

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Общая и неорганическая химия"

ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ В КУРСЕ ОБЩЕЙ
ХИМИИ

Методические указания к практическим занятиям по курсу общей химии для
студентов химических и нехимических специальностей всех форм обучения

Нижний Новгород 2006

Составители: Л.А.Смирнова, Г.Ф.Володин, А.Л.Галкин, Ю.В.Батталова,
Л.Н.Четырбок, В.И.Наумов.

УДК 54 (07)

Элементы химической термодинамики в курсе общей химии: метод. указания к практическим занятиям по курсу общей химии для студентов химических и нехимических специальностей всех форм обучения/ НГТУ; Сост.: Л.А.Смирнова, Г.Ф.Володин и др. Н.Новгород, 2006. 20 с.

Предложены вопросы и задачи для домашних и практических занятий, а также описание лабораторных работ по теме "ТЕРМОХИМИЯ".

Научный редактор Ю.М.Тюрин

Редактор Э.Б. Абросимова

Подп. к печ. 29.03.06. Формат 60x84 1/16. Бумага газетная. Печать офсетная.

Печ. л. 1,25 . Уч.-изд.л.1,1 .Тираж 2000 экз. Заказ 582 .

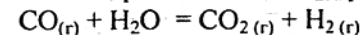
Нижегородский государственный технический университет.

Типография НГТУ. 603600, Н.Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный
технический университет, 2006

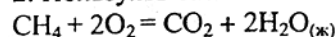
ЗАДАЧИ

1. Пользуясь табличными данными, рассчитать ΔH°_{298} реакции



Определить: а) ΔU°_{298} реакции; б) сколько граммов и сколько литров CO вступило в реакцию, если выделилось 14,66 кДж тепла (н.у.)?

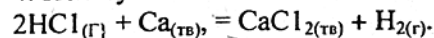
2. Пользуясь табличными данными, рассчитать ΔH°_{298} реакции



Определить; а) ΔU°_{298} реакции; б) сколько тепла выделится при сжигании 56 л метана (н.у.)?

3. Для реакции $\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} = \text{COCl}_{2(г)}$, пользуясь табличными данными, рассчитать ΔH°_{298} реакции. Вычислить: а) ΔU°_{298} реакции; б) сколько литров CO вступило в реакцию, если выделилось 338,13 кДж тепла (н.у.)?

4. Пользуясь табличными данными, рассчитать ΔH°_{298} реакции:



Рассчитать: а) сколько литров HCl при н.у. вступило в реакцию, если в результате выделилось 419 кДж тепла; б) ΔU°_{298} реакции.

5. ΔH°_{298} сгорания метана CH_4 равно - 891,6 кДж/моль. Вычислить: а) сколько тепла выделится при сгорании 1г метана; б) сколько тепла выделится при сгорании 5 л метана (н.у.)?

6. Для реакции $2\text{Cu}_{(тв)} + 1/2\text{O}_{2(г)} = \text{Cu}_2\text{O}_{(тв)}$ ΔH°_{298} которой составляет -167,6 кДж, рассчитать: а) сколько литров кислорода вступило в реакцию, если выделилось 335,2 кДж тепла? б) ΔU°_{298} реакции.

7. ΔH°_{298} реакции $\text{Cd}_{(тв)} + 1/2\text{O}_{2(г)} = \text{CdO}_{(тв)}$ составляет - 256,43 кДж. Определить: а) ΔU°_{298} реакции; б) сколько молей Cd необходимо взять, чтобы

выделилось 628 кДж тепла?

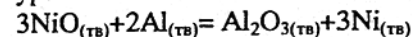
8. ΔH°_{298} реакции $2\text{Bi}_{(тв)} + 3/2\text{O}_{(г)} = \text{Bi}_2\text{O}_3_{(тв)}$ составляет -578,22 кДж. Определить: а) сколько тепла выделится при образовании 0,5 молей Bi_2O_3 ?

9. По табличными значениями ΔH°_{298} образования реагентов, рассчитать ΔH°_{298} сгорания метана CH_4 и ацетилена C_2H_2 , если сгорание идет до $\text{CO}_{2(г)}$ и $\text{H}_2\text{O}_{(ж)}$. Определить, какой газ обладает большей теплотворной способностью (кДж/кг).

10. Сожжены равные массы водорода, фосфора, графита и магния. В каком случае выделится больше тепла? (Данные взять из табл. 1).

11. Сожжены равные объемы водорода H_2 и ацетилена C_2H_2 (газы). При каком процессе выделится больше тепла и во сколько раз, если в результате реакции образуется $\text{H}_2\text{O}_{(ж)}$? (Данные взять из табл. 1).

12. Алюмотермическое восстановление монооксида никеля описывается уравнением



Пользуясь значениями $(\Delta H^{\circ}_{298})_{обр.}$ реагентов, рассчитать $(\Delta H^{\circ}_{298})_{хр.}$ Определить:

а) $(\Delta H^{\circ}_{298})_{хр}$ в кДж на 1 моль Ni; б) $(\Delta H^{\circ}_{298})_{хр}$ в кДж на 1 кг Ni;

13. Пользуясь табличными значениями, определить $(\Delta H^{\circ}_{298})_{\text{р}}$:
 $\text{C}_2\text{H}_{4(\text{г})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$. Какое количество тепла выделится, если в реакцию вступило: а) 14 г этилена; б) 112 л этилена при н.у.
14. Пользуясь табличными данными, вычислить, сколько тепла поглотится при образовании 100 кг CaC_2 по реакции
 $\text{CaO}_{(\text{тв})} + 3\text{C}_{(\text{граф})} = \text{CaC}_{2(\text{тв})} + \text{CO}_{(\text{г})}$.
15. Энтальпия образования хлористого водорода составляет -92,5 кДж/моль. Сколько тепла выделится при соединении 1 л (н.у.) водорода с хлором?
16. Сколько тепла выделится при сгорании 38 г сероуглерода по реакции
 $\text{CS}_{2(\text{г})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{SO}_{2(\text{г})}$?
17. Разложение гремучей ртути протекает по уравнению
 $\text{Hg}(\text{CNO})_{2(\text{тв})} = \text{Hg}_{(\text{ж})} + 2\text{CO}_{(\text{г})} + \text{N}_{2(\text{г})}$, если $(\Delta H^{\circ}_{298})_{\text{р}} = -364$ кДж. Определить объем выделившихся газов и количество тепла при взрыве 1 кг $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ при н.у.
18. Сколько тепла выделится при взрыве 8,4 л гремучего газа (смесь O_2 и H_2 в объемном соотношении 1:2 при н.у.), если в результате реакции образуется $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$?
19. Сколько тепла выделится при образовании 1 кг кремния по реакции
 $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg}_{(\text{тв})} = 2\text{MgO}_{(\text{тв})} + \text{Si}_{(\text{тв})}$; если $(\Delta H^{\circ}_{298})_{\text{р}} = -292,04$ кДж.
20. Сколько тепла выделится при взаимодействии 1 л (н.у.) водорода с фтором, если образование 1 г HF сопровождается выделением 13,45 кДж тепла?
21. Рассчитать количество тепла, выделившегося в реакции, если в нее вступил 1 кг магния
 $3\text{Mg}_{(\text{тв})} + \text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{тв})} = 3\text{MgO}_{(\text{тв})} + 2\text{Fe}_{(\text{тв})}$
22. Сколько тепла выделится при восстановлении 8 г CuO водородом с образованием $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$?
23. Сколько тепла выделится при сгорании 112 л (н.у.) водяного газа, состоящего из равных объемов водорода и оксида углерода(II), если в результате реакции образуется оксид углерода(IV) и водяной пар?
24. Вычислить количество тепла, выделившегося при взаимодействии 10 л аммиака с хлористым водородом при н.у.
25. Определить ΔH°_{298} образования PH_3 по реакции
 $2\text{PH}_{3(\text{г})} + 4\text{O}_{2(\text{г})} = \text{P}_2\text{O}_{5(\text{г})} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$, если $(\Delta H^{\circ}_{298})_{\text{р}} = -2829,74$ кДж.
26. Вычислить ΔH°_{298} образования диоксида кремния, если для реакции
 $\text{SiO}_{2(\text{тв})} + 2\text{Mg}_{(\text{тв})} = 2\text{MgO}_{(\text{тв})} + \text{Si}_{(\text{тв})}$, $(\Delta H^{\circ}_{298})_{\text{р}} = -292,04$ кДж.
27. Реакция горения метилового спирта протекает по уравнению
 $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{ж})} + 3/2\text{O}_{2(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$, при этом сгорание 1 моля спирта сопровождается выделением 727,4 кДж тепла. Рассчитать энтальпию образования $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{ж})}$ по энтальпиям образования $\text{CO}_{2(\text{г})}$ и $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$?
28. При сгорании некоторого количества н-бутана $\text{C}_4\text{H}_{10(\text{г})}$ выделилось 12,44 кДж тепла. Сколько н-бутана сгорело: а) граммов; б) литров, если ΔH°_{298} сгорания этого вещества равно -2882,43 кДж/моль?

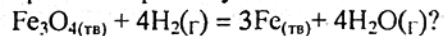
4

29. При восстановлении 80 г $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{тв})}$ алюминием выделилось 427,38 кДж тепла. Вычислить ΔH°_{298} образования $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{тв})}$. Данные взять из табл. 1.
30. Для определения ΔH°_{298} образования ZnO в калориметрической бомбе было сожжено 3,25 г металлического цинка, при этом выделилось 17,47 кДж тепла. Вычислить ΔH°_{298} реакции окисления цинка кислородом.
31. При сгорании 3,6 г магния выделилось 90,5 кДж тепла. Рассчитать ΔH°_{298} образования MgO .
32. При сгорании 11 г пропана C_3H_8 выделилось 556 кДж тепла. Рассчитать энтальпию образования C_3H_8 .
33. Реакция окисления аммиака в некоторых условиях протекает по уравнению
 $4\text{NH}_{3(\text{г})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$
 Образование 4,48 л азота при н.у. сопровождается выделением 153,3 кДж тепла. Рассчитать ΔH°_{298} химической реакции. Сколько тепла выделится при окислении 1 г аммиака?
34. Образование 1 г $\text{FeO}_{(\text{тв})}$ сопровождается выделением 3,71 кДж тепла. Сколько тепла выделится при окислении кислородом 1 моль $\text{Fe}_{(\text{тв})}$?
35. Вычислить ΔH°_{298} следующего перехода: $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ на основании данных для следующих реакций: $\text{H}_{2(\text{г})} + 1/2\text{O}_{2(\text{г})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = -242,2$ кДж, $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = 1/2\text{O}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = +286,2$ кДж.
36. Определить ΔH°_{298} перехода ромбической серы в моноклиническую, если энтальпия сгорания ромбической серы составляет -297,96 кДж/моль, а энтальпия сгорания моноклинической серы равна -300,53 кДж/моль.
37. ΔH°_{298} образования HI из кристаллического I_2 и газообразного H_2 составляет 26 кДж/моль, а ΔH°_{298} образования HI из газообразных I_2 и H_2 равна -5,2 кДж/моль. Вычислить ΔH°_{298} перехода $\text{I}_{2(\text{тв})} = \text{I}_{2(\text{г})}$.
38. Рассчитать ΔH°_{298} реакции $2\text{P}_{(\text{белый})} + 5\text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{PCl}_{5(\text{г})}$, если известно:
 $2\text{P}_{(\text{белый})} + 3\text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{PCl}_{3(\text{г})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = -558,95$ кДж,
 $\text{PCl}_{3(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{PCl}_{5(\text{г})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = -90,50$ кДж.
- Изменится ли ΔH°_{298} реакции, если промежуточным продуктом будет $\text{PCl}_{3(\text{тв})}$?
39. Найти тепловой эффект реакции превращения 1 моля кислорода в озон, если
 $3\text{As}_2\text{O}_{3(\text{тв})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = 3\text{As}_2\text{O}_{5(\text{тв})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = -783,1$ кДж,
 $3\text{As}_2\text{O}_{3(\text{тв})} + 2\text{O}_3(\text{г}) = 3\text{As}_2\text{O}_{5(\text{тв})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = -1068,0$ кДж.
40. Определить расход тепла при разложении 1 кг $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{тв})}$ с образованием $\text{Na}_2\text{O}_{(\text{тв})}$ и $\text{CO}_{2(\text{г})}$, если известно, что:
 $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{тв})} + \text{SiO}_{2(\text{тв})} = \text{Na}_2\text{SiO}_{3(\text{тв})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = 128,42$ кДж,
 $\text{Na}_2\text{O}_{(\text{тв})} + \text{SiO}_{2(\text{тв})} = \text{Na}_2\text{SiO}_{3(\text{тв})}$, $\Delta H^{\circ}_{298} = -207,40$ кДж.
41. Пользуясь табличными значениями ΔG°_{298} образования веществ, определите возможное направление самопроизвольного протекания реакций: а) $\text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = \text{CH}_4 + 2\text{O}_{2(\text{г})}$;
 б) $2\text{HBr}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{HCl}_{(\text{г})} + \text{Br}_{2(\text{ж})}$.
- Не производя расчетов, определите знак ΔS°_{298} реакций.
42. При 25°C энтропия ромбической серы равна 31,98 Дж/моль*К, а энтропия моноклинической серы = 32,59 Дж/моль*К. Энтальпии сгорания

5

ромбической и моноклинической серы соответственно равны -297,32 и -297,57 кДж/моль. Определить $(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{Xp}}$: $S_{(\text{ромб})} = S_{(\text{монокл})}$. Какая модификация серы более устойчива при данной температуре?

43. Определить, может ли данная реакция протекать в прямом направлении при стандартных условиях

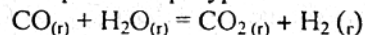


44. Получение синтез-газа (смесь $\text{CO} + \text{H}_2$) осуществляется по реакции $\text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г})$. Определите: а) экзо- или эндотермической является данная реакция? б) увеличивается или уменьшается энтропия в ходе реакции? в) в каком направлении самопроизвольно идет реакция в стандартных условиях?

45. В каком направлении будет самопроизвольно протекать реакция $2\text{NO}_2(\text{г}) = \text{N}_2\text{O}_4(\text{г})$ в стандартных условиях и при температуре +227°C?

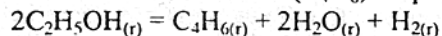
Какой фактор, энтальпийный или энтропийный, будет определяющим при низких и высоких температурах?

46. В каком направлении будет самопроизвольно протекать данная реакция в стандартных условиях и при температуре +1027°C?



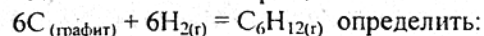
Какой фактор, энтальпийный или энтропийный, будет определяющим при низких и высоких температурах?

47. На основе термодинамических данных рассчитать, при какой температуре начинается синтез дивинила (C_4H_6) по реакции



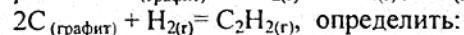
48. Рассчитать, при какой температуре начинается реакция крекинга n -бутана по реакции $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{г}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{г}) + \text{C}_2\text{H}_4(\text{г})$. Энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим при низких и высоких температурах?

49. На основании термодинамических данных для реакции



а) в каком направлении самопроизвольно будет протекать эта реакция при +298K? б) энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в этих условиях? в) нагревание или охлаждение будет способствовать более полному протеканию прямой реакции?

50. По табличным значениям термодинамических величин участников реакций $\text{C}(\text{графит}) + 2\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г})$; $2\text{C}(\text{графит}) + 2\text{H}_2(\text{г}) = \text{C}_2\text{H}_4(\text{г})$ и



а) какой из углеводородов можно получить синтезом из простых веществ при стандартных условиях? б) какой из углеводородов можно синтезировать при повышенной температуре? в) какой из углеводородов наиболее стоек к разложению при +298K?

51. Написать уравнения реакций получения углеводородов: $\text{CH}_4(\text{г})$, $\text{C}_2\text{H}_6(\text{г})$, $\text{C}_3\text{H}_8(\text{г})$, $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{г})$, $\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{г})$, $\text{C}_6\text{H}_{14}(\text{г})$ из простых веществ (графит и водород) и, по табличным значениями термодинамических величин, ответить на вопросы:

а) возможен ли синтез этих веществ при стандартных условиях?

б) как изменяется устойчивость углеводородов в этом ряду?

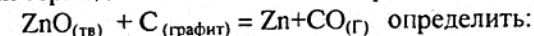
в) в какой из реакций изменение энтропии будет наибольшим?

г) как повлияет увеличение температуры на возможность получения этих веществ?

52. Будет ли химически устойчива смесь сероводорода и кислорода при $t=25^\circ\text{C}$ и парциальных давлениях газов, равных 1 атм., если взаимодействие возможно по реакции: $2\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{S}(\text{ромб})$?

53. Рассчитать температуру, при которой окислительная способность кислорода и хлора будет одинакова $4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{Cl}_2(\text{г})$. Какой из газов (O_2 или Cl_2) будет проявлять более сильные окислительные свойства при низких температурах? Энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим при высоких и низких температурах?

54. На основании термодинамических данных реакции



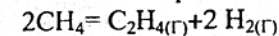
а) возможно ли осуществить восстановление ZnO при стандартных условиях?

б) повышение или понижение температуры будет способствовать более глубокому протеканию данной реакции?

в) при какой температуре восстановительная активность Zn и C будет одинакова?

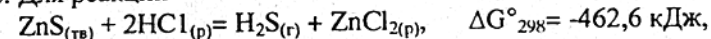
г) чем обусловлено изменение энтропии в ходе реакции?

55. По табличным значениям термодинамических величин, рассчитать температуру, при которой начинается пиролиз метана по реакции



Какой фактор, энтальпийный или энтропийный, является определяющим в направлении данной реакции при низких и высоких температурах?

56. Для реакций



указать, какой из сульфидов можно растворить в разбавленной соляной кислоте.

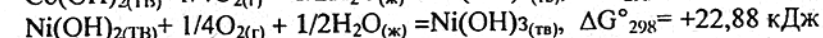
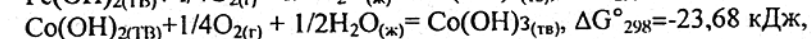
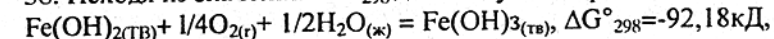
57. На основании ниже следующих данных $\text{P}(\text{белый}) + 3/2\text{Cl}_2(\text{г}) = \text{PCl}_3(\text{г})$, $\Delta G^{\circ}_{298} = -286,68 \text{ кДж}$, $\text{P}(\text{белый}) + 5/2\text{Cl}_2(\text{г}) = \text{PCl}_5(\text{г})$, $\Delta G^{\circ}_{298} = -325,10 \text{ кДж}$.

ответить на вопросы:

а) можно ли синтезировать хлориды фосфора из простых веществ при стандартных условиях? б) повышение или понижение температуры будет способствовать более глубокому протеканию реакции?

в) какой из хлоридов более устойчив к разложению?

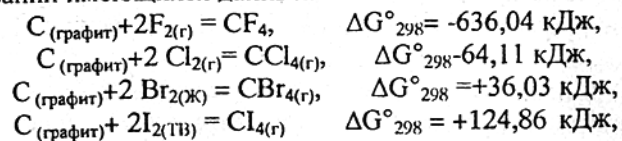
58. Исходя из значений ΔG°_{298} для следующих реакций:



определить: а) какой из гидроксидов (II) или (III) каждого из элементов более устойчив при стандартных условиях? б) какой из гидроксидов (III) обладает большей устойчивостью при стандартных условиях?

в) какой из гидроксидов (II) наиболее устойчив к окислению?

59. На основании имеющихся данных:



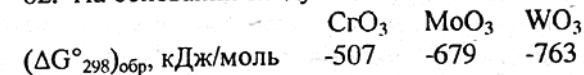
определить: а) возможность получения тетрагалидов углерода из простых веществ при ст. усл.; б) изменение степени сродства галогенов к углероду; в) какой из тетрагалидов наиболее устойчив при ст. усл.?

60. Напишите уравнения реакций синтеза гидридов элементов VI группы (O, S, Se, Te) и для них, по соответствующим табличным значениям (ΔG°_{298})_{обр}, сделайте следующие выводы: а) как изменяется химическая активность этих элементов по отношению к водороду? б) возможен ли синтез данных гидридов из простых веществ при ст. усл.? в) в какой из этих реакций изменение энтропии будет наибольшим?

61. Напишите уравнения реакций, соответствующих табличным значениям (ΔG°_{298})_{обр} галогенводородов и сделайте следующие выводы:

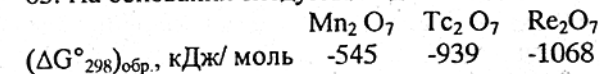
а) возможен ли синтез данных соединений из простых веществ при ст. усл.? б) как изменяется относительная устойчивость галогенводородов при ст. усл.? в) какой из галогенов проявляет наиболее сильные окислительные свойства и какой из галогенводородов – восстановительные? г) в какой из реакций изменение энтропии будет наибольшим?

62. На основании следующих данных для оксидов элементов VI группы



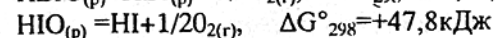
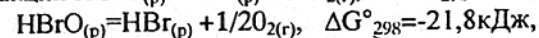
Определить: как изменяется устойчивость высших оксидов элементов при ст. усл.? какой из оксидов проявляет наиболее сильные окислительные свойства?

63. На основании следующих данных для соединений Mn, Tc, Re



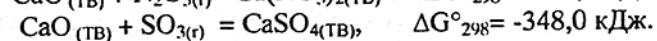
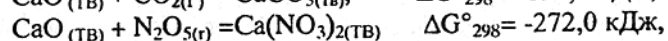
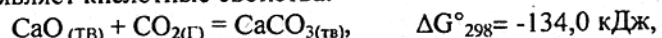
сделайте вывод об относительной устойчивости высших оксидов d-элементов VII группы. Какой из оксидов проявляет наиболее сильные окислительные свойства?

64. Для реакций $\text{HClO}_{(\text{р})} = \text{HCl}_{(\text{р})} + 1/2\text{O}_{2(\text{г})}$, $\Delta G^\circ_{298} = -51,5 \text{ кДж}$,

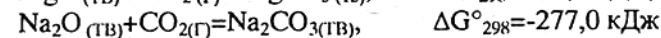
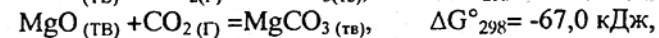
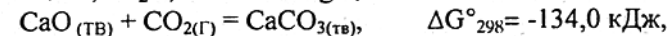


указать: а) какая из кислот будет наиболее устойчивой? б) какая из кислот является наиболее сильным окислителем?

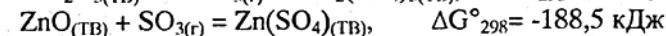
65. Определить, какой из оксидов, CO₂, N₂O₅ или SO₃, в большей степени проявляет кислотные свойства:



66. Какой из оксидов, Na₂O, CaO или MgO, является более основным:

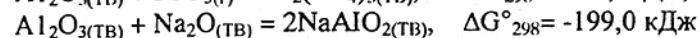
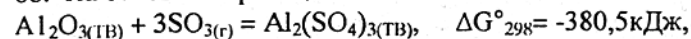


67. Для реакций $\text{Al}_2\text{O}_{3(\text{тв})} + 3\text{SO}_{3(\text{г})} = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{тв})$, $\Delta G^\circ_{298} = -380,5 \text{ кДж}$,



указать, какой из оксидов является более основным?

68. На основании реакций

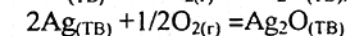
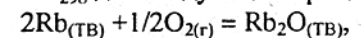


указать:

а) характер Al₂O₃ (основной, амфотерный или кислотный);

б) какой характер (кислотный или основной) выражен ярче?

69. Исходя из значения ΔG°_{298} для следующих процессов:

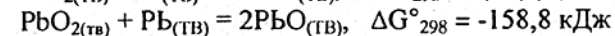
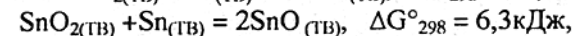
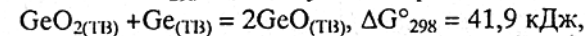


указать:

а) рубидий или серебро имеет большее сродство к кислороду;

б) какой из оксидов является более устойчивым?

70. Исходя из значения ΔG°_{298} для следующих процессов:

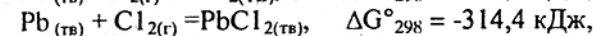


указать:

а) возможность протекания реакций в прямом направлении;

б) наиболее характерную степень окисления данных элементов.

71. На основании следующих данных



Ответить на следующие вопросы:

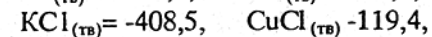
а) возможно ли синтезировать галиды свинца из простых веществ;

б) какой из галогенов проявляет наиболее сильные окислительные свойства;

в) какой из галидов обладает наибольшей устойчивостью к разложению;

г) в какой из реакций изменение энтропии будет наименьшим?

72. Даны (ΔG°_{298})_{обр}, кДж/моль, галидов калия и меди:



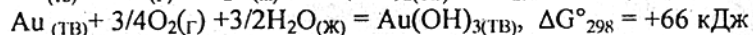
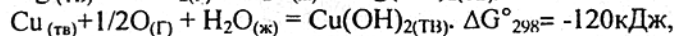
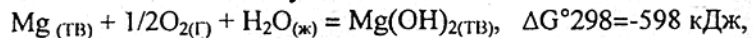
Написать уравнения реакций, соответствующие этим значениям, и сделать следующие выводы для стандартных условий:

а) можно ли синтезировать данные галиды из простых веществ?

б) как изменяется относительная устойчивость галидов калия и меди?

- в) калий или медь обладают более сильными восстановительными свойствами?
 г) какой из галогенов обладает более сильными окислительными свойствами?
 д) какой из галидов обладает более сильными восстановительными свойствами?

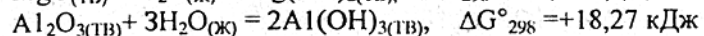
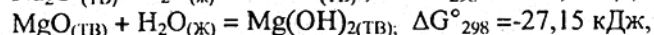
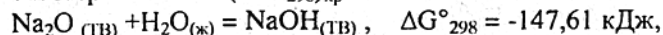
73. На основании следующих данных:



определить:

- а) какие из металлов способны окисляться при стандартных условиях?
 б) какой из гидроксидов обладает наибольшей устойчивостью?
 в) какой из металлов является наиболее сильным восстановителем?

74. Пересчитайте $(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{хр}}$ на 1 эквивалент оксида:



и определите, какой из оксидов имеет наиболее сильные основные свойства.

75. Даны $(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{обр}}$, иодидов металлов

	NaI	MgI ₂	AlI ₃
$(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{обр}}$, кДж/моль	-285	-360	-314

Напишите уравнения реакций, соответствующие этим величинам, пересчитайте ΔG°_{298} на 1 эквивалент соединения и сделайте следующие выводы:

- а) как изменяется устойчивость иодидов к нагреванию в данном ряду;
 б) как изменяется восстановительная активность соответствующих им металлов?

76. Даны $(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{обр}}$, соединений р-элементов V группы с водородом

	NH ₃	PH ₃	AsH ₃
$(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{обр}}$, кДж/моль	-17	+18	+156

Напишите уравнения реакций, соответствующих этим величинам сделайте следующие выводы:

- а) как изменяется устойчивость данных соединений?
 б) как изменяется окислительная способность данных р-элементов?
 в) как изменяется в этом ряду восстановительная способность соединений?

77. Даны $(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{обр}}$, соединений неметаллов

	PH ₃	H ₂ S _(г)	HCl _(г)
$(\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{обр}}$, кДж/моль	18	-34	-96

Напишите уравнения реакций, соответствующих этим величинам, и сделайте следующие выводы:

- а) как изменяется устойчивость данных водородных соединений?
 б) как изменяется окислительная способность элементов в этом ряду?
 в) как изменяется восстановительная способность данных соединений?

78. Изменение энтропии при плавлении 1 моль CH₃COOH равно 40,2 Дж/моль·К. Температура плавления кислоты равна 16,6 °С. Рассчитать теплоту плавления в Дж/г и в Дж/моль.

79. От лития к азоту энтропия меняется следующим образом:

	Li _(ТВ)	Be _(ТВ)	B _(ТВ)	C _(алмаз)	N _(г)
S ^o ₂₉₈ , Дж/моль·К	28,07	9,55	5,87	2,38	191,8
d, г/см ³ при 20°С	0,534	1,848	2,340	3,515	-

Объясните, почему энтропия сначала уменьшается, а у азота резко возрастает?

80. Чему равно изменение энтропии (S^o₂₉₈) при следующих фазовых переходах:

а) при плавлении 1 моля бензола C₆H₆, если t_{пл} = 5,49°С, а ΔH^o_{пл} = 126,54 Дж/г?

б) при плавлении 1 моля Al и t_{пл} = 660°С, если ΔH^o_{пл} = 10,43 кДж/моль?

в) при испарении 2 молей хлористого этила C₂H₅Cl, если t_{кип} = 14,5 °С, а ΔH^o_{исп} = 377,1 Дж/г?

г) при испарении 2 молей жидкого кислорода в точке кипения, если t_{кип} = -193°С, а ΔH^o_{исп} = 6829,7 Дж/моль?

д) при испарении 1,1 моля воды при 25°С, если мольная теплота испарения при этой температуре 44,08 кДж/моль?

е) при переходе 1г кварца (SiO₂) из β - в α - модификацию при t = 573°С, если ΔH^oперехода = 7,54 кДж/моль?

ж) при плавлении 1 моля сурьмы, если t_{пл} = 630°С, а ΔH^o_{пл} = 20,11 кДж/моль?

з) при плавлении 100 г хлорида натрия, при t = 800 °С, если ΔH^o_{пл} равна 30251 Дж/моль?

и) при плавлении 1 моля льда, при t^o плавления, если ΔH^o_{пл} = 335,2 Дж/г?

к) при плавлении 0,05 кг свинца, если t_{пл} = 327,4°С, а ΔH^o_{пл} = 23,04 Дж/г?

л) при испарении 1000 г воды при 25°С, если мольная теплота испарения при этой температуре 44,08 кДж/моль?

81. Рассчитать изменение энтропии при плавлении 3 молей уксусной кислоты CH₃COOH, если ее t^o плавления равна 16,6°С, а теплота плавления 194 Дж/г.

82. Теплота испарения бромбензола при 429,8 К равна 241 Дж/г. Определить ΔS при испарении 1,25 моля бромбензола.

83. Изменение энтропии при плавлении 100 г меди равно 1,28 Дж/К. Рассчитать удельную теплоту плавления меди, если температура ее плавления равна 1083°С.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ по теме "ТЕРМОХИМИЯ"

1. Теплота растворения солей и ее определение

Количество тепла, которое выделяется или поглощается при растворении 1 моля вещества в таком количестве растворителя, дальнейшее прибавление которого уже не вызывает изменения теплового эффекта, называется теплотой растворения.

При растворении солей в воде знак и величина теплового эффекта растворения ΔH определяется двумя величинами: энергией, затрачиваемой на разрушение кристаллической решетки вещества (ΔH_1) - эндотермический процесс, и энергией, выделяемой при физико-химическом взаимодействии частиц растворяемого вещества с молекулами воды (процесс гидратации) (ΔH_2) - экзотермический процесс. Тепловой эффект процесса растворения определяется алгебраической суммой тепловых эффектов этих двух процессов: $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$.

Тепловой эффект процесса растворения может быть как положительным, так и отрицательным.

Для практического определения теплот растворения обычно определяют количество тепла, поглощаемого или выделяемого при растворении произвольного количества соли. Затем эту величину пересчитывают на 1 моль, так как количество тепла прямо пропорционально количеству растворенного вещества. Для термохимических измерений используют прибор, называемый калориметром.

Определение теплоты растворения ведут по изменению температуры раствора, поэтому точность определения зависит от цены деления (точности) используемого термометра. Обычно диапазон измеряемых температур лежит в интервале 2-3°, а цена деления термометра не более чем 0,05°C.

ХОД РАБОТЫ

Для выполнения работы используйте калориметр, состоящий из теплоизолированного корпуса, крышки с встроенными электрической мешалкой и термометром, а также отверстием с пробкой.

Получите у преподавателя задание: тип растворяемого вещества. Откройте пробку на крышке калориметра и залейте в него 200 мл воды, закройте пробку и выдержите 10-15 мин для установления постоянной температуры ($t_{нач}$). За это время на весах, используя кальку или часовое стекло, получите навеску вашего вещества (1,5-2,0 г) предварительно тщательно растертого в ступке. Полученную навеску, по возможности быстро, через отверстие в крышке поместите в калориметр при включенной мешалке. Следите за изменением температуры. После установления теплового равновесия (температура должна стабилизироваться) запишите максимальную температуру раствора (t_{max}) и рассчитайте $\Delta t = t_{max} - t_{нач}$. По полученным данным рассчитайте теплоту растворения соли, используя уравнение

$$\Delta H_{раств} = qM/m, \quad \text{Дж/моль}, \quad (1)$$

где q - теплота, выделившаяся (или поглотившаяся) в калориметре, кДж; m - навеска соли, г; M - молярная масса растворяемого вещества, г/моль; Теплота q определяется на основании экспериментальных данных из соотношения

$$q = (m_{ст}C_{ст} + m_{р-ра}C_{р-ра})\Delta T, \quad (2)$$

где $m_{ст}$ - масса стакана, г; $t_{р-ра}$ - масса раствора, равная сумме масс воды и соли в стакане, г; $C_{ст}$ - удельная теплоемкость стекла 0,753 Дж/г*К; $C_{р-ра}$ - удельная теплоемкость раствора (воды) 4,184 Дж/г*К.

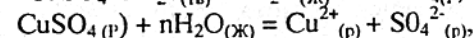
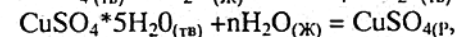
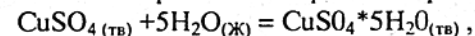
Сравнив полученный результат с данными табл.2, рассчитайте относительную ошибку опыта (в %).

2. Теплота гидратации и ее экспериментальное определение

Физико-химический процесс взаимодействия частиц растворенного вещества с молекулами воды (растворителя) называется гидратацией. В процессе гидратации образуются сложные пространственные структуры, называемые гидратами, при этом в окружающую среду выделяется энергия.

Тепловой эффект реакции образования 1 моль гидратированной соли из безводной соли называется теплотой гидратации.

При растворении в воде безводной соли, способной образовывать гидраты, последовательно протекают два процесса: гидратация и растворение образовавшегося кристаллогидрата. Например:



Растворение электролитов сопровождается процессом электролитической диссоциации. Теплота гидратации молекулы равна сумме теплот гидратации образовавшихся при этом ионов с учетом теплоты диссоциации. Теплота гидратации всегда положительна. Приблизненно теплота гидратации вещества может быть определена как разность между теплотами растворения безводной соли и ее кристаллогидрата:

$$\Delta H_{гидр} = \Delta H_{безв} - \Delta H_{крист}, \quad (3)$$

где $\Delta H_{гидр}$ - теплота гидратации молекул;

$\Delta H_{безв}$ - теплота растворения безводной соли;

$\Delta H_{крист}$ - теплота растворения кристаллогидрата.

Таким образом, для определения теплоты гидратации молекул необходимо предварительно определить теплоту растворения безводной соли и теплоту растворения кристаллогидрата этой соли.

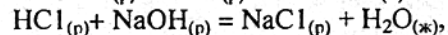
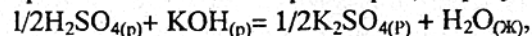
ХОД РАБОТЫ

Теплоту растворения безводного сульфата меди CuSO_4 и кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ необходимо определить, используя лабораторный калориметр и методику проведения работы 1.

Для более точного определения теплоты гидратации необходимо получить навески по 10-15 г кристаллогидрата и безводной соли сульфата меди. Необходимо знать, что безводная соль меди легко поглощает воду из воздуха. Она переходит в гидратированное состояние и поэтому кристаллогидрат необходимо взвешивать непосредственно перед опытом. По полученным данным необходимо рассчитать теплоты растворения безводной соли и кристаллогидрата, а затем из соотношения (2) определить теплоту гидратации. Рассчитайте также относительную ошибку опыта в процентах, используя полученные данные и данные табл.2.

3. Теплота нейтрализации и ее определение

Теплота нейтрализации равна количеству теплоты, выделяющейся при реакции нейтрализации эквивалентных количеств кислоты и щелочи с образованием одного моля жидкой воды. В случае разбавленных растворов нейтрализация сильных кислот сильным основанием сопровождается, независимо от их природы, выделением 55,9 кДж/моль H_2O тепла. Это связано с тем, что при взаимодействии сильных кислот и оснований, полностью диссоциированных в водных растворах, образуются молекулы воды:



или в ионно-молекулярном виде: $H^+_{(p)} + OH^-_{(p)} = H_2O_{(ж)}$ $\Delta H^{\circ}_{298} = -55,9 \text{ кДж}$.

Таким образом, теплота нейтрализации 1 эквивалента сильной кислоты 1 эквивалентом основания равна теплоте образования одного моля жидкой воды из ионов водорода и гидроксида. Поэтому тепловые эффекты таких реакций одинаковы.

При нейтрализации разбавленного раствора слабой кислоты или слабого основания теплота нейтрализации может отличаться от указанной выше величины, так как процессу образования воды предшествует диссоциация слабого электролита. Теплота нейтрализации в этом случае складывается из двух величин: теплоты образования 1 моля воды из ионов H^+ и OH^- и теплоты диссоциации слабого электролита:

$$\Delta H = -55,9 + \Delta H_{\text{дисс.}}, \quad (4)$$

где ΔH - теплота нейтрализации, кДж/моль; $\Delta H_{\text{дисс.}}$ - теплота диссоциации слабого электролита, кДж/моль. Теплота диссоциации может быть как положительной, так и отрицательной величиной. Она определяется теплотой, поглощенной при распаде молекул слабого электролита на ионы и теплотой гидратации этих ионов молекулами растворителя.

ХОД РАБОТЫ

В сухой калориметр заливают, по указанию преподавателя, из бюретки 25 мл раствора NaOH или KOH определенной концентрации и закрывают пробкой. Раствор выдерживают в калориметре 10-15 минут до установления теплового равновесия и измеряют $t_{\text{нач}}$. Затем мерным цилиндром отмерить 25 мл HCl или HNO₃, быстро прилить в калориметр, хорошо перемешать и замерить максимальную температуру раствора, $t^{\circ}_{\text{кон}}$.

Вычисление теплового эффекта реакции нейтрализации ведут по формуле

$$\Delta H = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t, \quad \text{Дж}, \quad (5)$$

где V - объем раствора в точке нейтрализации ($V_{\text{HCl}} + V_{\text{NaOH}}$), мл;

ρ - плотность раствора (принять равной 1);

c - удельная теплоемкость раствора (воды) 4,184 Дж/г · К;

Δt - изменение температуры в процессе опыта.

Составьте уравнение реакции нейтрализации и рассчитайте теплоту нейтрализации эквивалента кислоты эквивалентом щелочи. Рассчитайте также относительную ошибку опыта в процентах.

Таблица 1

Термодинамические константы некоторых веществ

ВЕЩЕСТВО	Фазовое состояние	$\Delta H^{\circ}_{298, \text{сгор.}}$ кДж/моль	ΔH°_{298} , кДж/моль	ΔG°_{298} , кДж/моль	S°_{298} , Дж/моль · К
Ag	ТВ		0	0	42,58
Ag ₂ O	ТВ		-31,15	-11,26	121,04
Al	ТВ		0	0	28,36
Al ₂ O ₃	ТВ		-1676,8	-1583,3	50,95
As	ТВ		0	0	35,63
As ₂ O ₃	ТВ		-1334,7	-1176,4	233,5
As ₂ O ₅	ТВ		-927,0	-784,3	105,5
Br ₂	ж		0	0	152,31
Br ₂	г		30,92	-3,13	245,35
Bi	ТВ		0	0	56,9
Bi ₂ O ₃	ТВ		-578,2	-497,7	151,0
C _(графит)	ТВ	-393,5	0	0	5,74
C _(алмаз)	ТВ		1,89	2,83	2,38
CH ₄	г	-890,36	-74,86	-50,85	186,44
C ₂ H ₂	г	-1299,63	226,17	208,61	200,97
C ₂ H ₄	г	-1410,97	52,5	68,38	219,43
C ₂ H ₆	г	-1371,60	-54,78	-33,00	229,65
C ₃ H ₈	г	-2220,03	-103,92	-23,49	270,09
C ₄ H ₆	г		110,24	150,77	278,92
H - C ₄ H ₁₀	г		-126,23	-17,17	310,33
H - C ₅ H ₁₂	г		-146,54	-8,37	349,18
C ₆ H ₆	г		82,98	129,75	269,38
C ₆ H ₁₂	г		-123,22	31,78	298,44
H - C ₆ H ₁₄	г		-167,30	-0,25	388,66
CH ₃ OH	ж		-239,61	-167,20	126,69
C ₂ H ₅ OH	г		-234,75	-168,18	282,60
COCl ₂	г		-220,27	-206,88	283,91
CO	г		-110,60	-137,23	197,67
CO ₂	г		-393,77	-394,64	213,82
CS ₂	г		116,14	65,96	237,94
Cl ₂	г		-305,43	-	391,62
Ca	ТВ		0	0	41,45
CaCl ₂	ТВ		-796,30	-1011,50	104,70
CaO	ТВ		-635,51	-604,45	39,77
CaC ₂	ТВ		-59,90	-64,90	70,00
Cu	ТВ		0	0	33,20
CuO	ТВ		-162,10	-129,50	42,73
Cu ₂ O	ТВ		-173,30	-150,60	92,99

ВЕЩЕСТВО	Фазовое состояние	$\Delta H^{\circ}_{298, \text{сгор.}}$ кДж/моль	$\Delta H^{\circ}_{298,}$ кДж/моль	$\Delta G^{\circ}_{298,}$ кДж/моль	$S^{\circ}_{298,}$ Дж/моль*К
Cl ₂	г		0	0	223,17
F ₂	г		0	0	202,85
Fe	ТВ		0	С	27,15
FeO	ТВ		-265,00	-244,46	60,79
Fe ₂ O ₃	ТВ		-822,70	-740,83	87,50
Fe ₃ O ₄	ТВ		-1117,90	-1014,84	146,29
H ₂	г	-285,85	0	0	130,60
HF	г		-270,90	-272,99	173,79
HCl	г		-92,36	-95,36	186,91
HBr	г		-36,30	-53,37	198,79
HI	г		25,94	1,30	206,30
H ₂ O	ж		-286,02	-237,40	70,00
H ₂ O	ТВ		-291,85	-234,08	39,40
H ₂ O	г		-241,98	-228,75	188,85
H ₂ S	г		-20,15	-33,83	193,86
H ₂ Se	г		33,00	19,72	218,97
H ₂ Te	г		154,39	138,49	234,30
I ₂	г		62,24	19,37	260,58
I ₂	ТВ		0	0	116,23
Cd	ТВ		0	0	51,77
CdO	ТВ		-260,00	-229,30	54,80
Mg	ТВ		0	0	32,70
MgO	ТВ		-602,10	-569,82	26,96
N	г		0	0	191,50
NH ₃	г		-45,80	-16,29	192,79
NO ₂	г		33,50	51,58	240,32
N ₂ O ₄	г		9,60	98,01	340,00
Na	ТВ		0	0	51,33
Ni	ТВ		0	0	29,90
NiO	ТВ		-239,70	-211,60	37,90
O ₂	г		0	0	205,00
O ₃	г		142,30	162,70	238,80
P _(красный)	ТВ		-18,41	8,37	22,80
P _(белый)	ТВ		0	0	41,11
P ₂ O ₅	ТВ		-1506,24	-1363,98	135,98
PCl ₃	г		-279,70	-260,63	311,92
PCl ₅	г		-367,20	-297,34	364,70
PH ₃	г		5,44	13,39	210,10
Rb	ТВ		0	0	76,20
Rb ₂ O	ТВ		-330,11	-290,79	109,62
S (ромб)	ТВ		0	0	31,88
S(монокл)	ТВ		0,38	-0,19	32,55

ВЕЩЕСТВО	Фазовое состояние	$\Delta H^{\circ}_{298, \text{сгор.}}$ кДж/моль	$\Delta H^{\circ}_{298,}$ кДж/моль	$\Delta G^{\circ}_{298,}$ кДж/моль	$S^{\circ}_{298,}$ Дж/моль*К
SO ₂	г		-297,10	-300,41	248,24
SO ₃	г		-396,11	-371,41	256,86
Si	ТВ		0	0	18,84
SiO ₂	ТВ		-862,10	-803,60	27,80
Zn	ТВ		0	0	41,66
ZnO	ТВ		-350,86	-320,88	43,67
Pb	ТВ		0	0	64,80
PbS	ТВ		-100,40	-98,80	91,20

Таблица 2

Теплоты растворения некоторых веществ

Вещество	$\Delta H^{\circ}_{\text{раств.}}$ кДж/моль	Вещество	ΔH° , кДж/моль
NH ₄ NO ₃	26,90	K ₂ SO ₄	27,14
Na NO ₃	21,21	Na ₂ SO ₄ *10H ₂ O	78,51
K NO ₃	36,02	Cu SO ₄	-66,54
Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O	66,58	CuSO ₄ *5 H ₂ O	11,70
NaOH	-42,28	Ca Cl ₂	-76,04

Варианты домашних заданий

№ варианта	№ задач	№ варианта	№ задач
1	1,17,33,49,78	13	13, 29, 45.61, 80л
2	2,18,34,50,79	14	14,30,46, 64, 81
3	3,19,35,51,80а	15	15,31,47,65,82
4	4,20, 36, 52,80б	16	16,32,48,66,83
5	5,21, 37, 53, 80в	17	1,18,35,52,80 а
6	6, 22, 38, 54, 80г	18	2,19,36,53, 80 г
7	7,23, 39, 55, 80д	19	4,21,38,55,80 е
8	8, 24, 40, 56, 80е	20	5,22,39,56, 80 ж
9	9,25,41,57,80ж	21	6,23,40,57, 80 д
10	10,26,42,58,80з	22	7,24,41,58,80 и
11	11,27,43, 59, 80и	23	8,25,42.59, 80 к
12	12,28,44, 60, 80к	24	9,24,39,54, 80 в