

## Домашнее задание по теме «Термодинамика»

### 1-ое начало термодинамики

1. В чем различие между самопроизвольным процессом и быстрым процессом? Приведите пример реакции, которая является либо самопроизвольной, либо быстропротекающей, но не обладает сразу двумя этими свойствами.
2. Приведите примеры превращений: а) теплоты в работу, б) кинетической энергии в теплоту, в) работы в теплоту, г) работы в кинетическую энергию.
3. Укажите, какая из перечисленных ниже термодинамических систем является незамкнутой, замкнутой или изолированной: а) космонавт в конференц-зале центра управления полетами; б) тот же космонавт в космическом корабле без иллюминаторов; в) тот же космонавт в космической станции с гидропонным садом; г) космическая станция.
4. Что должно произойти с любым живым организмом, если попытаться превратить его в изолированную термодинамическую систему? Ответ мотивируйте.
5. Чем отличаются функции состояния от других функций? Являются ли давление и объем функциями состояния? В чем заключаются удобства обращения с функциями состояния?
6. В чем заключается первый закон термодинамики и какие функции состояния упоминаются в нем?
7. При каких условиях перечисленные ниже функции являются функциями состояния: а) внутренняя энергия, б) теплота, в) объем, г) работа, Д) энтальпия?
8. В чем заключается закон Гесса? Почему он является следствием первого закона термодинамики?
9. Допустим, что вы взяли две одинаковые часовые пружины, оставили одну из них несвернутой, а другую туго свернули и перевязали проволочкой (нерастворимой в кислоте), а затем растворили каждую пружину в мензурке с кислотой. Что произошло при этом с работой, которую вы затратили, свертывая вторую пружину?
10. Почему на основании первого закона термодинамики можно суммировать теплоты реакций наряду с самими уравнениями реакций?
11. Почему первый закон термодинамики избавляет от необходимости табулировать теплоты всех без исключения химических реакций?
12. Что представляет собой стандартная теплота образования? Об образовании из чего здесь идет речь? И почему она называется «стандартной»? Что представляет собой теплота сгорания соединения? Приведите примеры хотя бы двух веществ, для которых теплота образования совпадает с теплотой сгорания.
13. При продолжительном встряхивании бутылки с медными опилками нетрудно заметить, что она нагревается. Объясните это явление на основании первого закона термодинамики.
14. Какое превращение различных величин, измеряемых в джоулях, происходит при торможении автомобиля до полной остановки? Что происходит при этом с кинетической энергией: которую имел автомобиль?
15. Приведите примеры превращений: д) потенциальной энергии в работу, е) работы в потенциальную энергию, ж) кинетической энергии в работу, з) теплоты в кинетическую энергию.
16. В чем суть гипотезы Планка?

17. Что характеризует теплота?
18. Что такое волны де Бройля? Приведите формулу длины волны.
19. Что говорят о возможности полного управления системами классическая механика и термодинамика?
20. На каком уровне – микро- или макро- рассматривает тепловые явления статистическая физика, или молекулярно-кинетическая теория? Ответ мотивируйте.
21. На каком уровне – микро- или макро- рассматривает тепловые явления термодинамика? Ответ мотивируйте.
22. Эндотермической или экзотермической является реакция  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$ , когда она протекает при нормальных условиях? Ответ мотивируйте.
23. Объясните понятие тепловой смерти Вселенной.
24. Что такое вечный двигатель I рода?
25. Типы термодинамических систем. Приведите примеры.
26. Закон сохранения энергии и 1-й закон термодинамики. Дать определения, привести примеры.
27. Объясните, как тепловая и кинетическая энергии описывают движение объектов макро- и микромира. Какой из этих видов энергии описывает движение на молекулярном уровне?
28. Что такое энтальпия? С каким знаком она изменяется в экзотермических процессах?
29. В чем заключается 1 закон термодинамики? Приведите примеры превращения: работы в кинетическую энергию, работы в потенциальную энергию, кинетической энергии в работу, теплоты в кинетическую энергию.
30. Какое превращение различных величин, измеряемых в джоулях, происходит при торможении автомобиля до полной остановки? Что происходит при этом с кинетической энергией: которую имел автомобиль?

## 2 начало термодинамики

31. Что такое вечный двигатель II рода?
32. Критерий возможности протекания самопроизвольного процесса. Что является критерием протекания самопроизвольного химического процесса?
33. Что такое энергия активации? Пути ее понижения.
34. Что такое энергия Гиббса? Дайте другое общепринятое название.
35. Что такое энтропия? Для каких термодинамических систем справедлив 2-й закон термодинамики?
36. Какое превращение энергии подчиняется 2-му закону термодинамики: превращение макроскопического движения в молекулярное или, наоборот, превращение молекулярного движения в макроскопическое?
37. Что легче – смешать мешок красных бобов с мешком белых бобов или рассортировать их? Ответ дать с позиций 2-го закона термодинамики.
38. Что произойдет с энтропией, если подвести к газу некоторое количество теплоты  $\Delta Q$ ?
39. Как понятие энтропии связано с направлением процессов в природе?
40. Приведите формулировки II начала термодинамики.
41. Как может изменяться энтропия открытой системы? Приведите примеры. Как меняется энтропия в ходе реакции  $\text{Br}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{BrCl}$  ?
42. Как изменяются энтропия и энтальпия в процессе  $\text{H}_2\text{O}(\text{тв}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ ?

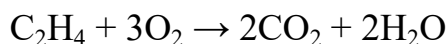
43. Почему неверно утверждение, что во всех самопроизвольных процессах система смещается к состоянию с минимальной энергией? Как формулируется правильное утверждение?
44. Почему неверно утверждение, что во всех самопроизвольных процессах происходит повышение энтропии? Для каких термодинамических систем справедливо это утверждение?
45. Как изменится энтальпия и энтропия в реакции полимеризации винилхлорида  $n \text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow [\text{CH}_2-\text{CHCl}]_n$ ?
46. Приведите и объясните формулу Больцмана для энтропии. Как изменяется энтропия углеводородов с возрастанием молекулярной массы?
47. Что происходит при торможении автомобиля с точки зрения первого и второго законов термодинамики. Какую роль в этом объяснении играет первый закон термодинамики? Какое значение имеет для этого примера обратимость или необратимость процесса и как она связана со вторым законом термодинамики?
48. Объясните, как тепловая и кинетическая энергии описывают движение объектов макро- и микромира. Какой из этих видов энергии описывает движение на молекулярном уровне?
49. Какое превращение энергии подчиняется строгим ограничениям: превращение макроскопического движения в молекулярное или, наоборот, превращение молекулярного движения в макроскопическое? Ответ мотивируйте.
50. Каким образом, согласно представлениям классической термодинамики, энтропия связана с теплотой и температурой? Как зависит соотношение между ними от того, проводится ли процесс обратимым или необратимым способом?
51. Почему растворение твердого или жидкого вещества в воде приводит к возрастанию энтропии, тогда как растворение газа вызывает уменьшение энтропии?
52. С чем связана энтропия, согласно Больцману? Почему энтропия кристалла меньше, чем энтропия того же вещества в газообразном состоянии?
53. Что больше: энтальпия моля воды или энтальпия моля водяных паров? Как связать с ответом на первый вопрос объяснение процесса испарения воды?
54. Увеличивается ли энтропия водного раствора ионов кальция в результате окружения их молекулами воды? Как объяснить, связав это с ответом на первый вопрос, явление гидратации ионов в растворе?
55. Почему энтропия вещества увеличивается с его массой? Почему энтропия сшитого полимера меньше, чем энтропия мономера до полимеризации?
56. Что больше: энтропия моля льда или энтропия моля жидкой воды. Как связать с ответом на первый вопрос объяснение процесса замерзания воды?
57. Какой вклад вносят изменения энтальпии и энтропии в полное изменение свободной энергии, происходящее при постоянной температуре?
58. Приведите и объясните формулу Клаузиуса для энтропии. Приведите его формулировку 2-ого начала термодинамики.
59. Приведите формулировки 2-ого закона термодинамики, сформулированные Ломоносовым, Оствальдом, Кельвином.
60. Почему, согласно Больцману, энтропия идеального кристалла обращается в нуль только при абсолютном нуле температуры? Приведите формулировку 3-ого закона термодинамики.

## Принцип Ле-Шателье

61. Что должно произойти с равновесием реакции  $2\text{PCl}_5 \rightarrow 2\text{P} + 5\text{Cl}_2(\text{г})$ ,  $\Delta H_{\text{р-ии}} > 0$ , если ввести в систему: а) газообразный азот при постоянном давлении, в) газообразный хлор при постоянном давлении?
62. Какое влияние оказывает повышение давления и температуры на реакцию разложения  $\text{PCl}_5$ , описываемую уравнением  $2\text{PCl}_5 \rightarrow 2\text{P} + 5\text{Cl}_2(\text{г})$ ,  $\Delta H_{\text{р-ии}} > 0$ .
63. Что должно произойти с равновесием реакции, описываемой уравнением:  
$$\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(\text{г})}$$
если ввести в систему газообразный азот при постоянном давлении.
64. Что должно произойти с равновесием реакции, описываемой уравнением  
$$\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(\text{г})}$$
, если  
а) концентрацию азота увеличить в 2 раза, б) уменьшить давление в 2 раза, в) добавить катализатор
65. Куда сместится равновесие в реакции  $\text{CH}_{4(\text{г})} + 2\text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow \text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$  по принципу Ле-Шателье, если 1) повысить давление, 2) увеличить концентрацию  $\text{CO}_2$ , 3) добавить катализатор.
66. Напишите формулу для вычисления константы равновесия для реакции  
$$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{KCl} \leftrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl}$$
Как повлияет на равновесие этой реакции добавление в систему хлорида калия?
67. Как изменится  $K_{\text{равн}}$  любой равновесной экзотермической реакции при повышении температуры, если она протекает при нормальных условиях. Ответ мотивируйте.
68. Повлияет ли повышение давления на смещение равновесия в следующей реакции:  $\text{H}_2\text{O}_{\text{лед}} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}_{\text{жид-ть}}$ . Ответ мотивируйте.
69. Повлияет ли повышение давления на смещение равновесия в следующей реакции:  $\text{H}_2\text{O}_{\text{пар}} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}_{\text{жид-ть}}$ . Ответ мотивируйте.
70. м-Крезол (который мы будем сокращенно обозначать НСre) представляет собой слабую органическую кислоту с константой диссоциации  $K_{\text{равн}} = 1 \cdot 10^{-10}$ . Запишите выражение для этой константы равновесия.
71. Напишите формулу для вычисления константы равновесия для реакции  $\text{CH}_{4(\text{г})} + 2\text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow \text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ . Как повлияет на равновесие этой реакции изменение давления?
72. Напишите формулу для вычисления константы равновесия для реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$ . Как повлияет на равновесие этой реакции добавление в систему дополнительного количества кислорода.
73. Напишите формулу для вычисления константы равновесия для реакции  $2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ . Как повлияет на состояние равновесия увеличение давления в системе?
74. Напишите формулу для вычисления константы равновесия для реакции  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{KCl} \leftrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl}$ . Повлияет ли на состояние равновесия системы добавление дополнительного количества сульфата натрия?
75. Что должно произойти с равновесием реакции, описываемой уравнением:  $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(\text{г})}$ , если ввести в систему газообразный азот при постоянном давлении.

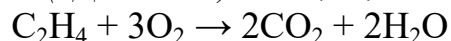
### Термохимические вычисления

76. Вычислите тепловой эффект реакции  $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{NO}$  зная, что теплоты образования  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{NO}$  соответственно равны (кДж/моль): —46,20; —241,88, +90,40
77. При какой реакции горения  $\text{H}_2\text{S}$  выделяется больше теплоты?  
 $2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$  (пар) + 2 S  
 $2 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$  (пар) + 2  $\text{SO}_2$   
Теплоты образования  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ (пар) и  $\text{SO}_2$  соответственно равны кДж/моль): —20,15; —241,88; —297,0
78. Тепловой эффект реакции  $3\text{N}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \rightarrow 4\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  (пар) равен —878,64 кДж. Вычислите теплоту образования  $\text{N}_2\text{O}$ . зная, что теплоты образования  $\text{NH}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) соответственно равны (кДж/моль): -46,20 и —241,88.
79. Сколько теплоты выделится при взаимодействии одного грамм-атома калия с водой?  $\text{K} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KOH} + \text{H}_2$ . Теплоты образования  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$  и  $\text{KOH}$  соответственно равны (кДж/моль): —285,91 и —426,77.
80. Оксид меди  $\text{CuO}$  восстанавливается  $\text{H}_2$ . Вычислите изменение энтропии для реакции  $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}$  зная, что  $\Delta S^\circ$   $\text{CuO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$  и  $\text{Cu}$  соответственно равны (кДж/моль): +42,64, +130,6, +188,74 и +33,3
81. Сколько теплоты выделится при хлорировании бензола? Энтальпии образования  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж})$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$  и  $\text{HCl}$  соответственно равны (кДж/моль): +49,0; 52,13; —92,3.  $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ .
82. Посчитайте изменение энтропии реакции горения бензола, если стандартные энтропии  $\Delta S^\circ$ :  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{г})$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{O}_2$  соответственно равны (кДж/моль): +173,2; +213,6; +188,74, +204,8.  $\text{C}_6\text{H}_6 + 7,5 \text{O}_2 = 6 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ .
83. Подсчитайте изменение энтальпии реакции  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , если энтальпии образования  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль): —1129,0; —167,5; —410,0; —241,88; —393,62
84. Подсчитайте изменение свободной энергии Гиббса для реакции  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , если свободные энергии Гиббса  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль): -1047,7; -131,2; -384,0; -228,8; -394,38.
85. Сколько теплоты выделится при восстановлении этилового спирта? Теплоты образования  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ (пар) и  $\text{C}_2\text{H}_6$  соответственно равны (кДж/моль): —277,7; —241,88 и —84,7.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O}$
86. В реакции получения плавиковой кислоты ( $\text{HF}$ )  $\text{H}_2 + \text{F}_2 \rightarrow 2\text{HF} + Q$  выделилось 128 ккал/моль теплоты. Определить энтальпию образования  $\text{HF}$ . Сколько выделится тепла, если в реакцию вступает 100 л водорода?
87. Каково изменение энтропии реакции восстановления этанола?  $\Delta S^\circ$  образования  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ (пар) и  $\text{C}_2\text{H}_6$  соответственно равны (кДж/моль): 160,7; 130,0; 70,0 и 229,5.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O}$
88. Каково стандартное изменение энергии Гиббса реакции  $2\text{NO}_2(\text{г}) \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(\text{г})$  при 298К? Энергии Гиббса  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_4$  соответственно равны (кДж/моль): +51,84 и 98,29.
89. Вычислите изменение энергии Гиббса реакции  $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 = 6 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{NO}$ , зная, что свободные энергии  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{NO}$  соответственно равны (кДж/моль): +16,64, -228,8 и +86,69.
90. Определить энтальпию образования этилена, если тепловой эффект реакции



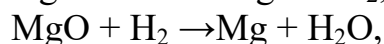
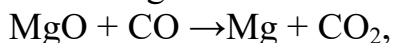
равен +1218,7 кДж/моль. Энтальпии образования  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль): —241,88; —393,62.

91. Сколько теплоты выделится при сгорании 100 г этилена? Энтальпии образования  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль): +52,30; —241,88; —393,62.



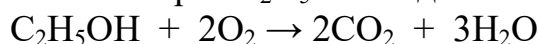
92. Сколько теплоты выделится при сгорании 4,48 л этилена, измеренного при нормальных условиях? Теплоты образования  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль): +52,30; —241,88; —393,62.

93. Вычислите теплоту образования  $\text{MgO}$  и тепловой эффект реакции



зная, что тепловой эффект реакции восстановления  $\text{MgO}$  водородом равен +360,12 кДж, а теплоты образования  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) соответственно равны (кДж/моль): —110,55; —393,62; —241,88

94. При сгорании 11,5 г этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  выделилось 311,295 кДж теплоты.

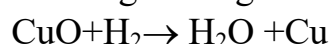
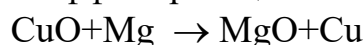


Вычислите теплоту образования  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , зная, что теплоты образования  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) соответственно равны (кДж/моль) —393,62 и —241,88.

95. Сколько теплоты выделится при сгорании одного литра метана (н.у.)? Теплоты образования  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль) —74,87; —241,88; —393,62.

96. Сколько теплоты выделится при сгорании одного литра пропана (н.у.)? Теплоты образования  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль) —103,85; —241,88; —393,62.

97. Оксид меди  $\text{CuO}$  восстанавливается: водородом; магнием. Вычислите теплоту образования  $\text{CuO}$  и тепловой эффект реакции

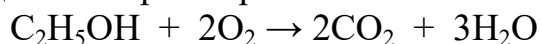


зная, что тепловой эффект реакции восстановления  $\text{CuO}$  водородом равен —86,88 кДж, а теплоты образования  $\text{MgO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) соответственно равны (кДж/моль): —602,0 и —241,88.

98. Сколько теплоты выделится при сгорании 1 кг жидкого бензола  $\text{C}_6\text{H}_6$ . Теплоты образования  $\text{C}_6\text{H}_6$ (ж),  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) соответственно равны (кДж/моль): +49,0; —392,62; —241,88.

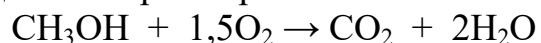
99. Сколько теплоты выделится при сгорании 1 кг газообразного бензола  $\text{C}_6\text{H}_6$ ? Теплоты образования  $\text{C}_6\text{H}_6$ (г),  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) соответственно равны (кДж/моль): +83,2; —392,62; —241,88.

100. Сколько теплоты выделится при сгорании 1 кг этилового спирта?



Теплоты образования  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль): —277,7; —241,88; —392,62.

101. Сколько теплоты выделится при сгорании 1 кг метилового спирта?



Теплоты образования  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ (пар) и  $\text{CH}_3\text{OH}$  соответственно равны (кДж/моль): —392,62; —241,88; —238,6.

102. Когда в Москве выпадает 25 мм дождя, это означает, что на город площадью  $2500 \text{ км}^2$  выливается  $2,5 \cdot 10^{10}$  л воды. Зная, что плотность жидкой воды  $1,00 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ , найдите количество теплоты, которое выделяется, когда такое количество воды конденсируется из паров в дождевых облаках:  $\text{H}_2\text{O} (\text{г}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{ж})$
103. При взрыве 1 кг тринитротолуола (ТНТ) выделяется энергия, равная 4,2 МДж. Сколько мегатонн ТНТ (1 мегатонна =  $10^6$  тонн) понадобится для взрыва, в котором выделится энергия, равная  $6,1 \cdot 10^{10}$  МДж, что соответствует выпадению 25 мм дождя в Нью-Йорке?
104. При сгорании 11,5 г этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  выделилось 311,295 кДж теплоты. Вычислите теплоту образования  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , зная, что теплоты образования  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})}$  соответственно равны (кДж/моль)  $-393,62$  и  $-241,88$ .  

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 7/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$$
105. Сколько теплоты выделится при сгорании 200 г этилена? Энтальпии образования  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (пар) и  $\text{CO}_2$  соответственно равны (кДж/моль):  $+52,30$ ;  $-241,88$ ;  $-393,62$ .  

$$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$