sum n \cdot \Delta_f \Delta H^0 (\text{реагент})$$

- Мұнда  $n$  – заттың мөлшері (заттың алдындағы коэффициент);

- $\Delta H^0$

## Есептер

### №1 есеп.

|              |                 |                       |        |
|--------------|-----------------|-----------------------|--------|
| $\Delta H^0$ | CH <sub>4</sub> | CH <sub>3</sub> Cl(г) | HCl(г) |
| кДж/моль     | -74,9           | -82                   | -91,8  |

CH<sub>4</sub> (г)+Cl<sub>2</sub>(г)=CH<sub>3</sub>Cl(г)+HCl(г) теңдеуінің энтальпиясын есептеңіздер. Бұл қандай реакция (экзотермиялық, эндотермиялық)? Реакцияның жылу эффектісі нешеге тең болады?

### №2 есеп

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (к)+3CO(г)=2 Fe(к)+3 CO<sub>2</sub>(г) теңдеуінің энтальпиясын есептеңіздер.

|              |                                |        |                     |
|--------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| $\Delta H^0$ | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CO(г)  | CO <sub>2</sub> (г) |
| кДж/моль     | -822.2                         | -110.5 | -393.5              |

### №3 есеп

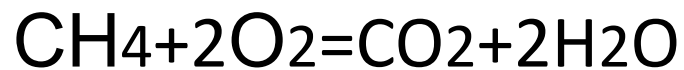
CH<sub>4</sub> (г)+H<sub>2</sub>O(г)=CO(г)+3H<sub>2</sub>(г) теңдеуінің энтропиясын есептеңіздер.

|              |                     |                     |       |                    |
|--------------|---------------------|---------------------|-------|--------------------|
| $\Delta S^0$ | CH <sub>4</sub> (г) | H <sub>2</sub> O(г) | CO(г) | H <sub>2</sub> (г) |
| Дж/моль*К    | 186.2               | 188.7               | 197.5 | 130.5              |

# Гесс заңының 1-салдарына №2- есеп

- Фосфин жанғанда фосфор ангидридi мен су түзіледі. Сонымен қатар 2452,8 кДж жылу бөлінеді. Фосфиннің түзілу жылуын есептеңіз.
- $2\text{PH}_3 + 4\text{O}_2 = \text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O}$
- $-2452,8 = (-1542,9 + 3 * (-285,9)) - 2 * \Delta H_f(\text{PH}_3)$
- $-2452,8 = -2400,6 - 2x$
- $52,2 = 2x$
- $x = 26,1 \text{ кДж/моль}$
- Оң сан шықты, яғни фосфиннің түзілуі эндотермиялық реакция
- $\Delta H^0 \text{P}_2\text{O}_5 (f) = 1542,9 \text{ кДж/моль}$
- $\Delta H^0 \text{H}_2\text{O}(f) = 285,9 \text{ кДж/моль}$
- Фосфиннің түзілу жылуын есептеңіз.
- *Бұл жерде сандар жылу ретінде берілгендіктен энтальпияны жазғанда қарама -қарсы таңбамен жазамыз.*

# Гесс заңының 3-салдары



С мен С, Н<sub>2</sub> мен Н<sub>2</sub> қысқарады.

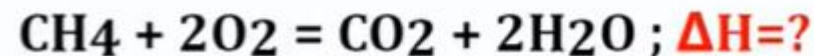
$$\Delta H_{\text{х.р}} = 74,85 + (-393,51) + (-483,62) =$$

$$74,85 + (-877,11) = -802,26 \text{ кДж/моль}$$

**3-салдар.** Реакцияның термохимиялық теңдеуін қосуға, азайтуға, көбейтуге және бөлуге болады, реакция қайтымды болмаса да теңдеуді оннан солға қарай жазуға болады.

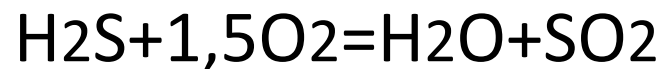
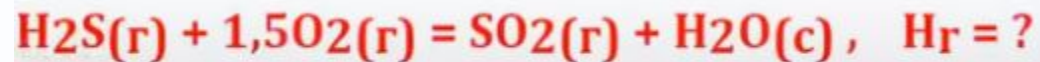
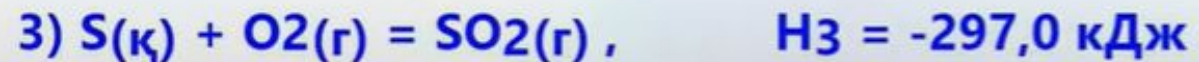
## 3 мысал.

**МЕТАННЫҢ ЖАНУ ТЕҢДЕУІНІҢ ЖЫЛУ ЭФФЕКТИСІН ЕСЕПТЕҢІЗ.**



# Гесс заңының 3- салдарына мысал

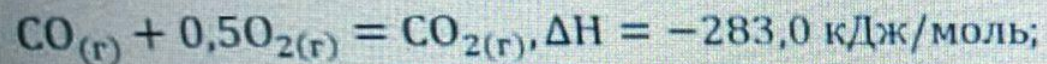
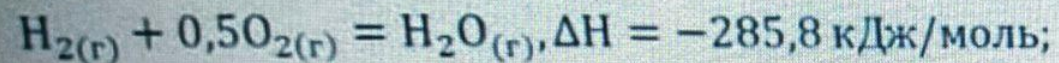
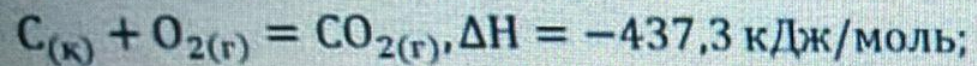
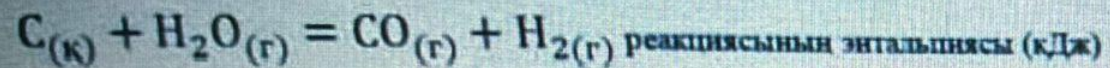
Төменде берілген химиялық реакция теңдеулерін қолданып, күкіртсутектің (H<sub>2</sub>S) жану жылуын есептеңіз.



$$\Delta H_{x.p} =$$

$$\Delta H_4 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 20,17 + (-286,0 + (-297,0)) = 20,17 + (-583) = -562,83 \text{ кДж/моль}$$





A) -335,4

B) 440,1

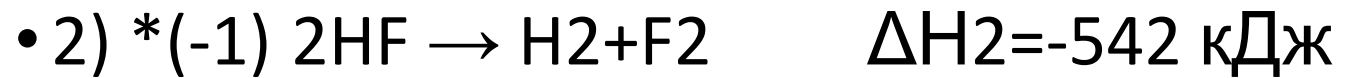
C) 131,5

D) 434,5

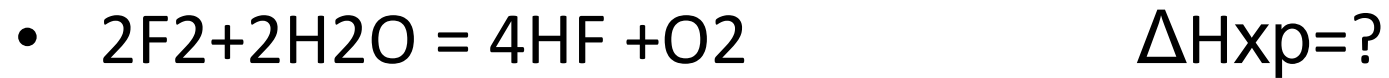
E) -1006,1

# Мысал №1

• Берілгені:



•

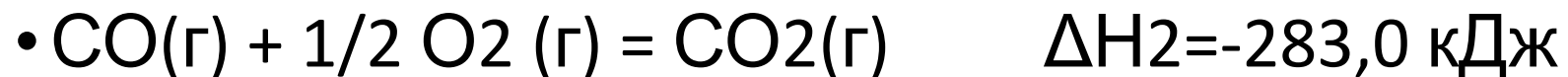
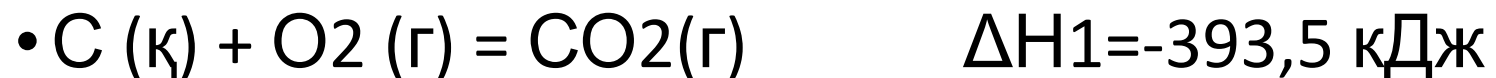


# Шешуі:

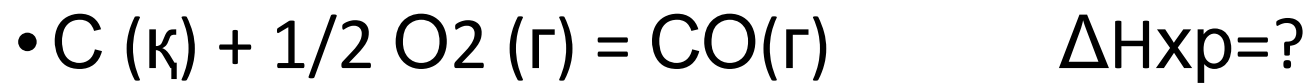
- $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$   $\Delta H_1 = -572 \text{ кДж}$
- $2\text{H}_2 + 2\text{F}_2 \rightarrow 4\text{HF}$   $\Delta H_2 = 1084 \text{ кДж}$
- ---
- $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 \rightarrow 4\text{HF} + \text{O}_2$
- $\Delta H_{\text{жалпы}} = \Delta H_1 + \Delta H_2$   $\Delta H_{\text{хр}} = -512 \text{ кДж}$

# Мысал №2

• Берілгені:

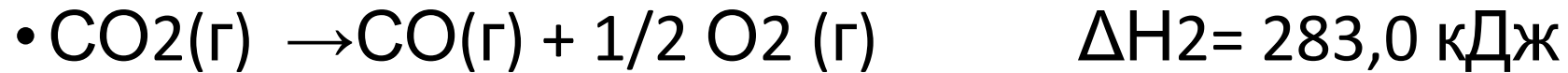
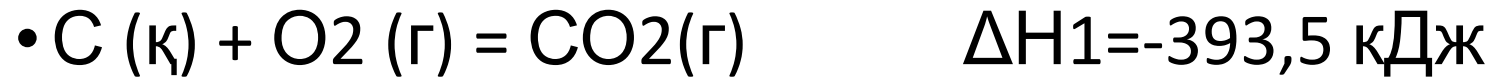


•



# Шешуі:

•

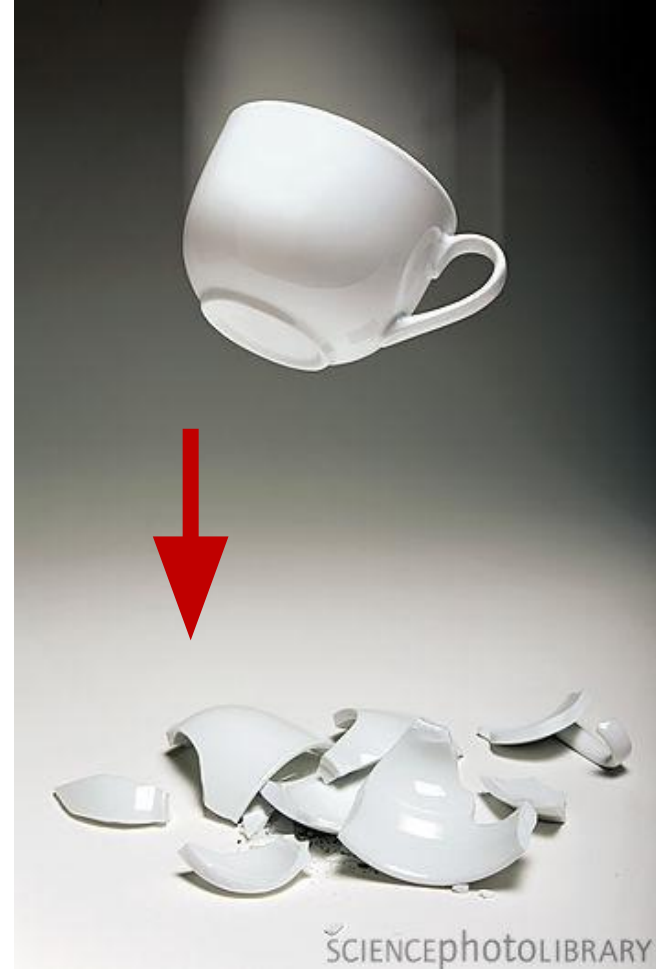
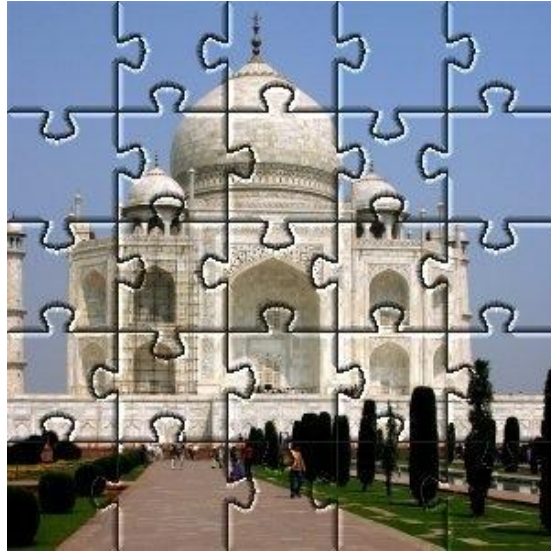


•

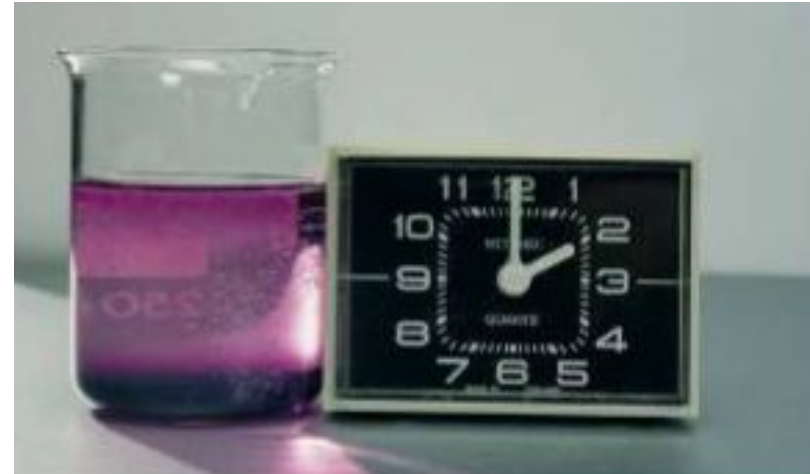
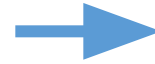
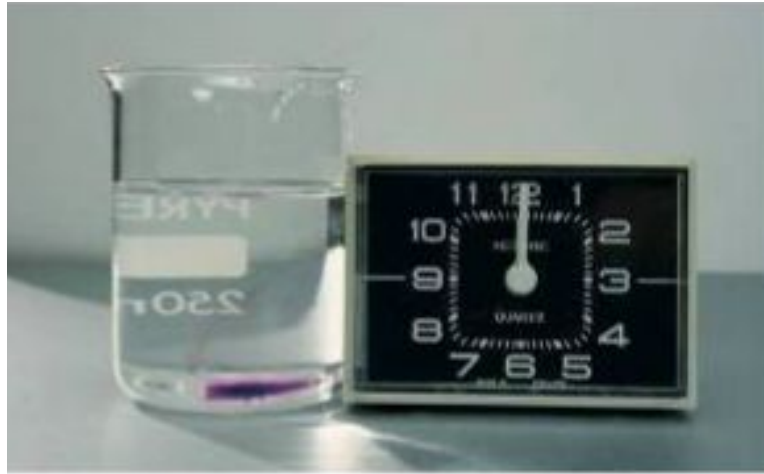




# Суреттерді не байланыстырады?

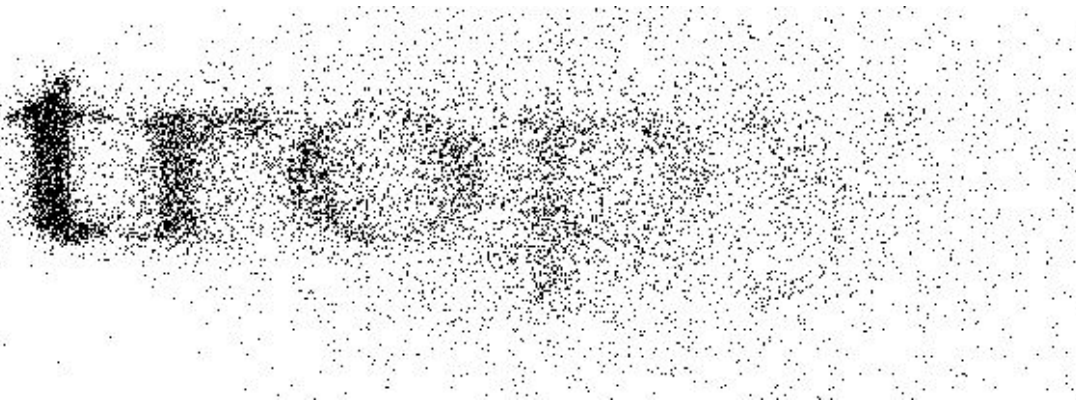


# Суреттерді не байланыстырады?



«Р е т с і з д і к»

en

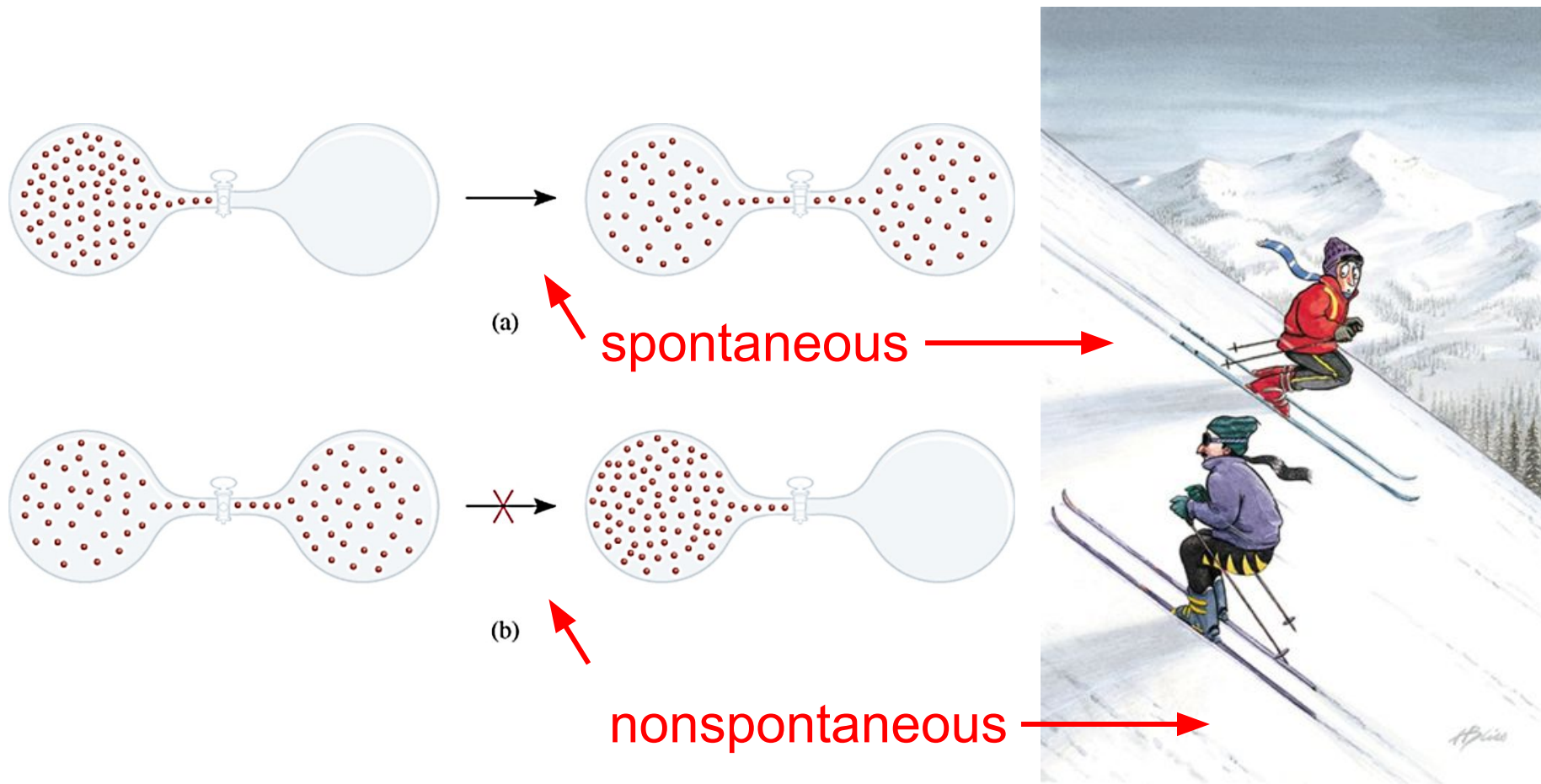




# Өздігінен жүретін және өздігінен жүрмейтін процесстер (спонтанды, спонтанды емес)

- Өздігінен жүретін және өздігінен жүре алмайтын құбылыстар бар (мысалдар келтіріңіздер).
- **Өздігінен жүретін процесстер (спонтанды)** – сыртқы күштің әсерінсіз жүретін үрдістер.
- **Өздігінен жүрмейтін процесстер (спонтанды емес)** – қандай да бір сыртқы күштің әсерінен, яғни сыртқы энергияның жұмсалыуымен жүретін үрдістер.

# Өздігінен жүретін және өздігінен жүрмейтін процесстер (спонтанды, спонтанды емес)



# Өздігінен жүретін және өздігінен жүрмейтін процесстер (спонтанды, спонтанды емес)

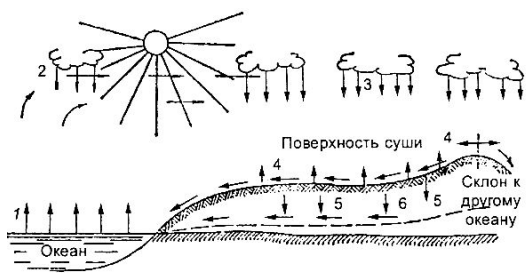
## Спонтанды (өздігінен жүретін)



1. Тастың таудан құлауы



2. Терімдің таттануы

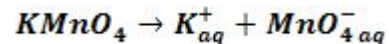


3. Судың айналымы

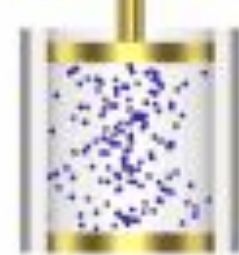


4. Газдар мен сұйықтықтардағы диффузия

5. Электролиттердің сулы ерітіндіде иондарға ыдырауы:



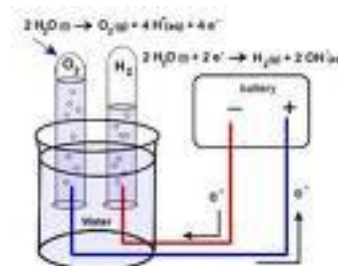
## Спонтанды емес (өздігінен жүрмейтін) процесстер



1. Газдың сығылуы



2. Тоңазытқыштың жұмысы



3. Судың электролизі



4. Доңғалақты насоспен үрлеу

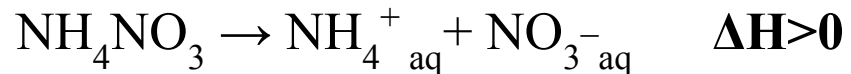
# Процесстің спонтанды болатын/болмайтындығын қалай анықтауға болады? Ол тек энтальпиялық факторға тәуелді ме?

- Бертелло -Томсен принципі (19 ғасырдың ортасы) бойынша өздігінен тек экзотермиялық реакциялар жүреді:

$A + B \rightarrow AB \quad \Delta H < 0$  (мысалы, *сутек пен оттектен судың түзілуі; метанның жануы*)

$A + B \rightarrow C + D \quad \Delta H < 0$  (мысалы, *бейтараптану реакциясы, т.с.с*)

- Иә, 95% барлық қайтымсыз процесстер үшін бұл принцип сақталады, алайда 5% реакцияларда керісінше тәуелділік байқалады, мысалы:

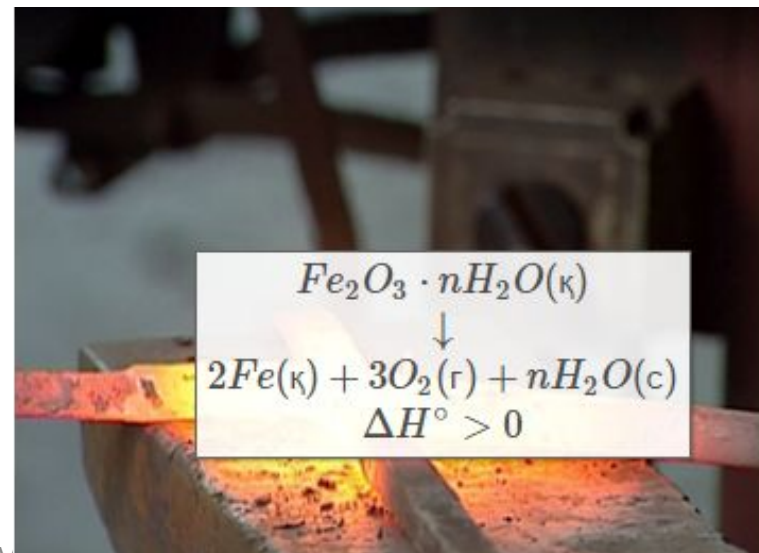
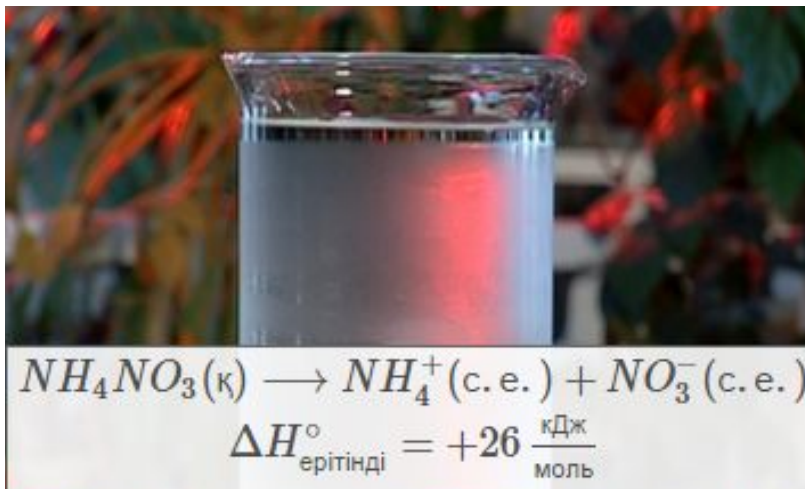
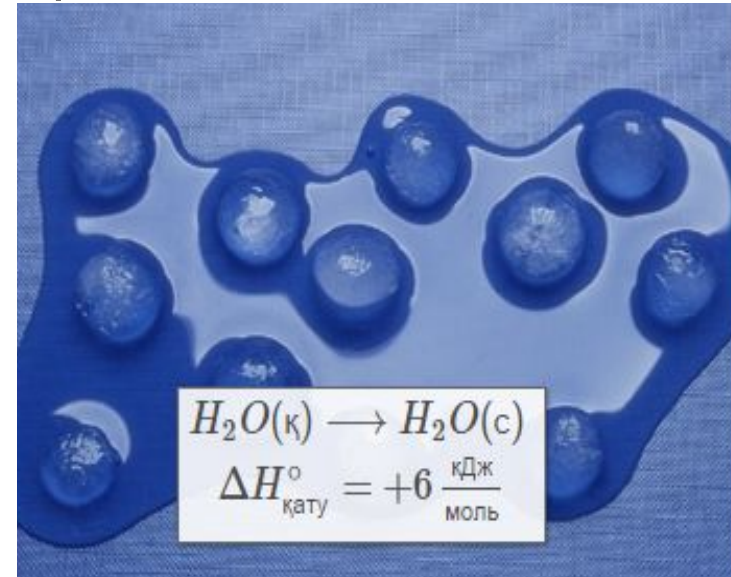
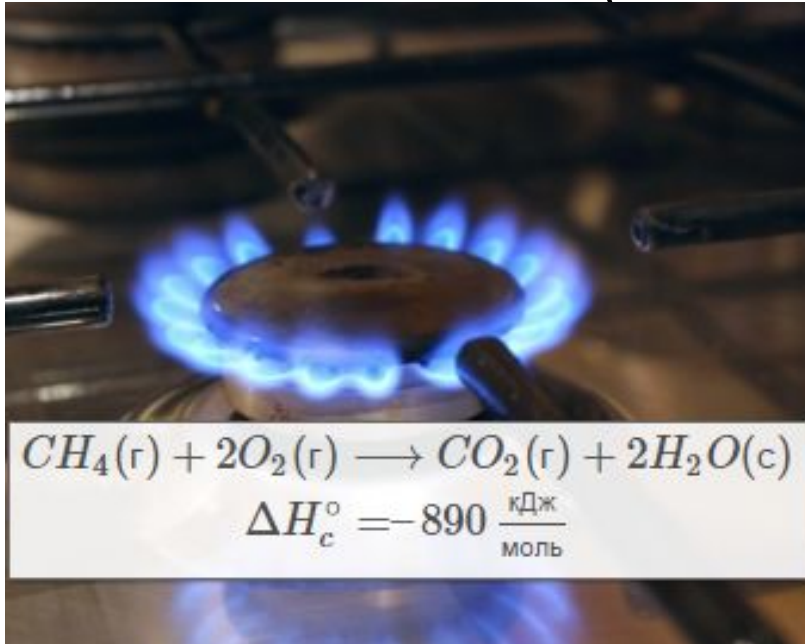


Мұздың еруі  $\Delta H > 0$

- Яғни, егер жүйе ретсіздік күйге келсе, эндотермиялық процесстер де спонтанды жүре алады.
- Сонымен, жүйенің тек жылуды сіңіру немесе бөле алатындығы жайлы ақпараты (**энтальпиялық фактор**) арқылы ғана кез келген процесстің жүре алу мүмкіндігі туралы айта алмаймыз.
- **Энтропиялық факторды** да ескеру керек

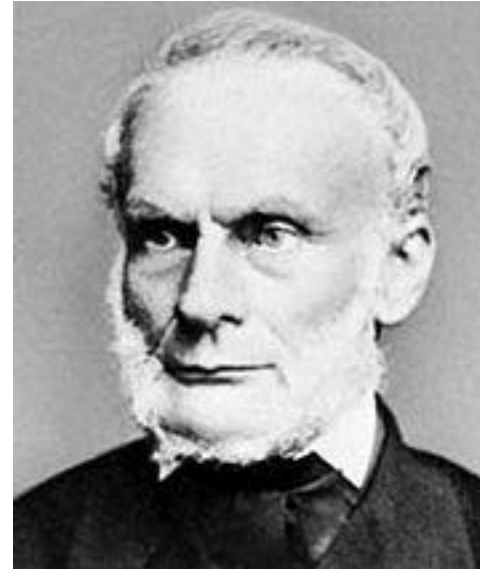


# Спонтанды жүретін процесстердің кейбір мысалдары (энтальпия мәндері)



# Энтропия

- 1865 жылы **Рудольф Клаузиус** алғашқы рет осы түсінікті енгізген.
- Реттілігі жоғары күйден **реттілігі төмен** күйге ауыса жүретін физикалық немесе химиялық өзгерістер спонтанды түрде жүреді. Бұл бақылау жүйедегі және оның айналасындағы жалпы өзгеріске қатысты.
- *Жүйедегі ретсіздік деңгейінің өлшемі энтропия деп аталады, белгіленуі «S»*
- Энтропия – оқшауланған жүйелер үшін процестің жүру мүмкіндігін, бағытын көрсететін негізгі белгі



Clausius, Rudolf Julius Emanuel  
1822-1888

ent



Solid



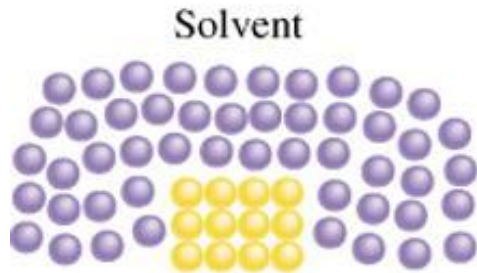
Liquid



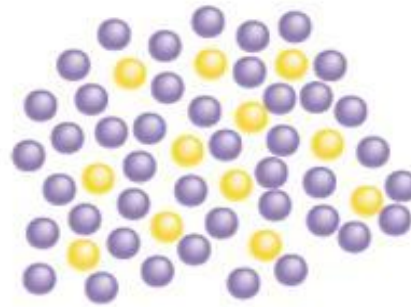
Liquid



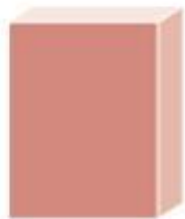
Vapor



Solute



Solution



System at  $T_1$



System at  $T_2$  ( $T_2 > T_1$ )

**Энтропия артады  
( $\Delta S > 0$ )**

## Дұрыс жауап

100°C-тағы сұйық су

100°C-тағы су буы

55°C-тағы сұйық этанол

25°C-тағы сұйық этанол

ауамен араласқан,  
колбаны толтырып тұрған  
бром буы

ауамен толтырылған  
колбаның төменгі  
бөлігіндегі бром буы

қатты натрий хлориді

натрий хлоридінің сұйық  
ерітіндісі

-39°C-тағы сұйық сынап

-39°C-тағы қатты сынап

бір ұшы 50°C-қа дейін  
қыздырылған, екінші ұшы  
0°C-қа дейін суытылған  
металл пластинка

біркелкі 25°C  
температурадағы металл  
пластинка



## Кейбір элементтер мен қосылыстардың стандартты энтропия мәндері $S^0_{298}$

- Заттың 298 К (25 °С) және 100 кПа стандартты жағдайда анықталған энтропиясы *стандартты энтропия* деп аталады және қысқаша  $S^{\circ}_{298}$  немесе жай  $S^{\circ}$  түрінде жазылады.

| Қосылыс   | $S^0_{298}$ (Дж/К*моль) |
|---|-------------------------|
| HCl(г)  | 187                     |
| H <sub>2</sub> O(с)                               | 70                      |
| H <sub>2</sub> O(г)                               | 189                     |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (с)                 | 110                     |
| N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (г)                 | 304                     |
| NH <sub>3</sub> (г)                               | 192                     |
| NO <sub>2</sub> (г)                               | 240                     |
| NaCl(к)   | 72                      |
| NaCl(с.е.)  | 116                     |
| NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (к)               | 151                     |
| NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (с.е.)            | 260                     |
| CH <sub>4</sub> (г)                               | 186                     |
| CO <sub>2</sub> (г)                               | 214                     |
| C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (к) | 209                     |

| Элемент             | $S^0_{298}$ (Дж/К*моль) |
|---------------------|-------------------------|
| H <sub>2</sub> (г)  | 131                     |
| O <sub>2</sub> (г)  | 205                     |
| N <sub>2</sub> (г)  | 193                     |
| Cl <sub>2</sub> (г) | 223                     |
| He(г)               | 126                     |
| Ne(г)               | 146                     |
| C(к,алмас)          | 2.4                     |
| C(к,графит)         | 5.7                     |
| S(к)                | 32                      |

# Химиялық реакцияның стандартты ЭНТРОПИЯ ӨЗГЕРІСІН ЕСЕПТЕУ

Физикалық және химиялық процестердегі стандартты энтропия өзгерісін өнімдер мен реагенттердің жалпы энтропияларының айырмасы ретінде есептеуге болады

$$\Delta S^0_{\text{реак}} = \Sigma \Delta S^0(\text{өнімдер}) - \Sigma \Delta S^0(\text{реагенттер})$$

$\Delta S^0_{\text{реак}}$  – реакцияның стандартты энтропия өзгерісі

$\Sigma \Delta S^0(\text{өнімдер})$  – барлық өнімдердің стандартты энтропияларының қосындысы

$\Sigma \Delta S^0(\text{реагенттер})$  – барлық реагенттердің стандартты энтропияларының қосындысы

# Энтропия

- Термодинамикалық **жабық жүйеде** энтропия өздігінен жүретін процесстердің жүру бағытын сипаттайды.

- Клаузиус теңсіздігі  $dS \geq \frac{dQ}{T}$

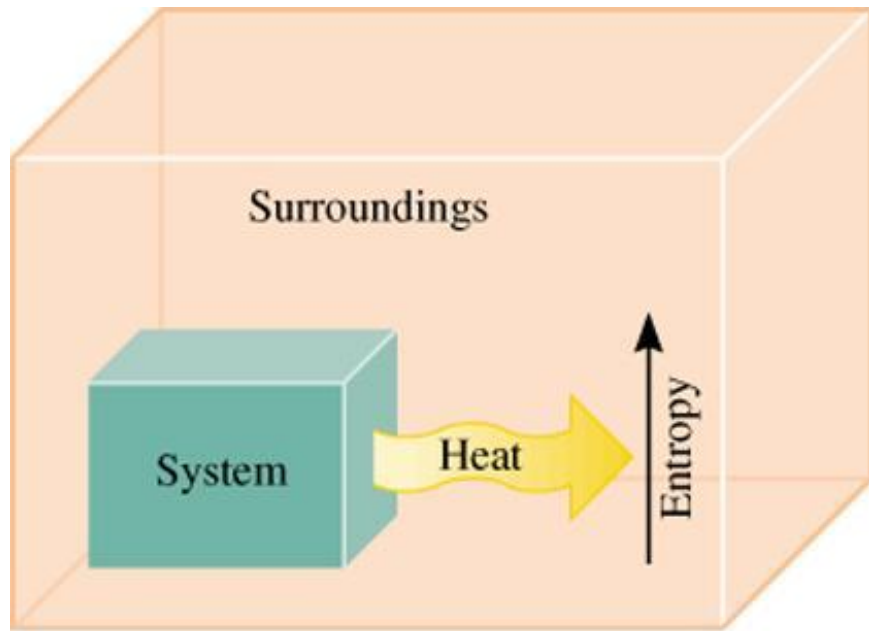
- **Қайтымды үрдістер үшін энтропия тұрақты** болып қалады

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

- **Қайтымсыз үрдістер үшін энтропия өзгерісі** әрдайым оң мәнді қа

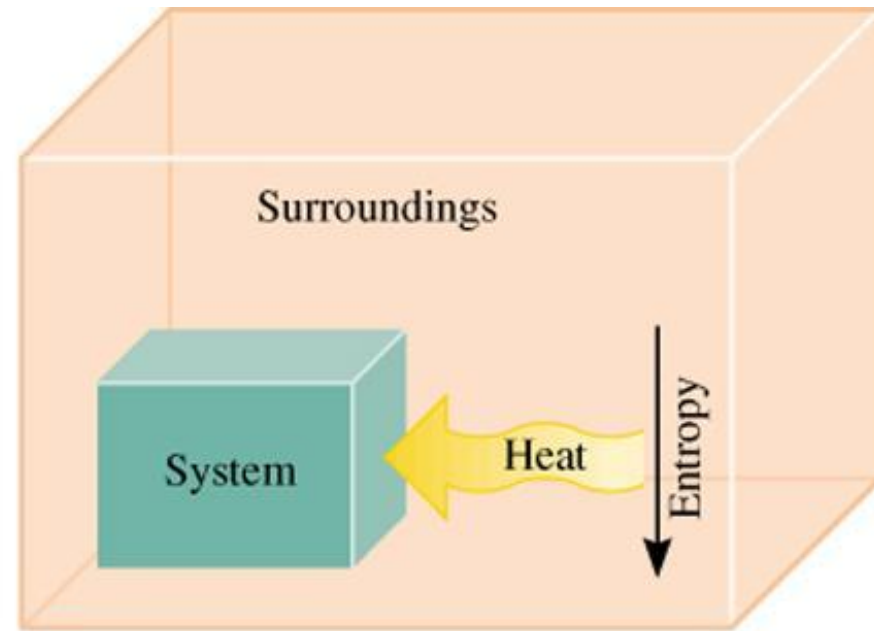
$$dS > \frac{dQ}{T}$$

# Қоршаған ортаның энтропия өзгерісі ( $\Delta S_{\text{қорш. орта}}$ )



Exothermic Process

$$\Delta S_{\text{surr}} > 0$$



Endothermic Process

$$\Delta S_{\text{surr}} < 0$$

қоршаған ортаның энтропия өзгерісі.

Жалпы энтропия өзгерісі.

$$\Delta S^{\circ}_{\text{қорш. орта}} = \frac{-\Delta H^{\circ}_{\text{реак.}}}{T}$$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{жалпы}} = \Delta S^{\circ}_{\text{жүйе}} + \Delta S^{\circ}_{\text{қорш. орта}}$$

Егер жүйе мен қоршаған ортаның жалпы энтропия өзгерісі **оң** мәнге ие болса, онда химиялық немесе физикалық өзгеріс **спонтанды** жүреді

# Жүйенің $\Delta H$ және $\Delta S$ мәндері нені білдіреді?

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| $\Delta H < 0$ және $\Delta S > 0$ | Үрдіс спонтанды жүреді   |
| $\Delta H > 0$ және $\Delta S < 0$ | Үрдіс ешбір температурада спонтанды жүрмейді                                     |
| $\Delta H > 0$ және $\Delta S > 0$ | Үрдіс $\Delta H < T\Delta S$ кезінде, яғни жоғары температурада спонтанды жүреді |
| $\Delta H < 0$ және $\Delta S < 0$ | Үрдіс $\Delta H > T\Delta S$ кезінде, яғни төмен температурада спонтанды жүреді  |

# \*Қайтымды және қайтымсыз процесстер

## Қайтымды химиялық процесстер

- $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}; \Delta\text{H}<0$
- $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2; \Delta\text{H}>0$
- $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$
- Тұздардың гидролизі
- Термоқраскалар (термоиндикаторлар):

$\text{Ag}_2\text{HgJ}_4$  (сары-қара қоңыр,  $50^\circ\text{C}$ )

$\text{Cu}_2\text{HgJ}_4$  (қызыл-қоңыр,  $65^\circ\text{C}$ )

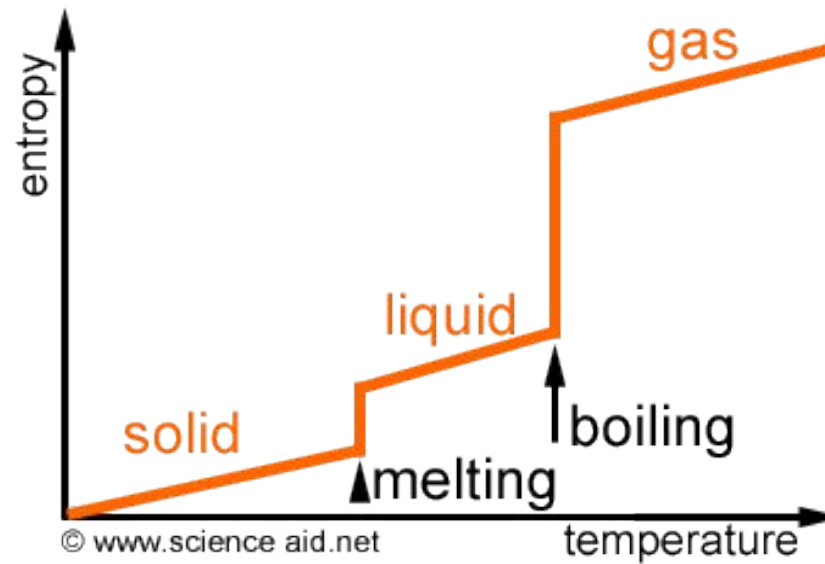
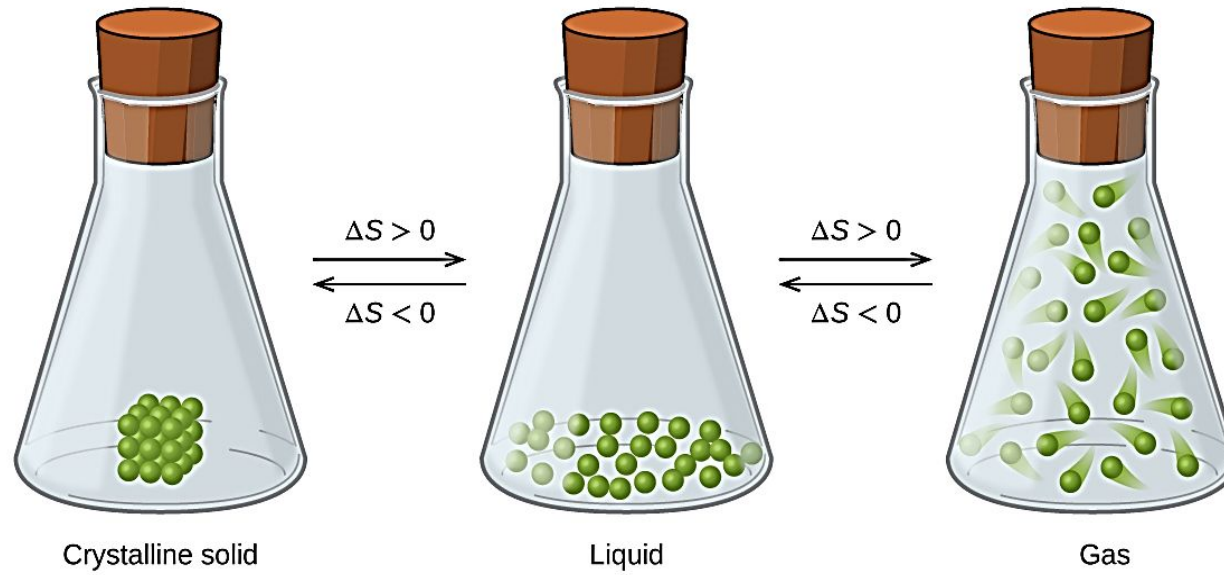
## Қайтымсыз химиялық процесстер

- Нәтижесінде тұнба түзіле жүретін реакциялар:  
 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KNO}_3$
- Нәтижесінде газ түзіле жүретін реакциялар:  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Жану реакциялары:  
 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Ыдырау реакцияларының көбі:  
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$
- Бейтараптану реакциялары (қышқылдық-негіздік титрлеу)  
 $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

**Қайтымсыздық – ашық жүйелерде**

# Қорытындылау

Increasing entropy





Гиббстің еркін энергиясы- $G$  бұл максимал жұмысты орындау үшін қолданылатын жүйенің жалпы энергиясының бір бөлігі. Ол изобаралық-изотермиялық жағдайларда, яғни  $p=\text{const}$ ,  $T=\text{const}$  шарттарындағы өздігінен жүретін процестердің бағытын сипаттайды. Бұл шаманың абсолюттік мәнін өлшеу мүмкін емес, сондықтан функционалдық өзгерісі қолданылады.

Гиббс энергиясының теңдеуі

$$\Delta G = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

# $\Delta G$ мен реакцияның жүру мүмкіндігін болжау

| When $\Delta H$ is | And $\Delta S$ is | $\Delta G$ will be   | And the process is                                   | Example  |
|--------------------|-------------------|--|--|--|
| Negative           | Positive          | Negative   | Always spontaneous                                   | $2\text{H}_2\text{O}_2(aq) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$   |
| Positive           | Negative          | Positive   | Always nonspontaneous                                | $3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{O}_3(g)$                                      |
| Negative           | Negative          | Negative when $T\Delta S < \Delta H$<br>Positive when $T\Delta S > \Delta H$ | Spontaneous at low $T$<br>Nonspontaneous at high $T$ | $\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(s)$<br>(freezing of water) |
| Positive           | Positive          | Negative when $T\Delta S > \Delta H$<br>Positive when $T\Delta S < \Delta H$ | Spontaneous at high $T$<br>Nonspontaneous at low $T$ | $2\text{HgO}(s) \longrightarrow 2\text{Hg}(l) + \text{O}_2(g)$                       |

| Знак $\Delta H$ | Знак $\Delta S$ | Знак $\Delta G$  | Самопроизвольность реакции  | Пример  |
|-----------------|-----------------|--|---|---|
| -               | +               | Всегда «-»   | Самопроизвольна при любых температурах  | $2\text{O}_3(r) \rightarrow 3\text{O}_2(r)$                         |
| +               | -               | Всегда «+»   | Несамостоятельна при любых температурах   | $3\text{O}_2(r) \rightarrow 2\text{O}_3(r)$                         |
| -               | -               | «-» при низких температурах,<br>«+» при высоких температурах | Самопроизвольна при низких температурах,<br>несамостоятельна при высоких температурах | $2\text{H}_2(r) + \text{O}_2(r) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(r)$ |
| +               | +               | «+» при низких температурах,<br>«-» при высоких температурах | Несамостоятельна при низких температурах,<br>самопроизвольна при высоких температурах | $2\text{H}_2\text{O}(r) \rightarrow 2\text{H}_2(r) + \text{O}_2(r)$ |

# Гиббс энергиясын есептеу

$\Delta G^0$  – күй функциясы:

$$\Delta G^0_{\text{реакция}} = \sum n_i \cdot G^0_{\text{түз}} (\text{өнім}) - \sum n_j \cdot G^0_{\text{түз}} (\text{реагенттер})$$

- $\Delta G^0_{\text{түз}} (\text{жай зат}) = 0$
- Өлшем бірлігі: кДж/моль
- $T_p = \Delta H^0 / \Delta S^0$  – тура және кері реакцияның теңгерімсіздік температурасы

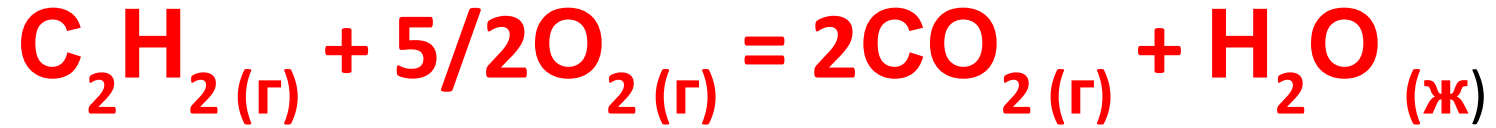
# Стандартты Гиббс түзілу энергиясы

**Стандартты Гиббс түзілу энергиясы ( $\Delta G^{\circ}_{\text{түз.298}}$ ) - стандартты жағдайда 1 моль зат өзін құраушы жай заттардан түзілген кездегі Гиббс энергиясының өзгерісі, реакция стандартты жағдайда жүреді, өлшем бірлігі кДж/моль**

# Стандартты Гиббс түзілу энергиясы

| Вещество                       | Состояние | $\Delta G_{298}^0$ , кДж/моль | Вещество                      | Состояние | $\Delta G_{298}^0$ , кДж/моль |
|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| BaCO <sub>3</sub>              | к         | -1138,8                       | ZnO                           | к         | -318,2                        |
| CaCO <sub>3</sub>              | к         | -1128,75                      | FeO                           | к         | -244,3                        |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | к         | -1014,2                       | H <sub>2</sub> O              | ж         | -237,19                       |
| BeCO <sub>3</sub>              | к         | -944,75                       | H <sub>2</sub> O              | г         | -228,59                       |
| CaO                            | к         | -604,2                        | PbO <sub>2</sub>              | к         | -219,0                        |
| BeO                            | к         | -581,61                       | CO                            | г         | -137,27                       |
| NaF                            | к         | -541,0                        | CH <sub>4</sub>               | г         | -50,79                        |
| BaO                            | к         | -528,4                        | NO <sub>2</sub>               | г         | +51,84                        |
| CO <sub>2</sub>                | г         | -394,38                       | NO                            | г         | +86,69                        |
| NaCl                           | к         | -384,03                       | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | г         | +209,20                       |

## Мысал 1. Ацетиленнің жану реакциясы:

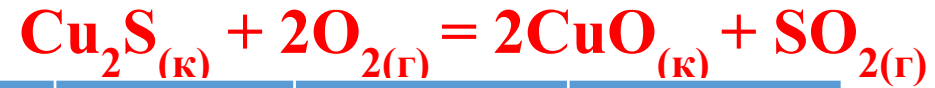


тура реакцияның Гиббс энергиясын табу үшін арнайы кестедегі берілгендерді қолданамыз

### Шешу жолы:

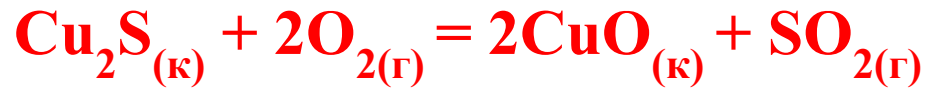
$$\begin{aligned}\Delta G &= [2(\text{CO}_2) + (\text{H}_2\text{O})] - [(\text{C}_2\text{H}_2) + 5/2(\text{O}_2)] = \\ &= 2(-394,38) + (-237,19) - [(209,20) = -1235,15 \text{ кДж.}\end{aligned}$$

**Мысал 2.** Берілген процесс үшін энтальпия, энтропия және Гиббс энергиясының өзгерісін есептеңіз, түсіндіріңіз :



| Қосылыс                   | $\text{Cu}_2\text{S}_{(к)}$ | $\text{O}_{2(г)}$ | $\text{CuO}_{(к)}$ | $\text{SO}_{2(г)}$ |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| $S^0$ ,<br>Дж/(К·моль)    | 119,24                      | 205,04            | 42,64              | 248,1              |
| $\Delta H^0$ , кДж/(моль) | - 82,01                     | 0                 | - 162              | -296,9             |

Шенуі:



$$\Delta H_{x.p.}^0 = \sum \Delta H_{\text{прод}}^0 - \sum \Delta H_{\text{исх}}^0; \Delta S_{x.p.}^0 = \sum S_{\text{прод}}^0 - \sum S_{\text{исх}}^0$$

$$\Delta H^0 = 2 \cdot (-162) + (-296,9) - (-82,01 + 0) = -324 - 296 + 82,01 = -538 \text{ кДж}$$

$$\Delta S^0 = (2S^0 \text{ CuO (к)} + S^0 \text{ SO}_2(\text{г})) - (S^0 \text{ Cu}_2\text{S(к)} + 2 S^0 \text{ O}_2(\text{г})) = (2 \cdot 42,64 + 248,1) - (119,24 + 205,04) = 9,1 \text{ Дж/К.}$$

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{298}^0 - T \cdot \Delta S_{298}^0,$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -538 - 298 \cdot (9,1 \cdot 10^{-3}) = -540,7 \text{ кДж}$$