

ТЕРМОХИМИЯ

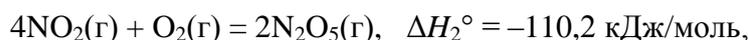
1. Стандартная энтальпия реакции $\text{CaCO}_3(\text{тв}) = \text{CaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г})$, протекающей в открытом сосуде при температуре 1000 К, равна $169 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$. Чему равна теплота этой реакции, протекающей при той же температуре, но в закрытом сосуде?

(Ответ: $\Delta_r U^\circ_{1000} = 160,7 \text{ кДж/моль.}$)

2. Рассчитайте стандартную внутреннюю энергию образования жидкого бензола при 298 К, если стандартная энтальпия его образования равна $49,0 \text{ кДж/моль.}$

(Ответ: $\Delta_f U^\circ_{298} = 56,4 \text{ кДж/моль.}$)

3. Рассчитайте энтальпию образования $\text{N}_2\text{O}_5(\text{г})$ при $T = 298 \text{ К}$ на основании следующих данных:



(Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{N}_2\text{O}_5) = 13,3 \text{ кДж/моль.}$)

4. Энтальпии сгорания α -глюкозы, β -фруктозы и сахарозы при 25°C равны -2802 , -2810 и -5644 кДж/моль соответственно. Рассчитайте энтальпию гидролиза сахарозы.

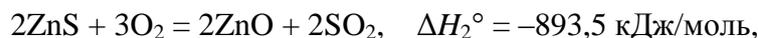
(Ответ: $\Delta_r H^\circ = -32 \text{ кДж/моль.}$)

5. Определите энтальпию образования диборана $\text{B}_2\text{H}_6(\text{г})$ при $T = 298 \text{ К}$ из следующих данных:



(Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{B}_2\text{H}_6) = 36,7 \text{ кДж/моль.}$)

6. Рассчитайте энтальпию образования сульфата цинка из простых веществ при $T = 298 \text{ К}$ на основании следующих данных:



(Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{ZnSO}_4) = -981,4 \text{ кДж/моль.}$)

7. Найдите $\Delta_r H^\circ_{298}$ для реакции $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl}(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г})$, если известны теплоты сгорания метана ($\Delta_c H^\circ(\text{CH}_4) = -890,6 \text{ кДж/моль}$), хлорметана ($\Delta_c H^\circ(\text{CH}_3\text{Cl}) = -689,8 \text{ кДж/моль}$), водорода ($\Delta_c H^\circ(\text{H}_2) = -285,8 \text{ кДж/моль}$) и теплота образования HCl ($\Delta_f H^\circ(\text{HCl}) = -92,3 \text{ кДж/моль}$). (Ответ: $\Delta_r H^\circ_{298} = -99,6 \text{ кДж/моль.}$)

8. Рассчитайте тепловой эффект реакции $\text{NH}_3 + 5/4 \text{ O}_2 = \text{NO} + 3/2 \text{ H}_2\text{O}(\text{г})$ при $T = 298 \text{ К}$, если известны следующие данные:



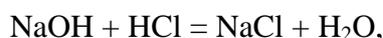


(Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298} = -225,2 \text{ кДж/моль}$.)

9. При взаимодействии 10 г металлического натрия с водой $\Delta_f H_{298} = -79,91 \text{ кДж}$, а при взаимодействии 20 г оксида натрия с водой $\Delta_f H_{298} = -76,76 \text{ кДж}$. Вода берется в большом избытке. Рассчитайте теплоту образования оксида натрия $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{Na}_2\text{O})$, если $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{H}_2\text{O(ж)}) = -285,8 \text{ кДж/моль}$. (Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{Na}_2\text{O}) = -415,4 \text{ кДж/моль}$)

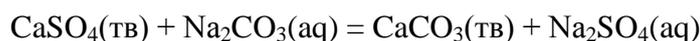
10. Энергия связи в молекуле H_2 равна 432,1 кДж/моль, а энергия связи в молекуле N_2 равна 945,3 кДж/моль. Какова энтальпия атомизации аммиака, если энтальпия образования аммиака равна $-46,2 \text{ кДж/моль}$? (Ответ: $\Delta H = 1167 \text{ кДж/моль}$.)

11. Рассчитайте стандартный тепловой эффект реакции нейтрализации



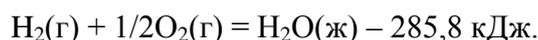
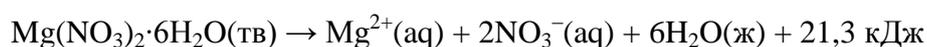
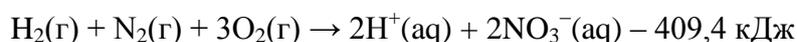
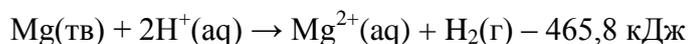
протекающей в водном растворе при 298 К. (Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298} = -55,84 \text{ кДж/моль}$.)

12. Рассчитайте стандартный тепловой эффект реакции



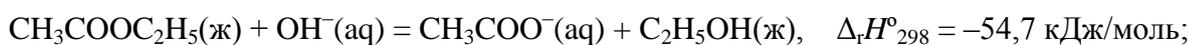
при 298 К, если $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{CaSO}_4(\text{тв})) = -1434 \text{ кДж/моль}$. (Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298} = -5,0 \text{ кДж/моль}$.)

13. Рассчитайте тепловой эффект образования гексагидрата нитрата магния $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{тв})$, если известны следующие данные:



(Ответ: $\Delta_f H^\circ = -2611,3 \text{ кДж/моль}$.)

14. Известны тепловые эффекты следующих реакций:



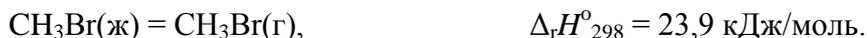
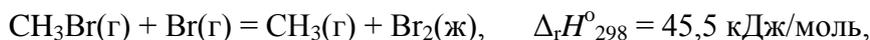
Рассчитайте тепловой эффект реакции: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{COOH}(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$, если энтальпия образования жидкой воды равна $-285,8 \text{ кДж/моль}$. (Ответ: $\Delta_f H^\circ_{298} = -492,6 \text{ кДж/моль}$.)

15. Известны тепловые эффекты следующих реакций:



Рассчитайте энергию связи в молекуле Cl_2 , если энтальпия образования хлорида натрия равна $-411,1$ кДж/моль. (Ответ: $E = 243,4$ кДж/моль.)

16. Известны тепловые эффекты следующих реакций:



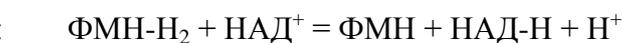
Рассчитайте энтальпию реакции $\text{CH}_4(\text{г}) + \text{Br}_2(\text{ж}) = \text{CH}_3\text{Br}(\text{ж}) + \text{HBr}(\text{г})$, если энергия связи в молекуле HBr равна $366,3$ кДж/моль. (Ответ: $\Delta_r H^\circ_{298} = 2,8$ кДж/моль.)

17. Известны тепловые эффекты следующих реакций:



Рассчитайте энтальпию разложения молекулы бензола на атомы в газовой фазе, если энергия связи в молекуле H_2 равна $436,0$ кДж/моль, а энтальпия испарения графита составляет $716,7$ кДж/моль. (Ответ: $\Delta_r H^\circ_{298} = 5525,3$ кДж/моль.)

18. Используя значения энтальпий некоторых окислительно-восстановительных реакций с участием природных кофакторов ($T = 298$ К, фосфатный буфер, $\text{pH} = 8$), рассчитайте энтальпии реакций никотинамидадениндинуклеотида (НАД^+) с различными восстановленными формами флавинмоноклеотида:



Реакция	$\Delta_r H^\circ$, кДж/моль
$\text{НАД}^+ + \text{H}_2 = \text{НАД-Н} + \text{H}^+$	-27,9
$2\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{ФМН-Н}_2 = 2\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} + \text{ФМН} + 2\text{H}^+$	-164,0
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{ФМН-Н}_2 = \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} + 1/2(\text{ФМН-Н})_2 + \text{H}^+$	-98,7
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + 1/2\text{H}_2 = \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} + \text{H}^+$	-110,9

(Ответ: $\Delta_r H^\circ_{298} = 29,9$ кДж/моль, $\Delta_r H^\circ_{298} = -3,5$ кДж/моль.)

19. Используя данные таблицы, рассчитайте энтальпии реакций превращения α, β -D-маннозы в α, β -D-фруктозу и α -лактозы в β -мальтозу (водный раствор, $298,15$ К).

Реакция	$\Delta_r H^\circ$, кДж/моль
$\alpha, \beta\text{-D-глюкоза} = \alpha, \beta\text{-D-манноза}$	9,3
$\alpha, \beta\text{-D-глюкоза} = \alpha, \beta\text{-D-фруктоза}$	9,3
$\alpha\text{-мальтоза} = \beta\text{-мальтоза}$	-0,5
$\alpha\text{-лактоза} = \alpha\text{-мальтоза}$	-5,9

(Ответ: $\Delta_r H^\circ_{298} = 0$ кДж/моль, $\Delta_r H^\circ_{298} = -6,4$ кДж/моль.)

20. Сколько тепла потребуется на перевод 500 г Al (т.пл. 658 °С, $\Delta_{\text{пл}} H^\circ = 92,4$ кал·г⁻¹), взятого при 25 °С, в расплавленное состояние, если $C_p(\text{Al}_{(\text{ТВ})}) = 0,183 + 1,096 \cdot 10^{-4} T$ кал·г⁻¹·К⁻¹?

(Ответ: $\Delta H = 125,4$ ккал.)

21. Зависимость теплового эффекта реакции $\text{CH}_3\text{OH}(\text{г}) + 3/2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ от температуры выражается уравнением:

$$\Delta_r H^\circ_T (\text{Дж/моль}) = -684,7 \cdot 10^3 + 36,77T - 38,56 \cdot 10^{-3}T^2 + 8,21 \cdot 10^{-6}T^3 + 2,88 \cdot 10^5/T.$$

Рассчитайте изменение теплоемкости $\Delta_r C_p$ для этой реакции при 500 К.

(Ответ: $\Delta_r C_p = -3,216 \text{ кДж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.)

22. Стандартная энтальпия образования $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{тв})$ при 298 К равна -1675 кДж/моль . Рассчитайте стандартную энтальпию образования $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{тв})$ при 800 К, если даны молярные теплоемкости (в $\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$):

$$\begin{aligned} C_p(\text{Al}) &= 20,67 + 12,39 \cdot 10^{-3}T, \\ C_p(\text{O}_2) &= 31,46 + 3,39 \cdot 10^{-3}T - 3,77 \cdot 10^5 T^{-2}, \\ C_p(\text{Al}_2\text{O}_3) &= 114,56 + 12,89 \cdot 10^{-3}T - 34,31 \cdot 10^5 T^{-2}. \end{aligned}$$

(Ответ: $\Delta_r H^\circ_{800}(\text{Al}_2\text{O}_3) = 13,3 \text{ кДж/моль}$.)

23. Энтальпия диссоциации карбоната кальция при 900 °С и давлении 1 атм равна 178 кДж/моль. Выведите уравнение зависимости энтальпии реакции от температуры и рассчитайте количество теплоты, поглощенное при разложении 1 кг карбоната кальция при 1000 °С и 1 атм, если даны молярные теплоемкости (в $\text{Дж}/\text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$):

$$\begin{aligned} C_p(\text{CaCO}_3(\text{тв})) &= 104,5 + 21,92 \cdot 10^{-3}T - 25,94 \cdot 10^5 T^{-2}, \\ C_p(\text{CaO}(\text{тв})) &= 49,63 + 4,52 \cdot 10^{-3}T - 6,95 \cdot 10^5 T^{-2}, \\ C_p(\text{CO}_2(\text{г})) &= 44,14 + 9,04 \cdot 10^{-3}T - 8,53 \cdot 10^5 T^{-2}. \end{aligned}$$

(Ответ: $\Delta_r H^\circ_{1273} = 1800 \text{ кДж}$, $Q = -1800 \text{ кДж}$.)

24. Зависимость теплового эффекта реакции $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ от температуры выражается уравнением: $\Delta_r H^\circ_T (\text{Дж/моль}) = -237,65 \cdot 10^3 - 13,01T + 2,88 \cdot 10^{-3}T^2 - 1,71 \cdot 10^5/T$.

Рассчитайте изменение теплоемкости $\Delta_r C_p$ и $\Delta_r C_V$ для этой реакции при 800 К.

(Ответ: $\Delta_r C_p = -8,14 \text{ кДж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$, $\Delta_r C_V = -3,98 \text{ кДж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.)

25. Стандартная энтальпия образования метиламина при 25 °С равна $-23,0 \text{ кДж/моль}$. Рассчитайте стандартную энтальпию образования метиламина при 150°С, если известны теплоемкости:

Вещество	С(графит)	$\text{H}_2(\text{г})$	$\text{N}_2(\text{г})$	$\text{CH}_5\text{N}(\text{г})$
$C_p, \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$	8,53	28,82	29,13	53,10

(Ответ: $\Delta_r H^\circ_{423} = -28,3 \text{ кДж/моль}$.)

26. Стандартная энтальпия образования формальдегида при 25°С равна $-108,6 \text{ кДж/моль}$. Рассчитайте стандартную энтальпию образования формальдегида при 150 °С, если известны теплоемкости:

Вещество	С(графит)	$\text{H}_2(\text{г})$	$\text{O}_2(\text{г})$	$\text{CH}_2\text{O}(\text{г})$
$C_p, \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$	8,53	28,82	29,36	35,40

(Ответ: $\Delta_r H^\circ_{423} = -110,7 \text{ кДж/моль}$.)