

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

Кафедра «Производственная безопасность, экология и химия»

**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

Методические указания для проведения контрольных работ и коллоквиумов по курсу общей химии для студентов химических и нехимических специальностей дневных, вечерних и заочных форм обучения

Нижний Новгород 2015

Составители: Борисова Г.Н., Борисов А.В., Батталова Ю.В., Османов В.К.

УДК 54 (07)

Основные закономерности протекания химических реакций: методические указания для проведения контрольных работ и коллоквиумов по курсу общей химии для студентов химических и нехимических специальностей дневных, вечерних и заочных форм обучения/ НГТУ им. Р.Е. Алексеева сост.: Борисова Г.Н., Борисов А.В., Батталова Ю.В., Османов В.К. Н.Новгород, 2015. 49с.

В методических указаниях приведены варианты заданий для контроля усвоения разделов курса общей химии по темам: «Элементы химической термодинамики» и «Скорость химических реакций. Химическое равновесие».

Научный редактор В.И.Наумов

Редактор Э. Б. Абросимова

Подп. к печ. Формат 60x84 1/16. Бумага газетная. Печать офсетная. Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. _____. Тираж 200 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет

Типография НГТУ. 603950, Н.Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный технический

университет им. Р.Е. Алексеева, 2015

I. Контрольные вопросы по теме «Элементы химической термодинамики»

Вариант №1

Для реакции $\text{CaO}_{(к)} + 3\text{C}_{(\text{графит})} = \text{CaC}_{2(к)} + 3\text{CO}_{(г)}$ определить:

- 1) будет ли она самопроизвольно протекать при стандартных условиях;
- 2) изменение энтальпии и энтропии процесса; чем вызвано изменение энтропии процесса;
- 3) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль $\text{C}_{(\text{графит})}$, б) 1 г $\text{C}_{(\text{графит})}$;
- 4) температуру, выше которой данная реакция может протекать самопроизвольно;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим при высоких и низких температурах.

Вариант №2

По уравнению реакции $\text{CH}_{4(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_{(г)} + 3\text{H}_{2(г)}$ и термодинамическим данным установить:

- 1) с выделением или поглощением тепла протекает данная реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль H_2 , б) 1 л CH_4 ;
- 3) возможно ли самопроизвольное протекание процесса при стандартных условиях;
- 4) за счёт какого фактора, энтальпийного или энтропийного, возможно самопроизвольное протекание процесса;
- 5) температуру, выше которой данный процесс может протекать самопроизвольно.

Вариант 3

По уравнению реакции и термодинамическим данным $\text{N}_2\text{O}_{4(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$ установить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится при образовании 1 моль NO_2 ; 1 л NO_2 ;
- 3) изменение энергии Гиббса при 200 и 400 К; протекает ли реакция при данных температурах;
- 4) за счет какого фактора, энтальпийного или энтропийного, возможно самопроизвольное протекание реакции в прямом направлении;
- 5) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс; чем вызвано изменение энтропии в ходе реакции.

Вариант № 4

Для реакции $\text{CaO}_{(к)} + \text{SO}_{3(г)} = \text{CaSO}_{4(к)}$ определить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) тепловой эффект химической реакции в расчете на 112 г $\text{CaO}_{(к)}$;
- 3) возможность ее самопроизвольного протекания при стандартных условиях;
- 4) изменение энтропии процесса; возможно ли самопроизвольное протекание реакции за счет энтропийного фактора;
- 5) будет ли реакция протекать самопроизвольно при 2000 К; какой фактор является определяющим в направлении протекания процесса при данной температуре.

Вариант № 5

Для реакции восстановления оксида железа (II)

$\text{FeO}_{(к)} + \frac{1}{2}\text{C}_{(\text{графит})} = \text{Fe}_{(к)} + \frac{1}{2}\text{CO}_{2(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится, если в результате реакции образуется 168 г $\text{Fe}_{(к)}$;

- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) возможно ли самопроизвольное протекания реакции при стандартных условиях;
- 5) температуру, выше которой данная реакция может протекать самопроизвольно; за счет какого фактора, энтальпийного или энтропийного, возможно протекание процесса.

Вариант № 6

Уравнение реакции $\text{CaCO}_{3(\text{к})} = \text{CaO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) экзо- или эндотермической является данная реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 11,2л $\text{CO}_{2(\text{г})}$;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс; чем вызвано изменение энтропии;
- 5) температуру, выше которой процесс разложения карбоната кальция становится возможным; за счет энтальпийного или энтропийного фактора возможно самопроизвольное протекание реакции.

Вариант № 7

Для реакции $\text{CH}_{4(\text{г})} + 2\text{O}_{2(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ определить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) какое количество тепла выделится: а) при сгорании 1л метана; б) если образуется 1л водяных паров;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) направление самопроизвольного протекания процесса при 298К;
- 5) направление самопроизвольного протекания процесса при 1000К; какой фактор, энтальпийный или энтропийный, является определяющим в направлении протекания процесса при данной температуре.

Вариант № 8

Для реакции $C_{(\text{графит})} + CO_{2(\text{г})} = 2CO_{(\text{г})}$ установить:

- 1) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль CO_2 ; б) 1 моль CO ; в) 1 л CO ;
- 2) возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях;
- 3) изменение энтропии процесса; чем вызвано увеличение энтропии;
- 4) температуру, выше которой данная реакция может протекать самопроизвольно;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим в направлении самопроизвольного протекания процесса.

Вариант № 9

Для реакции восстановления оксида железа (III)

$Fe_2O_{3(\text{к})} + 3H_{2(\text{г})} = 2Fe + 3H_2O_{(\text{г})}$ установить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 1 моль H_2 ;
- 3) изменение энергии Гиббса процесса при 500К; железо или водород имеет большее химическое сродство к кислороду при данной температуре;
- 4) температуру, при которой восстановительная способность водорода и железа одинакова;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим при низких и высоких температурах.

Вариант № 10

Уравнение реакции $2NO_{(\text{г})} + O_{2(\text{г})} = 2NO_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;

- 2) сколько тепла выделится или поглотится: а) при образовании 1 моля NO_2 ; б) если прореагирует 1 л O_2 ;
- 3) направление самопроизвольного протекания реакции при стандартных условиях;
- 4) температуру, выше которой данная реакция самопроизвольно не протекает;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим при низких и высоких температурах.

Вариант № 11

По уравнению и термодинамическим данным реакции

$\text{PCl}_{5(\text{r})} = \text{PCl}_{3(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})}$ определить:

- 1) с выделением или поглощением тепла протекает эта реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 5 л Cl_2 ;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) возможно ли ее самопроизвольное протекание при стандартных условиях; при 600К;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 600К.

Вариант № 12

Реакция протекает по уравнению $2\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{SO}_{3(\text{r})}$ Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль SO_3 ; б) 1 л O_2 ;
- 3) температуру, при которой система находится в термодинамическом равновесии;

4) изменение энергии Гиббса при 2000К; возможно ли самопроизвольное протекание процесса при данной температуре;

5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим в направлении протекания процесса при 2000К.

Вариант № 13

Уравнение реакции $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + \frac{3}{2}\text{C}(\text{графит}) = \frac{3}{2}\text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{Fe}(\text{к})$. Определить:

1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;

2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль Fe, б) 1 л CO_2 ;

3) возможно ли восстановление Fe_2O_3 графитом при стандартных условиях; при 1000К. Энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000 К;

4) температуру, при которой восстановительная способность графита и железа одинакова;

5) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс; чем вызвано изменение энтропии в ходе реакции.

Вариант № 14

Для реакции $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$ определить:

1) тепловой эффект химической реакции;

2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 2 моль H_2 ; б) 1 л CO ;

3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});

4) возможность ее самопроизвольного протекания при стандартных условиях и при 1000К;

5) энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000К.

Вариант № 15

Уравнение реакции $4\text{HCl}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 2\text{Cl}_{2(г)}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль HCl, б) 1 л O₂;
- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях и при T=1000K;
- 4) температуру, при которой система находится в термодинамическом равновесии; будет ли процесс протекать самопроизвольно при температуре выше рассчитанной;
- 5) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс; чем вызвано изменение энтропии в ходе реакции.

Вариант № 16

По уравнению и термодинамическим данным реакции

$2\text{FeCO}_{3(к)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(г)} = \text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 2\text{CO}_{2(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 2 моль O₂;
- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях;
- 4) температуру, выше которой процесс будет протекать самопроизвольно;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим при низких и высоких температурах.

Вариант № 17

Для реакции $\text{C}_{(графит)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_{(г)} + \text{H}_{2(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 3 моль H₂; б) 1 л CO;
- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях;

4) температуру, выше которой возможно самопроизвольное протекание процесса;

5) энтальпийный или энтропийный фактор определяет направление протекания процесса при низких и высоких температурах.

Вариант № 18

Для реакции $2\text{Al}_{(\text{тв})} + \text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{тв})} = \text{Al}_2\text{O}_{3(\text{тв})} + 2\text{Fe}_{(\text{тв})}$ определить:

1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;

2) сколько тепла выделится или поглотится, если в результате реакции образуется 168г $\text{Fe}_{(\text{к})}$;

3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});

4) направление протекания реакции при стандартных условиях;

5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим при стандартных условиях.

Вариант № 19

Для реакции $2\text{HCl}_{(\text{г})} + \text{Ca}_{(\text{тв})} = \text{CaCl}_{2(\text{тв})} + \text{H}_{2(\text{г})}$ определить:

1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;

2) сколько тепла выделится или поглотится, если в реакцию вступило 89,6л HCl ;

3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});

4) направление протекания реакции при стандартных условиях и при $T=1000\text{K}$;

5) энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000K.

Вариант № 20

Для реакции $3\text{Fe}_{(\text{тв})} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{тв})} + 4\text{H}_{2(\text{г})}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится, если в реакцию вступило 2 моль Fe;
- 3) направление протекания реакции при стандартных условиях;
- 4) температуру, при которой реакция меняет свое направление;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор определяет направление протекания процесса при низких и высоких температурах.

Вариант № 21

По уравнению и термодинамическим данным $\text{ZnO}_{(тв)} + \text{SO}_{3(г)} = \text{ZnSO}_{4(тв)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 67,2 л SO_3 ;
- 3) возможность самопроизвольного протекания реакции при стандартных условиях;
- 4) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс; чем вызвано изменение энтропии в ходе реакции;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим в направлении протекания процесса при стандартных условиях.

Вариант № 22

Для реакции $2\text{KNO}_{3(тв)} = 2\text{KNO}_{2(тв)} + \text{O}_{2(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 100 г нитрата калия; б) 1 л кислорода;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) возможно ли разложение нитрата калия при стандартных условиях и 1000 К;

5) какой фактор является определяющим при низких и высоких температурах.

Вариант № 23

Для реакции $2\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} = \text{CH}_{4(г)} + \text{CO}_{2(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 67,2л CO;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) направление протекания процесса при стандартных условиях и 1000К; энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000К;
- 5) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс.

Вариант № 24

Для реакции $3\text{SiO}_{2(тв)} + 4\text{Al}_{(тв)} = 2\text{Al}_2\text{O}_{3(тв)} + 3\text{Si}_{(тв)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 81г Al;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) направление протекания процесса при 298К и 1000К;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000К.

Вариант № 25

Для реакции $2\text{H}_2\text{S}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 2\text{S}_{(ромб)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 8г S; б) 44,8л O₂;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) направление протекания реакции при стандартных условиях;

5) фактор, определяющий направление протекания процесса при ст.у.

Вариант № 26

Уравнение реакции $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{CO}(\text{г}) = 2\text{Fe}(\text{к}) + 3\text{CO}_2(\text{г})$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль Fe, б) 1 л CO_2 ;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) возможно ли восстановление Fe_2O_3 монооксидом углерода при стандартных условиях;
- 5) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим в направлении протекания процесса при 298К.

Вариант № 27

По уравнению реакции $3\text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) = 2\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{C}_2\text{H}_2(\text{г})$ и термодинамическим данным установить:

- 1) с выделением или поглощением тепла протекает данная реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль C_2H_4 ; б) на 1 л CH_4 ;
- 3) возможно ли самопроизвольное протекание процесса при стандартных условиях;
- 4) за счет какого фактора, энтальпийного или энтропийного, возможно самопроизвольное протекание процесса при стандартных условиях;
- 5) температуру, при которой реакция меняет своё направление.

Вариант № 28

Алюмотермическое восстановление монооксида никеля описывается уравнением $3\text{NiO}(\text{к}) + 2\text{Al}(\text{к}) = \text{Al}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{Ni}(\text{к})$. Определить:

- 1) с выделением или поглощением тепла протекает данная реакция;

- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 2 моль Ni, б) 1 кг Ni;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) направление протекания процесса при стандартных условиях; при $T=2000\text{K}$;
- 5) за счёт какого фактора, энтальпийного или энтропийного, возможно самопроизвольное протекание процесса при стандартных условиях.

II. Контрольные вопросы по теме «Скорость химических реакций. Химическое равновесие»

Вариант №1

Для реакции $2\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} = \text{CH}_{4(г)} + \text{CO}_{2(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;
- 3) в каком направлении сместится равновесие процесса а) при повышении давления; б) при повышении концентрации H_2 ;
- 4) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 5) равновесные концентрации веществ, если начальные концентрации CO и H_2 соответственно были равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 20% исходного количества CO.

Ответы обосновать.

Вариант №2

По уравнению реакции $2\text{HI}_{(г)} = \text{H}_{2(г)} + \text{I}_{2(г)}$ установить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 2) выражения констант K_p и K_c , соотношение между K_p и K_c ;

- 3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;
- 4) направление смещения равновесия при увеличении общего давления;
- 5) равновесную концентрацию HI, если его исходная концентрация равна 4 моль/л, а константа равновесия реакции при некоторой температуре равна 1,64.

Вариант 3

Для реакции $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_2_{(г)} + \text{H}_2_{(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании ($\Delta H_{x,p} = -42$ кДж); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;
- 3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза; влияет ли повышение давления на смещение равновесия процесса;
- 4) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 5) какими будут равновесные концентрации веществ, если начальные концентрации CO и H₂O соответственно равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 40% исходного количества CO.

Ответы обосновать.

Вариант № 4

По уравнению реакции $\text{N}_2\text{O}_{4(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$ установить:

- 1) как влияет повышение температуры на смещение равновесия процесса ($\Delta H_{x,p} = 56,6$ кДж); на величину константы равновесия;

- 2) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза;
- 4) в каком направлении сместится равновесие реакции при повышении давления, изменится ли при этом константа равновесия реакции;
- 5) константу равновесия процесса, если исходная концентрация N_2O_4 составляла 0,2 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 60% первоначально взятого вещества.

Вариант № 5

Уравнение реакции $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании ($\Delta H_{x.p} = -114,6 \text{ кДж}$); как изменяется при этом константа равновесия;
- 3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза; изменится ли при этом константа равновесия реакции;
- 4) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 5) константу равновесия реакции, если начальные концентрации NO и O_2 соответственно были равны 0,8 и 0,6 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 50% NO .

Вариант № 6

Реакция протекает по уравнению $2SO_{2(г)} + O_{2(г)} = 2SO_{3(г)}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) в каком направлении смещается равновесие процесса:

- а) при повышении давления; б) при нагревании ($\Delta H_{x.p} = -158 \text{ кДж}$);
- 3) как повлияет увеличение концентрации кислорода на равновесную концентрацию SO_2 ;
- 4) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 5) константу равновесия реакции, если начальные концентрации SO_2 и O_2 соответственно были равны 4 и 6 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 60% SO_2 ; во сколько раз изменится давление в системе к моменту равновесия по сравнению с первоначальным.

Вариант № 7

Для реакции $\text{C}_{(\text{графит})} + \text{CO}_{2(\text{г})} = 2\text{CO}_{(\text{г})}$ установить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 3) направление смещения равновесия процесса при повышении:
- а) температуры ($\Delta H_{x.p} = 173 \text{ кДж}$); б) давления;
- 4) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;
- 5) константу равновесия процесса, если при некоторой температуре равновесные концентрации CO_2 и CO соответственно равны 0,1 и 0,5 моль/л; исходную концентрацию CO_2 .

Вариант № 8

Уравнение реакции $4\text{HCl}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + 2\text{Cl}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

3) как влияет на равновесную концентрацию хлора повышение температуры системы ($\Delta H_{x.p.} = -116 \text{ кДж}$); увеличение давления, введение катализатора;

4) энергия активации прямой или обратной реакции больше;

5) исходные концентрации хлористого водорода и кислорода, если равновесные концентрации веществ (моль/л) равны $[\text{Cl}_2] = 0,2$; $[\text{H}_2\text{O}] = 0,2$; $[\text{HCl}] = 0,3$; $[\text{O}_2] = 0,3$.

Ответы обосновать.

Вариант № 9

По уравнению реакции $\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} = \text{COCl}_{2(г)}$ определить:

1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;

2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;

3) в каком направлении смещается равновесие процесса а) при повышении давления; б) при **понижении** температуры ($\Delta H_{x.p.} = -88,3 \text{ кДж}$);

4) как понижение температуры повлияет на константу равновесия;

5) равновесные концентрации веществ и константу равновесия процесса, если исходные концентрации CO и Cl₂ соответственно составляли 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 50% исходного количества CO.

Ответы обосновать.

Вариант № 10

По уравнению реакции $2\text{FeCO}_{3(к)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(г)} = \text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 2\text{CO}_{2(г)}$ определить:

1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;

2) выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

- 3) в каком направлении смещается равновесие процесса при повышении:
- а) давления, б) температуры ($\Delta H_{x.p.} = -126.1 \text{ кДж}$), в) введении катализатора;
- 4) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;
- 5) начальную концентрацию O_2 , если равновесные концентрации O_2 и CO_2 соответственно равны 0,1 и 0,4 моль/л.

Ответы обосновать.

Вариант № 11

По уравнению реакции $CH_4(g) + H_2O(g) = CO(g) + 3H_2(g)$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 2) в каком направлении смещается равновесие процесса при **понижении**:
 - а) давления, б) температуры ($\Delta H_{x.p.} = 206.3 \text{ кДж}$); в) введении катализатора;
- 3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;
- 4) выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 5) равновесные концентрации веществ, если при некоторой температуре исходные концентрации метана и паров воды соответственно были равными 0,1 и 0,2 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 10% начального количества метана.

Ответы обосновать.

Вариант № 12

Уравнение реакции $NH_3(g) + HCl(g) = NH_4Cl(k)$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 2) выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

- 3) в каком направлении смещается равновесие процесса а) при повышении давления, б) при повышении концентрации аммиака; будут ли эти факторы влиять на величину константы равновесия;
- 4) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;
- 5) равновесную концентрацию аммиака, если при некоторой температуре равновесная концентрация HCl равна 0,1 моль/л, а $K_c = 2$.

Ответы обосновать.

Вариант № 13

По уравнению реакции $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})} = 2\text{NI}_{(\text{г})}$ установить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 2) выражения констант K_p и K_c , соотношение между K_p и K_c ;
- 3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;
- 4) направление смещения равновесия при повышении температуры;
- 5) равновесную концентрацию NI, если исходные концентрации N_2 и I_2 соответственно равны 0,2 и 0,1 моль/л, а константа равновесия реакции равна 50.

Ответы обосновать.

Вариант № 14

По уравнению и термодинамическим данным реакции

$\text{PCl}_{5(\text{г})} = \text{PCl}_{3(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 3) в каком направлении смещается равновесие процесса а) при повышении давления, б) при нагревании ($\Delta H_{\text{x.p.}} = 88$ кДж);

- 4) энергия активации прямой или обратной реакции больше;
- 5) константу равновесия реакции, если при некоторой температуре к моменту равновесия прореагировало 40% исходного количества PCl_5 , начальная концентрация которого была равна 1 моль/л.

Ответы обосновать.

Вариант № 15

Для реакции $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_2_{(г)} + \text{H}_2_{(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза; влияет ли повышение давления на смещение равновесия процесса;
- 3) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании ($\Delta H_{x.p} = - 42$ кДж); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;
- 4) как повлияют на концентрацию CO_2 : а) увеличение концентрации CO , б) введение катализатора;
- 5) какими будут равновесные концентрации веществ, если начальные концентрации CO и H_2O соответственно равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 40% исходного количества CO .

Ответы обосновать.

Вариант № 16

Реакция протекает по уравнению $\text{N}_{2(г)} + 3\text{H}_{2(г)} = 2\text{NH}_{3(г)}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;

3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

4) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении:

а) давления; б) температуры;

5) давление газовой смеси в момент равновесия при 500°C , если исходные концентрации N_2 и H_2 были (моль/л): $[\text{N}_2] = 2$, $[\text{H}_2] = 8$ и к моменту наступления равновесия прореагировало 10% исходного количества азота.

Ответы обосновать.

Вариант № 17

Для реакции $\text{C}_{(\text{графит})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2_{(\text{г})}$ определить:

1) гомогенной или гетерогенной является данная система;

2) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании ($\Delta H_{\text{хр}} > 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;

3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза; влияет ли повышение давления на смещение равновесия процесса;

4) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

5) равновесные концентрации газов, если начальная концентрация паров H_2O 0,1 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 20% исходного количества H_2O .

Ответы обосновать.

Вариант № 18

Для реакции $\text{C}_{(\text{графит})} + 2\text{Cl}_2_{(\text{г})} = \text{CCl}_4_{(\text{г})}$ определить:

1) гомогенной или гетерогенной является данная система;

- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;
- 3) в каком направлении смещается равновесие процесса при: а) нагревании ($\Delta H_{x.p.} > 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции; б) повышении давления;
- 4) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 5) начальную концентрацию хлора, если равновесие установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ (моль/л): $[Cl_2] = 0,8$; $[CCl_4] = 0,3$.

Ответы обосновать.

Вариант № 19

Реакция протекает по уравнению $2CH_{4(g)} = C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;
- 3) в каком направлении смещается равновесие процесса при: а) нагревании ($\Delta H_{x.p.} > 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции; б) повышении давления;
- 4) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 5) начальную концентрацию метана, если равновесие установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ (моль/л): $[CH_4] = 0,2$; $[H_2] = 0,3$; $[C_2H_2] = 0,1$.

Вариант № 20

Реакция протекает по уравнению $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} = 2NH_{3(g)}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;
- 3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 4) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении давления;
- 5) константу равновесия (K_c) и исходные концентрации N_2 и H_2 , если равновесие в системе установилось при следующих концентрациях (моль/л):
 $[N_2] = 11$; $[H_2] = 2$; $[NH_3] = 3$.

Ответы обосновать.

Вариант № 21

Реакция протекает по уравнению $CO_{(г)} + Cl_{2(г)} = COCl_{2(г)}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 4 раза;
- 3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 4) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении давления;
- 5) равновесные концентрации веществ и константу равновесия (K_c), если исходные концентрации CO и Cl_2 соответственно составляли 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 50% исходного количества CO .

Ответы обосновать.

Вариант № 22

Реакция протекает по уравнению $2\text{NO}_{2(\text{г})} = 2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 5 раз;
- 3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 4) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении давления;
- 5) равновесные концентрации веществ, если исходная концентрация $[\text{NO}_2] = 4 \text{ моль/л}$ и к моменту равновесия прореагировало 60% от его первоначального количества.

Ответы обосновать.

Вариант № 23

Реакция протекает по уравнению $2\text{CO}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})} = \text{CH}_{4(\text{г})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза;
- 3) в каком направлении смещается равновесие процесса при: а) нагревании ($\Delta H_{\text{хр}} < 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции; б) повышении давления; в) введении катализатора.
- 4) математические выражения констант K_p и K_c ;
- 5) равновесные концентрации веществ, если исходные концентрации CO и H_2 соответственно были равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 20% исходного количества CO .

Ответы обосновать.

Вариант № 24

Для реакции $2\text{NO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} = 2\text{NOCl}_{(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;
- 3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 4) в каком направлении сместится равновесие процесса: а) при *уменьшении* давления; б) при увеличении концентрации Cl_2 ;
- 5) константу равновесия (K_c), если исходные концентрации $[\text{NO}] = 0,4$ моль/л и $[\text{Cl}_2] = 0,3$ моль/л, и при этой температуре к моменту равновесия прореагировало 20% NO .

Ответы обосновать.

Вариант № 25

Для реакции $\text{H}_{2(г)} + \text{I}_{2(г)} = 2\text{HI}_{(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;
- 3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 4) в каком направлении сместится равновесие процесса при: а) уменьшении давления; б) увеличении температуры; в) введении катализатора;
- 5) сколько молей H_2 надо взять на 1 моль I_2 , чтобы 90% йода превратилось в HI , если константа равновесия при 445°C равна 50?

Ответы обосновать.

Вариант № 26

Реакция протекает по уравнению $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$. Определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;
- 3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 4) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении давления;
- 5) исходную концентрацию NO, если в момент равновесия при температуре 494°C концентрация кислорода стала 0,1 моль/л, а диоксида азота - 0,25 моль/л. Константа равновесия (K_c) при этой температуре равна 2,2.

Ответы обосновать.

Вариант № 27

Для реакции $\text{CaCO}_{3(к)} = \text{CaO}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 2) в каком направлении смещается равновесие процесса:
 - а) при повышении давления;
 - б) при нагревании ($\Delta H_{х.р} = 176 \text{ кДж}$);
 - в) при увеличении весового количества CaCO_3 .
- 3) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 4) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 5 раз?
- 5) энергия активации прямой или обратной реакции больше?

Ответы обосновать.

Вариант № 28

Для реакции $2\text{N}_2\text{O}_{(г)} = 2\text{N}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 2) выражения констант K_p и K_c , соотношение между K_p и K_c ;
- 3) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;
- 4) направление смещения равновесия при: а) повышении давления; б) повышении температуры ($\Delta H_{\text{хр}} < 0$);
- 5) соотношение энергий активации прямого и обратного процессов.

Ответы обосновать.

III. Контрольные вопросы по темам: «Элементы химической термодинамики» и «Скорость химических реакций. Химическое равновесие»

Вариант №1

Для реакции $2\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} = \text{CH}_{4(г)} + \text{CO}_{2(г)}$ определить:

- 1) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 2) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 3) тепловой эффект реакции в расчете на 67,2л CO;
- 4) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 5) направление протекания процесса при стандартных условиях и 1000К;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;
- 7) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении давления;
- 8) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

9) равновесные концентрации веществ, если начальные концентрации CO и H₂ соответственно были равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 20% исходного количества CO.

Ответы обосновать.

Вариант №2

Для реакции $\text{CaCO}_{3(\text{к})} = \text{CaO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$ определить:

- 1) экзо- или эндотермической является данная реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 11,2л CO_{2(г)};
- 3) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс; чем вызвано изменение энтропии;
- 4) температуру, выше которой процесс разложения карбоната кальция становится возможным; за счёт энтальпийного или энтропийного фактора возможно самопроизвольное протекание реакции;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- б) в каком направлении смещается равновесие процесса:
 - а) при повышении давления;
 - б) при нагревании ($\Delta H_{\text{хр}} = 176\text{кДж}$);
 - в) при увеличении весового количества CaCO₃.
- 7) математические выражения констант K_p и K_c; соотношение между K_p и K_c;
- 8) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 5 раз?
- 9) энергия активации прямой или обратной реакции больше?

Ответы обосновать.

Вариант №3

Для реакции $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_2_{(\text{г})}$ определить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 2 моль H_2 ; 1 л CO ;
- 3) возможность ее самопроизвольного протекания при стандартных условиях и при 1000К;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000К;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании; увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;
- 7) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза; влияет ли повышение давления на смещение равновесия процесса;
- 8) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 9) какими будут равновесные концентрации веществ, если начальные концентрации CO и H_2O соответственно равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 40% исходного количества CO .

Ответы обосновать.

Вариант №4

По уравнению реакции и термодинамическим данным $\text{N}_2\text{O}_{4(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})}$ установить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится при образовании а) 1 моля NO_2 ; б) 1 л NO_2 ;
- 3) изменение энергии Гиббса при 200 и 400К; протекает ли реакция при данных температурах;

- 4) за счёт какого фактора, энтальпийного или энтропийного, возможно самопроизвольное протекание реакции в прямом направлении;
- 5) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза;
- 6) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 7) в каком направлении сместится равновесие реакции при повышении давления, изменится ли при этом константа равновесия реакции;
- 8) как влияет повышение температуры на смещение равновесия процесса; на величину константы равновесия;
- 9) константу равновесия процесса, если исходная концентрация N_2O_4 составляла 0,2 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 60% первоначально взятого количества.

Вариант №5

Уравнение реакции $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится а) при образовании 1 моль NO_2 ; б) если прореагирует 1 л O_2 ;
- 3) направление самопроизвольного протекания реакции при стандартных условиях;
- 4) температуру, выше которой данная реакция самопроизвольно не протекает.
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании; как изменяется при этом константа равновесия;

7) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза; изменится ли при этом константа равновесия реакции;

8) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

9) константу равновесия реакции, если начальные концентрации NO и O_2 соответственно были равны 0,8 и 0,6 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 50% NO .

Ответы обосновать.

Вариант №6

Реакция протекает по уравнению $2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{SO}_{3(\text{г})}$. Определить:

1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;

2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль SO_3 ; б) 1 л O_2 ;

3) температуру, при которой система находится в термодинамическом равновесии;

4) изменение энергии Гиббса при 2000К; возможно ли самопроизвольное протекание процесса при данной температуре;

5) гомогенной или гетерогенной является данная система;

6) в каком направлении смещается равновесие процесса:

а) при повышении давления; б) при нагревании ($\Delta H_{\text{хр}} = -158 \text{ кДж}$);

7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

8) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;

9) константу равновесия реакции, если начальные концентрации SO_2 и O_2 соответственно были равны 4 и 6 моль/л и к моменту равновесия прореа-

гировало 60% SO_2 ; во сколько раз изменится давление в системе к моменту равновесия по сравнению с первоначальным.

Вариант №7

Для реакции $\text{C}_{(\text{графит})} + \text{CO}_{2(\text{г})} = 2\text{CO}_{(\text{г})}$ установить:

- 1) тепловой эффект реакции в расчете на а) 1 моль CO_2 ; б) 1 моль CO ; в) 1 л CO ;
- 2) возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях;
- 3) изменение энтропии процесса; чем вызвано увеличение энтропии;
- 4) температуру, выше которой данная реакция может протекать самопроизвольно;
- б) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 8) направление смещения равновесия процесса при повышении: а) температуры ($\Delta H_{x,p} = 173 \text{ кДж}$); б) давления; в) при введении катализатора;
- 8) соотношение между энергией активации прямого и обратного процессов;
- 9) константу равновесия процесса, если при некоторой температуре равновесные концентрации CO_2 и CO соответственно равны 0,1 и 0,5 моль/л; исходную концентрацию CO_2 .

Вариант №8

Уравнение реакции $4\text{HCl}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + 2\text{Cl}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 1 моль HCl ;

- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях и при $T=1000\text{K}$;
- 4) температуру, при которой система находится в термодинамическом равновесии; будет ли процесс протекать самопроизвольно при температуре выше рассчитанной;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 7) как влияет на равновесную концентрацию хлора:
 - а) повышение температуры системы ($\Delta H_{\text{х.р.}} = -115 \text{ кДж}$), как изменится при этом константа равновесия;
 - б) увеличение давления,
 - в) введение катализатора;
- 8) исходные концентрации хлористого водорода и кислорода, если равновесные концентрации веществ (моль/л) равны $[\text{Cl}_2] = 0,2$; $[\text{H}_2\text{O}] = 0,2$; $[\text{HCl}] = 0,3$; $[\text{O}_2] = 0,3$.

Ответы обосновать.

Вариант №9

По уравнению реакции $\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} = \text{COCl}_{2(г)}$ определить:

- 1) экзо- или эндотермической является данная реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 44,8л $\text{CO}_{(г)}$;
- 3) с увеличением или уменьшением энтропии протекает процесс; чем вызвано изменение энтропии;
- 4) направление протекания реакции при стандартных условиях и при 1000K; низкая или высокая температура способствует протеканию реакции в прямом направлении?
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;

- б) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;
- 7) в каком направлении смещается равновесие процесса а) при повышении давления; б) при **понижении** температуры ($\Delta H_{x.p.} = -88,3 \text{ кДж}$), в) увеличении концентрации CO;
- 8) математические выражения констант K_p и K_c ;
- 9) равновесные концентрации веществ и константу равновесия процесса, если исходные концентрации CO и Cl_2 соответственно составляли 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 50% исходного количества CO.

Ответы обосновать.

Вариант №10

По уравнению реакции $2\text{FeCO}_{3(к)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(г)} = \text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 2\text{CO}_{2(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 3 моль CO_2 ;
- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях;
- 4) температуру, выше которой процесс будет протекать самопроизвольно;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 6) выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 7) в каком направлении смещается равновесие процесса при повышении: а) давления, б) температуры ($\Delta H_{x.p.} = -126.1 \text{ кДж}$), в) введении катализатора; г) увеличении весового количества $\text{FeCO}_{3(к)}$
- 8) начальную концентрацию O_2 , если равновесные концентрации O_2 и CO_2 соответственно равны 0,1 и 0,4 моль/л.

Вариант №11

По уравнению реакции $\text{CH}_{4(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_{(г)} + 3\text{H}_{2(г)}$ определить:

- 1) с выделением или поглощением тепла протекает данная реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль H_2 ; б) 1 л CH_4 ;
- 3) возможно ли самопроизвольное протекание процесса при стандартных условиях; за счет какого фактора, энтальпийного или энтропийного, возможно самопроизвольное протекание процесса;
- 4) температуру, выше которой данный процесс может протекать самопроизвольно;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 6) в каком направлении смещается равновесие процесса при **понижении**:
а) давления, б) температуры ($\Delta H_{x.p} = 206.3 \text{ кДж}$); в) введении катализатора;
- 7) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;
- 8) математические выражения констант K_p и K_c ;
- 9) равновесные концентрации веществ, если при некоторой температуре исходные концентрации метана и паров воды соответственно были равными 0,1 и 0,2 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 10% начального количества метана.

Ответы обосновать.

Вариант №12

Уравнение реакции $\text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{к})$. Определить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится при образовании 3 моль NH_4Cl
- 3) изменение энергии Гиббса при 200 и 1000 К; протекает ли реакция при данных температурах;
- 4) температуру, при которой реакция меняет своё направление;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 6) выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

- 7) в каком направлении смещается равновесие процесса а) при повышении давления, б) при повышении концентрации аммиака; будут ли эти факторы влиять на величину константы равновесия;
- 8) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 5 раз;
- 9) равновесную концентрацию аммиака, если при некоторой температуре равновесная концентрация HCl равна 0,1 моль/л, а $K_c = 2$.

Ответы обосновать.

Вариант №13

По уравнению реакции $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})} = 2\text{HI}_{(\text{г})}$ установить:

- 1) экзо- или эндотермической является данная реакция;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится при образовании а) 67,2л HI; б) 0,5моль HI;
- 3) направление протекания реакции при стандартных условиях и при 1000К; низкая или высокая температура способствует протеканию реакции в прямом направлении?
- 4) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 6) выражения констант K_p и K_c , соотношение между K_p и K_c ;
- 7) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 5 раз;
- 8) направление смещения равновесия при повышении температуры, как изменится при этом константа равновесия;
- 9) равновесную концентрацию HI, если исходные концентрации N_2 и I_2 соответственно равны 0,2 и 0,1 моль/л, а константа равновесия реакции равна 50.

Ответы обосновать.

Вариант №14

По уравнению и термодинамическим данным реакции

$\text{PCl}_{5(g)} = \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ определить:

- 1) с выделением или поглощением тепла протекает эта реакция;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 5л Cl_2 ;
- 3) возможно ли ее самопроизвольное протекание при стандартных условиях; при 600 К;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор является определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 600К;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 7) в каком направлении смещается равновесие процесса при:
 - а) повышении давления; б) нагревании ($\Delta H_{\text{кр}} = 88$ кДж);
- 8) соотношение между энергией активации прямого и обратного процесса;
- 9) константу равновесия реакции, если при некоторой температуре к моменту равновесия прореагировало 40% исходного количества PCl_5 , начальная концентрация которого была равна 1 моль/л.

Ответы обосновать.

Вариант №15

Для реакции $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_2_{(г)} + \text{H}_2_{(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект химической реакции;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 2моль H_2 ; б) 1л CO ;
- 3) возможность ее самопроизвольного протекания при стандартных условиях и при 1000К;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор будут определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000 К;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;

- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза; влияет ли повышение давления на смещение равновесия процесса;
- 7) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании, увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;
- 8) математические выражения констант K_p и K_c , соотношение между K_p и K_c ;
- 9) какими будут равновесные концентрации веществ, если начальные концентрации CO и H_2O соответственно равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 40% исходного количества CO.
- Ответы обосновать.

Вариант №16

Для реакции $C_{(графит)} + H_2O_{(г)} = CO_{(г)} + H_2_{(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;
- 2) направление протекания процесса при стандартных условиях;
- 3) температуру, выше которой возможно самопроизвольное протекание процесса;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор определяет направление протекания процесса при низких и высоких температурах;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) в каком направлении смещается равновесие процесса при нагревании ($\Delta H_{x,p} > 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;
- 7) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза; влияет ли повышение давления на смещение равновесия процесса;

8) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

9) равновесные концентрации газов, если начальная концентрация паров H_2O 0,1 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 20% исходного количества H_2O .

Ответы обосновать.

Вариант №17

Для реакции $C_{(графит)} + 2Cl_{2(г)} = CCl_{4(г)}$ определить:

1) экзо- или эндотермической является данная реакция;

2) сколько тепла выделится или поглотится в расчете на: а) 3 моль Cl_2 ;

б) 48 г $C_{(графит)}$;

3) направление протекания реакции при стандартных условиях и при 1000 К; низкая или высокая температура способствует протеканию реакции в прямом направлении?

4) температуру, при которой система находится в термодинамическом равновесии;

5) гомогенной или гетерогенной является данная система;

6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;

7) в каком направлении смещается равновесие процесса при: а) нагревании ($\Delta H_{x.p} > 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции; б) повышении давления;

8) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;

9) начальную концентрацию хлора, если равновесие установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ (моль/л): $[Cl_2] = 0,8$, $[CCl_4] = 0,3$.

Вариант №18

Реакция протекает по уравнению $2\text{CH}_{4(\text{г})} = \text{C}_2\text{H}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции в расчете на 44,8л H_2 ;
- 2) направление протекания процесса при стандартных условиях;
- 3) температуру, при которой начинается пиролиз метана;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор определяет направление протекания процесса при низких и высоких температурах;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 3 раза;
- 7) в каком направлении смещается равновесие процесса при:
 - а) нагревании ($\Delta H_{\text{хр}} > 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;
 - б) повышении давления;
- 8) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 9) начальную концентрацию метана, если равновесие установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ (моль/л): $[\text{CH}_4] = 0,2$; $[\text{H}_2] = 0,3$; $[\text{C}_2\text{H}_2] = 0,1$.

Вариант №19

Реакция протекает по уравнению $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{NH}_{3(\text{г})}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 2 моль H_2 ;
- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях, 600К;
- 4) температуру, выше которой процесс не будет протекать самопроизвольно;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;

- б) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;
- 7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 8) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении давления;
- 9) константу равновесия (K_c) и исходные концентрации N_2 и H_2 , если равновесие в системе установилось при следующих концентрациях (моль/л): $[N_2] = 11$; $[H_2] = 2$; $[NH_3] = 3$.

Вариант №20

Реакция протекает по уравнению $CO_{(г)} + Cl_{2(г)} = COCl_{2(г)}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;
- 2) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях и при 600К;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор определяет направление протекания процесса при стандартных условиях и при 600К;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- б) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 4 раза;
- 7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 8) в каком направлении сместится равновесие процесса при повышении давления;
- 9) равновесные концентрации веществ и константу равновесия (K_c), если исходные концентрации CO и Cl_2 соответственно составляли 0,2 и 0,4

моль/л и к моменту равновесия прореагировало 50% исходного количества CO.

Вариант №21

Реакция протекает по уравнению $2\text{NO}_{2(\text{г})} = 2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится при образовании: а) 1 л NO; б) 3 моль O₂;
- 3) направление самопроизвольного протекания реакции при стандартных условиях;
- 4) температуру, выше которой данная реакция будет протекать самопроизвольно;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 5 раз;
- 7) математические выражения констант K_p и K_c; соотношение между K_p и K_c;
- 8) в каком направлении сместится равновесие процесса при: а) **понижении** давления; б) **понижении** температуры; в) введении катализатора;
- 9) равновесные концентрации веществ, если исходная концентрация [NO₂] = 4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 60% от его первоначального количества.

Ответы обосновать.

Вариант №22

Реакция протекает по уравнению $2\text{CO}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})} = \text{CH}_{4(\text{г})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;

- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 67,2л CO;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) направление протекания процесса при стандартных условиях и 1000К;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 2 раза;
- 7) в каком направлении смещается равновесие процесса при:
 - а) нагревании ($\Delta H_{x.p.} < 0$); увеличивается или уменьшается при этом константа равновесия реакции;
 - б) повышении давления;
 - в) введении катализатора;
- 8) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 9) равновесные концентрации веществ, если исходные концентрации CO и H_2 соответственно были равны 0,2 и 0,4 моль/л и к моменту равновесия прореагировало 20% исходного количества CO.

Вариант №23

Для реакции $2NO_{(г)} + Cl_{2(г)} = 2NOCl_{(г)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции; с поглощением или с выделением тепла она протекает;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 1 моль NO; б) 1 л NO;
- 3) температуру, при которой система находится в термодинамическом равновесии;
- 4) изменение энергии Гиббса при 1000К; возможно ли самопроизвольное протекание процесса при данной температуре;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза;

- 7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 8) в каком направлении сместится равновесие процесса: а) при **уменьшении** давления; б) при увеличении концентрации Cl_2 ;
- 9) константу равновесия (K_c), если исходные концентрации $[NO] = 0,4$ моль/л и $[Cl_2] = 0,3$ моль/л, и при этой температуре к моменту равновесия прореагировало 20% NO.

Ответы обосновать.

Вариант №24

Для реакции $H_{2(g)} + I_{2(g)} = 2HI_{(g)}$ определить:

- 1) тепловой эффект реакции, с поглощением или с выделением тепла она протекает;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на а) 5 моль HI, б) 50 л HI;
- 3) направление протекания процесса при стандартных условиях и при 2000K;
- 4) высокая или низкая температура способствует более глубокому протеканию реакции;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза
- 7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 8) в каком направлении сместится равновесие процесса при: а) уменьшении давления; б) увеличении температуры; в) введении катализатора;
- 9) сколько молей H_2 надо взять на 1 моль I_2 , чтобы 90% йода превратилось в HI, если константа равновесия при 445° C равна 50?

Ответы обосновать.

Вариант №25

Реакция протекает по уравнению $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции;
- 2) сколько тепла выделится или поглотится а) при образовании 11,2л NO_2 ;
б) если прореагирует 3моль O_2 ;
- 3) направление самопроизвольного протекания реакции при стандартных условиях и при 1000К;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в направлении протекания процесса при 298 и 1000К;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в 2 раза
- 7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 8) в каком направлении сместится равновесие процесса при: а) повышении давления; б) повышении концентрации O_2 ;
- 9) исходную концентрацию NO , если в момент равновесия при температуре 494° С концентрация кислорода стала 0,1моль/л, а диоксида азота - 0,25 моль/л. Константа равновесия (K_c) при этой температуре равна 2,2.

Вариант №26

По уравнению реакции $2\text{HI}_{(г)} = \text{H}_{2(г)} + \text{I}_{2(г)}$ установить:

- 1) возможность самопроизвольного протекания реакции при стандартных условиях;
- 2) экзо- или эндотермической является данная реакция;
- 3) тепловой эффект реакции в расчете на: а) 5моль HI ; б) 5л H_2 ;
- 4) энтальпийный или энтропийный фактор будет определяющим в направлении протекания процесса при 298К;

- 5) гомогенной или гетерогенной является данная реакция;
- 6) выражения констант K_p и K_c , соотношение между K_p и K_c ;
- 7) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при повышении давления в системе в 4 раза;
- 8) направление смещения равновесия при увеличении реакционного объёма;
- 9) равновесную концентрацию HI , если его исходная концентрация равна 4 моль/л, а константа равновесия реакции при некоторой температуре равна 1,64.

Ответы обосновать.

Вариант №27

Реакция протекает по уравнению $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{NH}_{3(\text{г})}$. Определить:

- 1) тепловой эффект реакции; экзо- или эндотермической она является;
- 2) тепловой эффект реакции в расчете на 67,2 л NH_3 ;
- 3) изменение внутренней энергии системы (ΔU_{298});
- 4) направление протекания процесса при стандартных условиях и 1000 К;
- 5) гомогенной или гетерогенной является данная система;
- 6) во сколько раз изменится скорость прямой реакции при понижении давления в 3 раза;
- 7) математические выражения констант K_p и K_c ; соотношение между K_p и K_c ;
- 8) как повлияет на равновесную концентрацию азота повышение:
 - а) давления;
 - б) температуры;
 - в) введение катализатора;
- 9) давление газовой смеси в момент равновесия при 500° С, если исходные концентрации N_2 и H_2 были (моль/л): $[\text{N}_2] = 2$, $[\text{H}_2] = 8$ и к моменту наступления равновесия прореагировало 10% исходного количества азота.

Ответы обосновать.

Термодинамические константы некоторых веществ

Вещество	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	ΔG_{298}^0 , кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/моль·К
1	2	3	4
Ag(к)	0	0	42,6
Ag ₂ O(к)	-30,6	-10,8	121,7
AgBr(к)	-100,3	-97,3	107,2
Al(к)	0	0	28,4
Al ₂ O ₃ (к)	-1676,8	-1583,3	50,95
Br ₂ (г)	30,9	3,2	245,3
Br ₂ (ж)	0	0	152,2
C _(графит)	0	0	5,7
CO(г)	-110,5	-137,3	197,4
CO ₂ (г)	-393,5	-394,4	213,5
COCl ₂ (г)	-223,0	-210,5	289,2
CH ₄ (г)	-74,8	-50,8	186,2
C ₂ H ₂ (г)	226,2	208,6	201,0
CCl ₄ (г)	-102,9	-60,6	309,7
Ca(к)	0	0	45,45
CaCl ₂ (к)	-796,3	-748,9	104,7
CaO(к)	-635,1	-604,2	39,7
Ca(OH) ₂ (к)	-986,2	-896,8	83,4
CaC ₂ (к)	-62,7	-67,8	70,3
CaSO ₄ (к)	-1424,0	-1320,3	106,7
CaCO ₃ (к)	-1206,6	-1128,8	92,9
CaH ₂ (к)	-174,1	-136,3	41,3
Cl ₂ (г)	0	0	223,0
Cu(к)	0	0	33,3
CuCl ₂ (к)	-205,9	-166,1	113,0
CuI ₂ (к)	-21,3	-23,8	159,0
F ₂ (г)	0	0	202,8
Fe(к)	0	0	27,2
FeO(к)	-263,7	-244,3	58,8

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Fe ₂ O ₃ (к)	-821,3	-741,0	90,0
Fe ₃ O ₄ (к)	-1117,9	-1014,8	146,3
FeCO ₃ (к)	-744,7	-637,9	93,0
H ₂ (г)	0	0	130,6
H ₂ O(г)	-241,8	-228,8	188,7
H ₂ O(ж)	-285,8	-237,5	70,0
HF(г)	-270,9	-273,0	173,8
HCl(г)	-92,3	-95,3	186,7
HBr(г)	-36,2	-53,2	198,5
H ₂ S(г)	-20,1	-33,0	205,6
I ₂ (к)	0	0	116,7
I ₂ (г)	62,2	19,2	260,6
HI(г)	26,6	1,78	206,5
KNO ₃ (к)	-492,7	-393,1	132,9
KNO ₂ (к)	-370,3	-281,6	117,1
NO(г)	90,4	80,6	210,6
NO ₂ (г)	33,9	51,8	240,5
N ₂ O ₄ (г)	9,4	98,3	304,3
NOCl(г)	50,9	65,0	257,6
NH ₃ (г)	-46,2	-16,6	192,5
NH ₄ Cl(к)	-315,4	-343,6	94,6
O ₂ (г)	0	0	205
PCl ₃ (г)	-277,0	-286,3	311,7
PCl ₅ (г)	-369,5	-324,6	362,9
S(ромб)	0	0	31,9
SO ₂ (г)	-296,9	-300,4	248,1
SO ₃ (г)	-395,2	-370,4	256,2
Si(к)	0	0	18,8
SiO ₂ (к)	-911,6	-857,2	41,9
ZnO(к)	-349,0	-318,2	43,6
ZnSO ₄ (к)	-978,2	-871,6	124,6

