

24.5я73

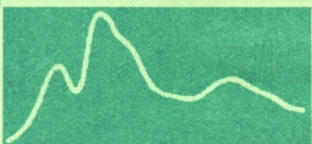
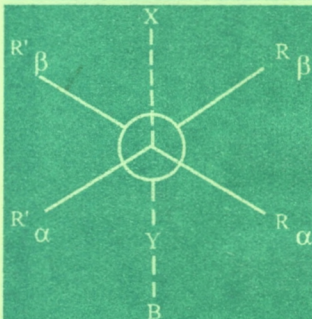
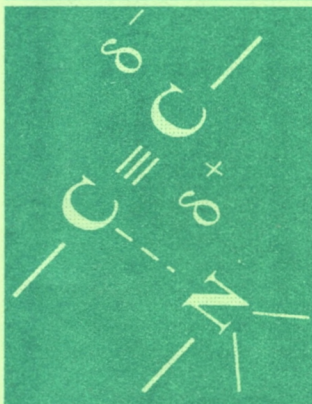
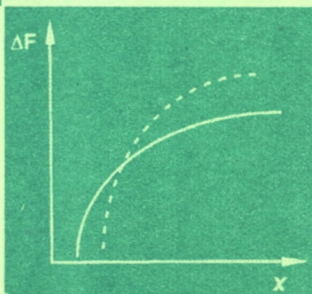
M152

$$\lg \frac{k}{k_0} = \rho \sigma$$

Л.Л.МАКАРОВА,
Е.О.ПРОКОПЕНКО,
Н.Е.ДЕРЯБИНА

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебное пособие
для студентов



МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Л.Л.Макарова, Е.О.Прокопенко, Н.Е.Дерябина



Рабочая тетрадь по физической химии

2011-1

Учебное пособие для студентов

Допущено Комитетом по науке, высшему и среднему профессиональному образованию при Правительстве Удмуртской Республики в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений



Ижевск
Издательство Удмуртского университета
1998

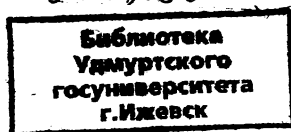
ББК 24.5

М 152

Рецензенты: доктор химических наук, профессор, председатель Комитета по науке, высшему и среднему профессиональному образованию при Правительстве Удмуртской Республики Решетников С.М.

доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии и химической технологии Ижевского государственного технического университета Кодолов В.И.

663286



М 152 Л.Л.Макарова, Е.О.Прокопенко, Н.Е.Дерябина. Рабочая тетрадь по физической химии. Ижевск. Издательство Удмуртского университета, 1998, 100 с.

ISBN 5-7029-0161-4

Рабочая тетрадь является творческим практическим приложением к курсу физической химии. Перед началом работы с тетрадью необходимо изучить соответствующие разделы физической химии по учебнику.

В книге представлено более сотни тестов, заданий по некоторым разделам физической химии, построенных в виде упражнений на классификацию, на исключение «лишнего», на установление сходства, на поиск закономерностей по системе развивающего обучения. Ответы заносятся прямо в книгу.

Рабочая тетрадь предназначена для студентов, которые хотят расширить и закрепить свои знания по физической химии, будет интересна и полезна преподавателям вузов и средних специальных учебных заведений. Тетрадь могут пользоваться и старшеклассники, углубленно изучающие химию, а учителям рабочая тетрадь может пригодиться при составлении контрольных заданий по общей химии.

ISBN 5-7029-0161-4

© Л.Л.Макарова, Е.О.Прокопенко, Н.Е.Дерябина, 1998.

© Издательство Удмуртского университета, 1998.

Уважаемый читатель!

Вы открыли первую страницу нашей книги. Я надеюсь, что она Вас заинтересует, заинтригует и подарит Вам радость маленьких открытий.

Если Вы - студент какой-нибудь химической специальности или изучаете химию как не основную дисциплину, Вам обязательно нужно приобрести эту рабочую тетрадь и попытаться заполнить ее. Вы получите удовлетворение от необычной и интересной работы. Студентов считают слишком взрослыми и самостоятельными и таких рабочих тетрадей для них не делают. Но мне кажется, развивать мышление никогда не поздно.

Если Вы - школьник, лицеист, гимназист и увлекаетесь химией и физикой, уже знаете или хотите узнать больше того, что написано в школьных учебниках, попробуйте проверить свою смекалку и свои знания, заполняя нашу рабочую тетрадь.

Если Вы - педагог (учитель химии или физики, преподаватель физической или общей химии вуза), Вы здесь найдете более сотни контрольных заданий для своих подопечных. Выбирайте те, которые Вам понравятся (или на которые точно знаете ответ), и вносите разнообразие в процесс обучения. Обратите внимание на библиографический список, включающий очень много педагогической литературы по развивающему обучению.

Если Вы - просто любопытный читатель, тоже попробуйте ответить на общеизвестные жизненные вопросы, посмотрите картинки - их очень много в нашей книге, почитайте пословицы и изречения мудрых людей.

*Желаю моему дорогому читателю
успеха в приобретении знаний!*

*От авторов
Макарова Л.Л.*

СОДЕРЖАНИЕ

Уважаемый читатель!	4
Глава 1. Основные понятия и термины химической термодинамики .	5
Глава 2. Законы термодинамики .	7
Глава 3. Характеристические функции .	9
Глава 4. Фазовые превращения индивидуальных веществ .	33
Глава 5. Термодинамика растворов	
1. Общие сведения о растворах	39
2. Химические потенциалы растворов. Уравнение Гиббса-Дюгема	49
3. Давление насыщенного пара. Закон Рауля. Закон Генри .	52
4. Растворимость газов и твердых веществ в жидкостях .	61
Глава 6. Коллигативные свойства растворов .	64
Глава 7. Понятие о химическом равновесии .	70
Глава 8. Гетерогенное равновесие .	80
Глава 9. Адсорбционное равновесие .	91
Литература	98



Глава 1

Основные понятия и термины химической термодинамики



Химическая термодинамика - применяет положения и законы общей термодинамики к изучению химических явлений.

Внутренняя энергия - энергия, зависящая только от термодинамического состояния системы.

Работа - форма передачи энергии, соответствующая упорядоченному, организованному движению материи.

Количество теплоты - самопроизвольное изменение внутренней энергии системы, имеющей температуру, которая отличается от температуры окружающей среды.

Теплообмен - форма передачи энергии, соответствующая хаотическому, беспорядочному, неорганизованному движению частиц материи.

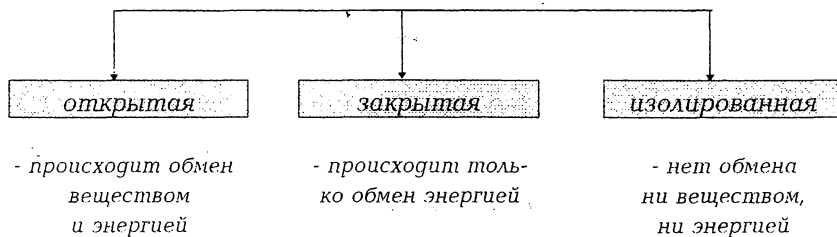
Термодинамическая система - группа тел, находящихся во взаимодействии и обособленных от окружающей среды.

Параметры - величины, определяющие состояние системы, то есть характеризующие ее свойства (температура, давление, объем и другие).

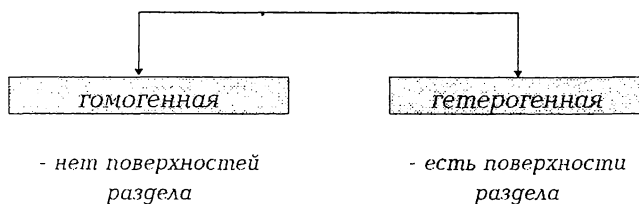
Процесс - изменение хотя бы одного термодинамического параметра системы.

Классификация термодинамических систем

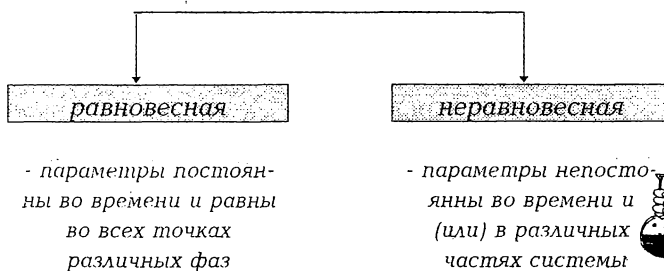
I. по характеру взаимодействия системы с окружающей средой



II. по наличию внутри системы поверхности раздела фаз

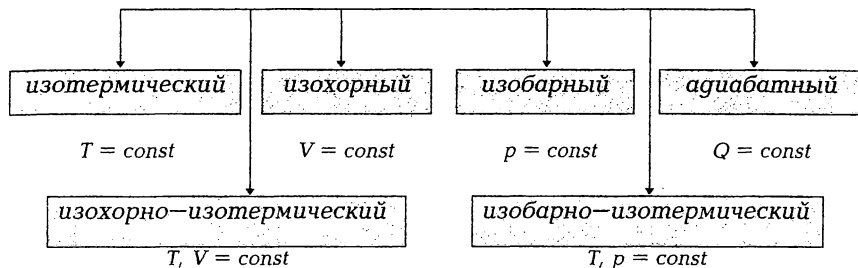


III. по характеру изменения параметров системы



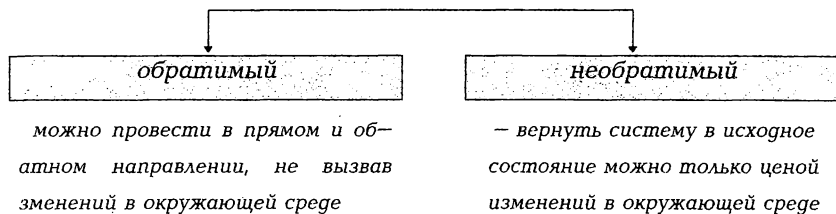
Классификация термодинамических процессов

I. по параметру, сохраняющему постоянное значение

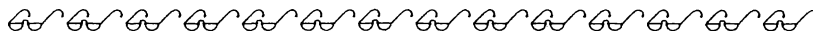
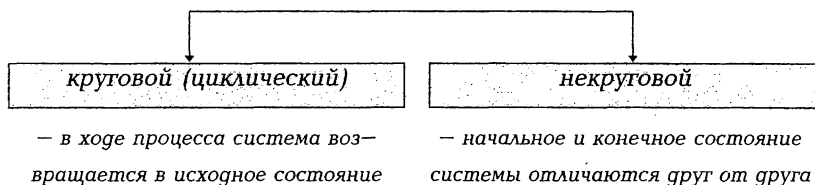


II. по обратимости

(возможности вернуть систему в исходное состояние)



III. по соотношению начального и конечного состояний системы





Упражнение 1

Определите и запишите, каким основным видом энергии обладают следующие системы:

шарик, поднятý над землей – _____

летающая пуля – _____

нагретая на спиртовке пробирка – _____

работающая электрическая батарейка – _____

протекающая химическая реакция – _____

Упражнение 2

Определите, какие формы энергии превращаются друг в друга в следующих процессах:

Процесс	Вид энергетического перехода
Электролиз	
Гальванический процесс	
Падение камня на землю	
Горение дровесины	
Движение автомобиля	
Работа электрообогревателя	

Упражнение 3

Приведите примеры процессов, в которых происходят следующие взаимопревращения видов энергии:

Вид энергетического перехода	Пример
Кинетическая → потенциальная	
Потенциальная → кинетическая	
Кинетическая → внутренняя	
Химическая → кинетическая	
Электрическая → химическая	
Химическая → электрическая	

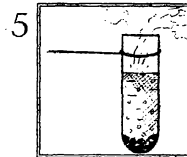
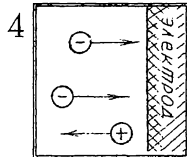
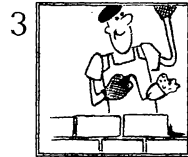
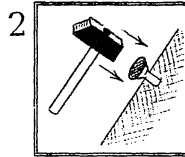
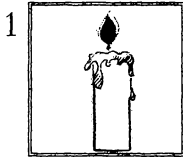
Работа избавляет нас от трех великих зол: скуки, порока, нужды.

ВОЛЬТЕР



Упражнение 4

Разделите приведенные объекты на три группы по виду выполняемой работы:

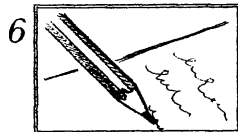
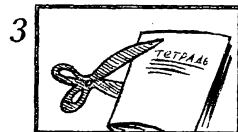
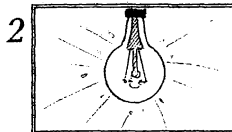


Группа №1 _____
 Группа №2 _____
 Группа №3 _____
 (вид выполняемой работы)

Упражнение 5

Выпишите номера рисунков, изображающих процессы, в которых происходит:

а) передача теплоты _____
 б) совершение работы _____



Упражнение 6

Вспомните, какие пословицы и поговорки о работе Вы знаете:

Упражнение 7

Из приведенных ниже определений выберите те, которые справедливы:

- а) только для работы _____ ;
б) только для энергии _____ ;
в) только для теплообмена _____ ;
г) для теплообмена и работы _____ ;
д) для энергии, теплоты и работы _____ .

- 1 - измеряется в Джоулях
2 - является одним из основных понятий термодинамики
3 - является свойством системы
4 - является процессом передачи энергии
5 - является направленной формой передачи энергии
6 - является хаотичной формой передачи энергии
7 - происходит на макро-уровне
8 - происходит на микро-уровне
9 - ее запас в природе постоянен.

Упражнение 8

Определите, какой из переходов (работа → теплота или теплота → работа) происходит в следующих процессах:

- а) растирание ладоней на морозе _____
б) зажигание спички о коробок _____
в) работа паровой машины _____
г) работа двигателя внутреннего сгорания _____

Приведите по два своих примера:

работа → теплота - _____
теплота → работа - _____

Если что можно доказать делом, то на это незачем тратить слова.

ЭЗОП

Упражнение 9

Среди приведенных ниже систем выберите и подчеркните те, которые могут рассматриваться с термодинамической точки зрения:

молекула воды, вода в колбе, океан, человеческий организм, 0,1 М раствор серной кислоты, Земля, ионы Na^+ и Cl^- в растворе поваренной соли, автомобиль, горящая древесина, стальная пружина, газ в закрытом сосуде, месторождение руды, ядро атома гелия.

Какие системы оказались подчеркнутыми?

Упражнение 10

Разделите перечисленные термодинамические системы на две группы. Каждую колонку в таблице дополните тремя собственными примерами:

раствор поваренной соли, песчано-гравийная смесь, подсолнечное масло, лесной воздух, сточные воды, эмульсия масла в воде, пепси-кола, сырая нефть, родниковая вода.

Термодинамическая система	
гомогенная	гетерогенная

В деле воспитания развитие навыков должно предшествовать развитию ума.

АРИСТОТЕЛЬ



Упражнение 11

Заполните таблицу:

Термодинамическая система	Количество фаз
раствор NaCl	
раствор NaCl в H ₂ O + пар H ₂ O	
насыщенный раствор NaCl в H ₂ O + кристаллы NaCl + пар H ₂ O	
насыщенный раствор NaCl в H ₂ O + пар H ₂ O + кристаллы NaCl + лед	
насыщенный раствор NaCl	3

Упражнение 12

Приведите примеры гетерогенных термодинамических систем, состоящих из следующих фаз:

твердая + жидкая _____

твердая + газообразная _____

жидкая + газообразная _____

жидкая + жидкая _____

твердая + твердая _____

Упражнение 13

Определите и запишите в таблицу, какое из пары понятий является системой, а какое — ее элементом:

человек — рука, сладкий чай — сахар, химическая формула — индекс, грифель — карандаш.

Система	Элемент системы

Впиши в таблицу названия других элементов, входящих в состав перечисленных систем.

Гни дерево, пока гнется; учи дитяшко, пока слушается.

РУССКАЯ ПОСЛОВИЦА



Упражнение 14

Вычеркните те характеристики, которые не важны при термодинамическом рассмотрении системы:

температура, цвет, вкус, объем, фазовый состав, внутренняя энергия, плотность, скорость движения, размер, масса, форма, кинетическая энергия системы, площадь поверхности, давление.

Упражнение 15

Разделите предложенные системы на группы по характеру взаимодействия с окружающей средой. Каждую группу дополните своими примерами:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 - человеческий организм | 5 - капающий водопроводный кран |
| 2 - Земной шар | 6 - растение |
| 3 - газ в закрытом сосуде | 7 - движущийся автомобиль |
| 4 - химическая реакция в растворе | |

<i>открытая система</i>	<i>закрытая система</i>

Не пренебрегай врагами: они первыми замечают твои погрешности.

АНТИСФЕН



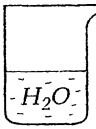
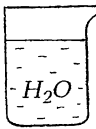
Упражнение 16

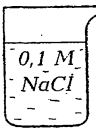
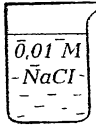
Из перечисленных процессов выберите и подчеркните те, которые относятся к термодинамическим:

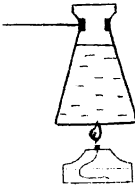
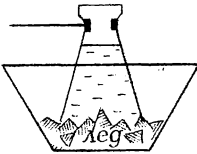
испарение воды, расширение газа, разрезание бумаги, горение метана, заваривание чая, падение камня на землю, нагревание пробирки, окисление металла, выпадение снега.

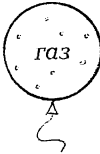
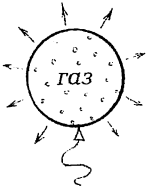
Упражнение 17

Определите и запишите, каким термодинамическим параметром отличаются системы:

а)  и  _____

б)  и  _____

в)  и  _____

г)  и  _____

Упражнение 18

Разделите перечисленные процессы на две группы. Укажите критерий классификации:

испарение, нагревание, сжатие, конденсация, сублимация, охлаждение, десублимация, плавление, расширение, отвердевание.

Группа №1 _____

Группа №2 _____

Критерий - _____

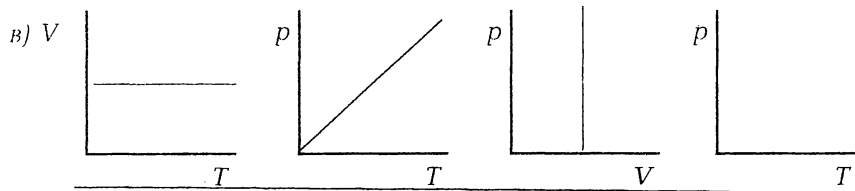
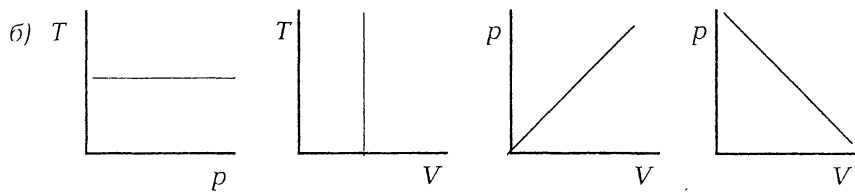
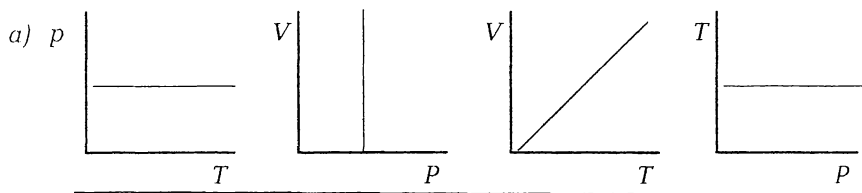
*Мы радуемся, постигая истину. Если же радости нет,
это означает, что мы только знакомы с истиной,
но не сумели постичь.*

Р. ТАГОР



Упражнение 19

В каждом ряду вычеркните один «лишний» процесс, то есть тот, который выпадает из общего ряда по определенному признаку (признак укажите):



Упражнение 20

Распределите перечисленные ниже явления между колонками таблицы, дополните их двумя собственными примерами:

нагревание воды, варка яйца, растворение сахара в кофе, подъем по лестнице, сжатие газа поршнем, окраска стен, чтение книги, горение спички, таяние льда, ржавление железа.

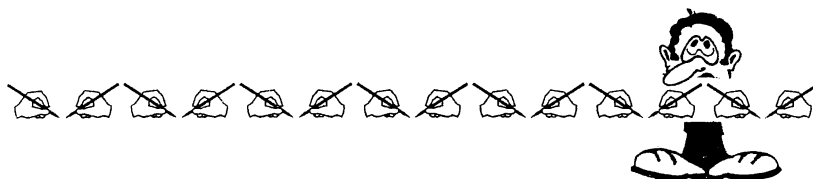
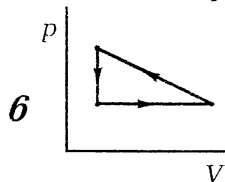
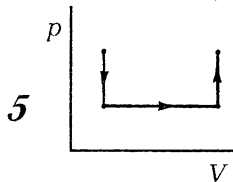
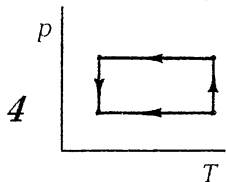
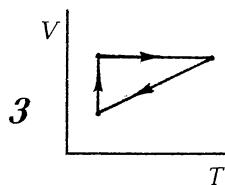
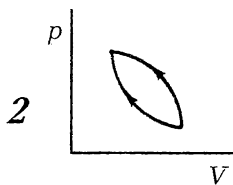
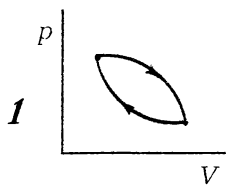
Обратимые процессы	Необратимые процессы

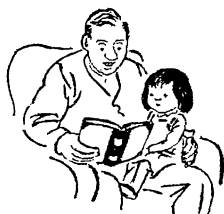
Не страшно делать медленно, страшно ничего не делать.
РУССКАЯ ПОСЛОВИЦА

Упражнение 21

Выбери номера графиков, на которых изображены:

- а) циклические процессы — _____ ;
б) нециклические процессы — _____ .





Глава 2

Законы термодинамики



Закон сохранения энергии - энергия не создается и не разрушается; при всех процессах и явлениях суммарная энергия всех частей материальной системы, участвующих в данном процессе, не увеличивается и не уменьшается, оставаясь постоянной.

Первый закон термодинамики -

- прирост внутренней энергии при бесконечно малых изменениях параметров состояния системы есть полный дифференциал функции состояния;
- вечный двигатель первого рода невозможен, так как невозможно создать такую машину, которая производила бы работу без подведения энергии извне.

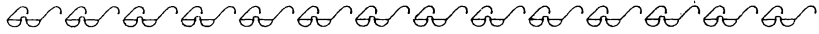
Второй закон термодинамики -

- единственным результатом любой совокупности процессов не может быть переход теплоты от менее нагретого тела к более нагретому (Клаузиус);
- единственным результатом любой совокупности процессов не может быть превращение теплоты в работу (Томсон, Кельвин);
- невозможно построить периодически действующую тепловую машину, вся деятельность которой сводилась бы к производству механической работы и соответствующему охлаждению резервуара (Планк, Кельвин).

Третий закон термодинамики -

энтропия индивидуального кристаллического вещества при абсолютном нуле равна нулю:

$$S_0 = 0.$$





Упражнение 1

Разделите приведенные виды энергии на две группы, укажите критерий классификации:

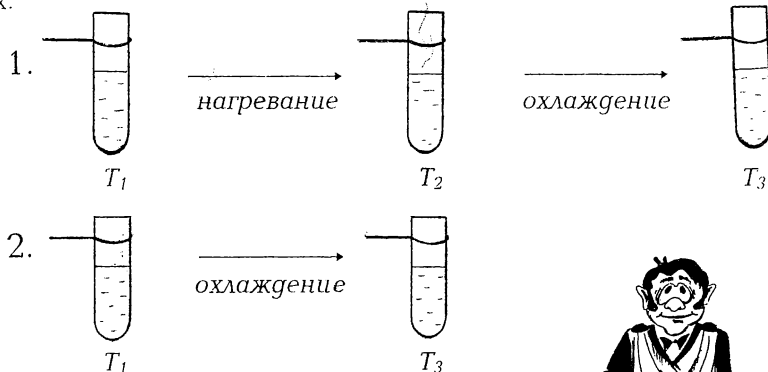
- 1 – энергия поступательного движения молекул
- 2 – кинетическая энергия тела
- 3 – энергия колебательного движения атомов, групп атомов
- 4 – энергия ядер атомов, электронов
- 5 – потенциальная энергия тела
- 6 – энергия взаимодействия ядра и электронов

Группа №1 _____
критерий _____

Группа №2 _____
критерий _____

Упражнение 2

Сравните величину изменения внутренней энергии в 1 и 2 процессах:



$$\Delta U_1 \underline{\hspace{1cm}} \Delta U_2.$$

(<, >, =)



Впечатление от десяти изречений, подействовавших на ум, легче изгладить, чем впечатление от одного, подействовавшего на сердце.

Г. ЛИХТЕНБЕРГ

Упражнение 3

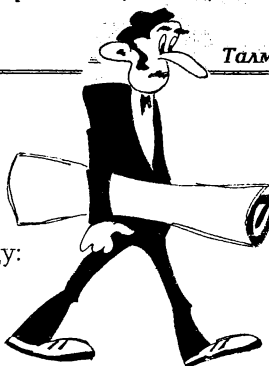
По первому закону термодинамики изменение внутренней энергии не зависит от пути проведения процесса, а зависит только от начального и конечного состояний системы.

Проанализируем: чтобы подняться на 9 этаж дома, Вы можете воспользоваться лифтом или подняться по лестнице. Очевидно, что при этом затраты Вашей внутренней энергии будут различны.

Является ли приведенный пример нарушением первого закона термодинамики?

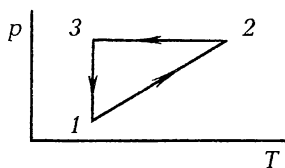
Не тот умен, кто умеет отличать добро от зла, а тот, кто из двух зол умеет выбирать меньшее.

Талмуг



Упражнение 4

Пользуясь графиком, заполните таблицу:

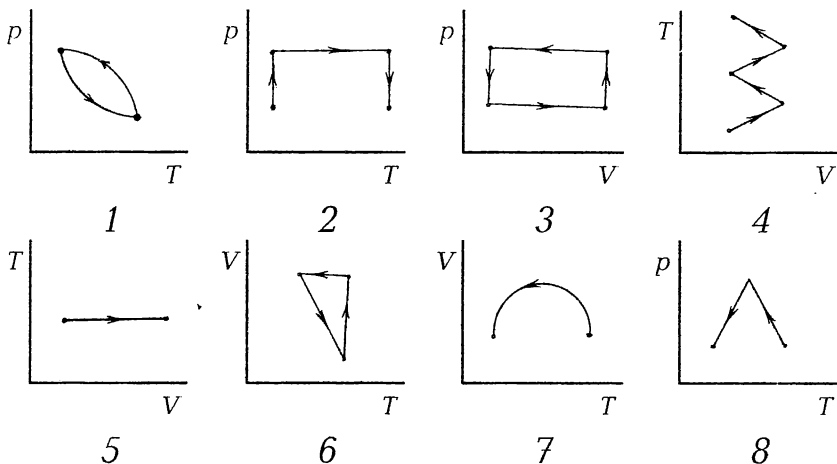


Стадия	Название процесса	Формула I закона термодинамики для данного процесса
1→2		
2→3		
3→1		

Упражнение 5

Из изображенных на графиках процессов выберите и выпишите номера тех, для которых:

- а) $\Delta U = 0$ _____ ;
 б) $\Delta U < 0$ _____ ;
 в) $\Delta U > 0$ _____ .



Упражнение 6

Используя знания по термохимии, объясните, почему:

1) после тяжелой физической или умственной работы хочется есть -

_____ ;

2) зимой калорийность потребляемой человеком пищи должна быть больше, чем летом -

_____ ;

3) человеку, желающему похудеть, советуют поменьше есть и побольше двигаться -

_____ .

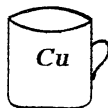
Книга - это зеркало. И если в него смотрится обезьяна, то из него не может выглянуть лик апостола.



Г. ЛИХТЕНБЕРГ

Упражнение 7

Какую из этих кружек Вы выберете для того, чтобы пить горячий чай и не обжечься? _____



Вам будет легче ответить на вопрос, если Вы заполните справочными данными следующую таблицу:

	<i>Fe</i>	<i>Al</i>	<i>Cu</i>
<i>тепло-проводность</i>			

Упражнение 8

Из приведенных соединений выберите те, для которых:

а) теплота образования равна нулю -

_____ ;

б) теплота сгорания равна нулю -

_____ ;

NO , O_2 , CO_2 , $S_{\text{мон.}}$, $C_{\text{(графит)}}$, He , $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$, CH_4 , H_2 , $H_2O_{\text{(ж)}}$, CO , N_2 , NO_2 , $S_{\text{ромб.}}$, $C_{\text{(алмаз)}}$, $H_2O_{\text{(пар)}}$, C_2H_2 , *n*-бутан, Fe , NH_3 , $CuSO_4$, CH_3Cl .

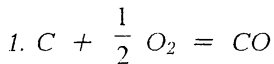
*Кто очень любит себя,
того не очень любят другие, потому что
из деликатности не хотят быть его соперниками.*

В.О.КЛЮЧЕВСКИЙ

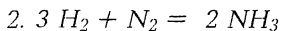


Упражнение 9

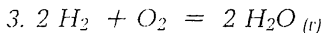
Запишите соотношение между значениями тепловых эффектов \bar{Q}_p и \bar{Q}_v ($<$, $>$, $=$) для следующих реакций:



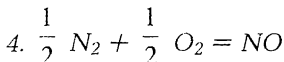
\bar{Q}_p _____ \bar{Q}_v



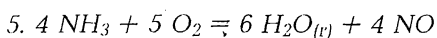
\bar{Q}_p _____ \bar{Q}_v



\bar{Q}_p _____ \bar{Q}_v



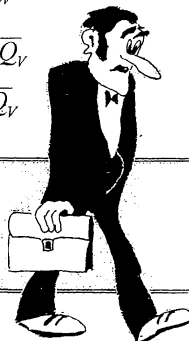
\bar{Q}_p _____ \bar{Q}_v



\bar{Q}_p _____ \bar{Q}_v

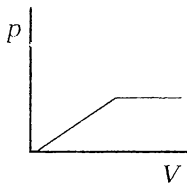
*Несомненный признак истинной науки -
сознание ничтожности того, что знаешь,
в сравнении с тем, что раскрывается.*

А.Н. ТОЛСТОЙ

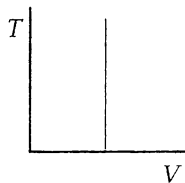


Упражнение 10

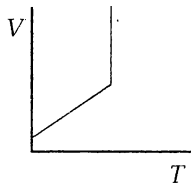
Энтальпию иногда не совсем правильно называют теплосодержанием. Из приведенных на графиках термодинамических процессов выберите и обведите номера тех, для которых изменение энтальпии будет равно теплоте процесса:



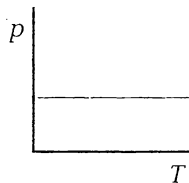
1



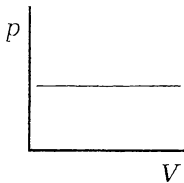
2



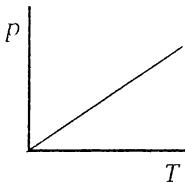
3



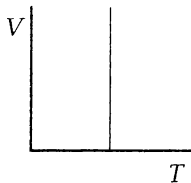
4



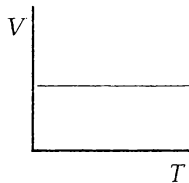
5



6



7



8

Упражнение 11

Вычеркните из приведенного списка системы, в отношении которых нельзя применять второй закон термодинамики о протекании самопроизвольных процессов в сторону увеличения энтропии системы:

человеческий организм, Вселенная, рудное месторождение, газ в закрытом адиабатически изолированном сосуде, химическая реакция в растворе, планета Земля, растительная клетка.

В раю больше запретов, чем в аду.

ЕВРЕЙСКАЯ ПОСЛОВИЦА



Упражнение 12

В каждом ряду выберите и обведите систему, абсолютная энтропия которой больше:

- 1) $H_2O_{\text{пар}}$ --- $H_2O_{\text{лег}}$ --- $H_2O_{\text{ж}}$ ($T, p, n_B = \text{const}$)
- 2) 1 моль $NaCl$ --- 10 моль $NaCl$ ($T, p, = \text{const}$)
- 3) H_2O при $40^\circ C$ --- H_2O при $20^\circ C$ ($p, n_B = \text{const}$)
- 4) $O_2_{\text{газ}}$ при $p = 1 \text{ атм.}$ --- $O_2_{\text{газ}}$ при $p = 3 \text{ атм.}$ ($T, n_B = \text{const}$)
- 5) алмаз --- графит ($T, p, n_B = \text{const}$)
- 6) n - бутан $_{(\text{газ})}$ --- изо- бутан $_{(\text{газ})}$ ($T, p, n_B = \text{const}$)
- 7) $H_2O_{(\text{ж})}$ --- $D_2O_{(\text{ж})}$ --- $T_2O_{(\text{ж})}$ ($T, p, n_B = \text{const}$)
- 8) $S_{\text{мон.}}$ --- $S_{\text{ромб.}}$ ($T, p, n_B = \text{const}$)

Вывод - абсолютное значение энтропии зависит от

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____

Упражнение 13

Предскажите знак изменения энтропии системы в ходе следующих химических реакций:

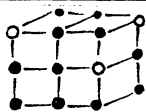
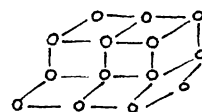
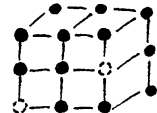
- | | |
|---|---|
| 1. $CO_2 (r) + C_{(mv)} = 2 CO_{(r)}$ | ΔS _____ (<0 , >0 , $=0$) |
| 2. $2 Al_{(mv)} + 3 Cl_2 (r) = 2 AlCl_3 (mv)$ | ΔS _____ |
| 3. $C_{(mv)} + O_2 (r) = CO_2 (r)$ | ΔS _____ |
| 4. $3 Fe_{(mv)} + 2 O_2 (r) = Fe_3O_4 (mv)$ | ΔS _____ |
| 5. $2 S_{(mv)} + 3 O_2 (r) = 2 SO_3 (r)$ | ΔS _____ |
| 6. $C_{(mv)} + H_2O_{(r)} = CO_{(r)} + H_2 (r)$ | ΔS _____ |



Кто не понимает ничего, кроме химии, тот и ее понимает недостаточно.
Г. ЛИХТЕНБЕРГ

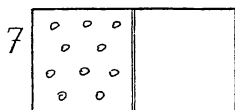
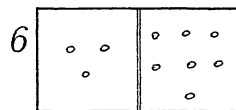
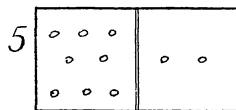
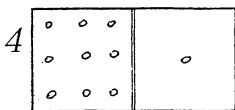
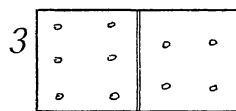
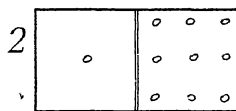
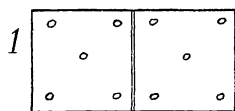
Упражнение 14

Впишите в таблицу названия структурных дефектов, которым соответствуют приведенные схематические изображения:

	Название дефекта	Схематическое изображение
1		
2		
3		

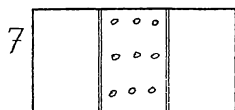
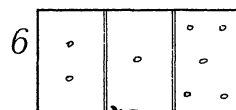
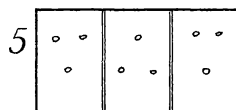
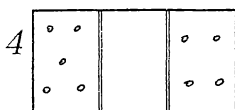
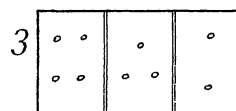
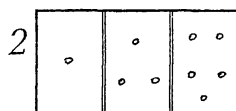
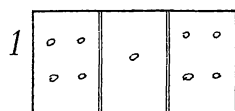
Упражнение 15

Расставьте номера приведенных вариантов распределения частиц по ячейкам в порядке увеличения их термодинамической вероятности:



Упражнение 16

Расставьте номера приведенных вариантов распределения частиц по ячейкам в порядке увеличения энтропии системы:





Люди труднее всего прощают нам то плохое, что они о нас сказали.
А. МОРУА

Упражнение 17

Изобразите все возможные варианты распределения восьми горошин по трем ячейкам в порядке увеличения термодинамической вероятности:

*Быть щедрым -
значит давать больше,
чем ты можешь;
быть гордым -
значит брать меньше,
чем тебе нужно.*

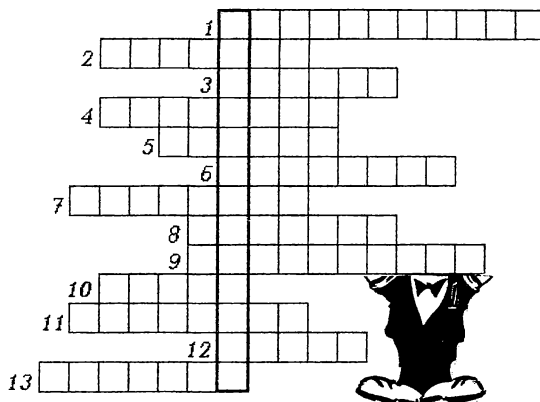
Д. ДЖЕБРАН

Упражнение 18

Заполните пропущенные клетки в таблице:

<i>Название закона</i>	<i>Словесная формулировка закона</i>	<i>Математическое выражение закона</i>	<i>К каким системам применяется</i>
	- энергия не создается и не разрушается; суммарная энергия всех частей системы остается постоянной.		
<i>I закон термодинамики</i>			
		$S_0 \text{ идеальн.} = 0$	
			<i>только для изолированных систем</i>

Кроссворд «Термодинамика»



1. У здорового человека – $36,6^{\circ}$.
2. Бывает учебный, судебный и термодинамический.
3. «Была бы охота – наладится всякая ...» (русская пословица).
4. Отбрось первую половину этого термодинамического понятия – останется мера глины.
5. Этим ученым можно измерить любую проделанную работу.
«Работа – это изменение формы ...» Ф. Энгельс.
6. Этот человек первым придумал называть энергию энергией.
7. Ее хранят и передают строго в соответствии с законом.
8. Очень трудно удержать, идя по скользкой дороге.
9. У желудка максимальный ... равен 3 литрам.
10. Его изменения сказываются на самочувствии человека.
11. ... достиг больших вершин в работе тепловых машин.
12. Ее можно получить, приложив руки к горячей печке.

Мало на свете пороков, которые больше мешают человеку обрести многочисленных друзей, чем слишком большие достоинства.

Н. ШАМФОР



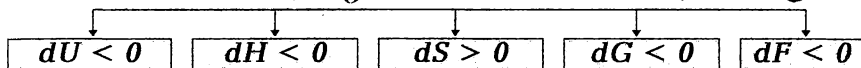


Глава 3

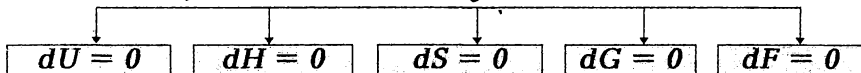
Характеристические функции

<u>Внутренняя энергия</u>	<u>Энтальпия</u>	<u>Энтропия</u>	<u>Энергия Гиббса</u>	<u>Энергия Гельмгольца</u>
U	$H = U + pV$	S	$G = H - TS$	$F = U - TS$
сумма потенциальной энергии взаимодействия всех частиц тела между собой и кинетической энергии их движения	общий запас энергии системы	термодинамическая функция состояния системы, дифференциал которой в элементарном обратимом процессе равен $dS = \delta Q/T$	свободная энергия системы, идущая на совершение полезной работы при	свободная энергия системы, идущая на совершение полезной работы при
$V, S = \text{const}$	$p, S = \text{const}$	$U, V = \text{const}$	$p, T = \text{const}$	$V, T = \text{const}$

Критерии самопроизвольного протекания процесса



Равновесное состояние системы



Связь с термодинамическими параметрами системы

$dU = TdS - PdV$	$dH = TdS + VdP$	$dG = -SdT + VdP$	$dF = -PdV - SdT$
------------------	------------------	-------------------	-------------------

Уравнения Максвелла

$$\begin{array}{llll}
 \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T & \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_p = T & \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S & \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = -p \\
 \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = -p & \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S = V & \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V & \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -S
 \end{array}$$



Упражнение 1

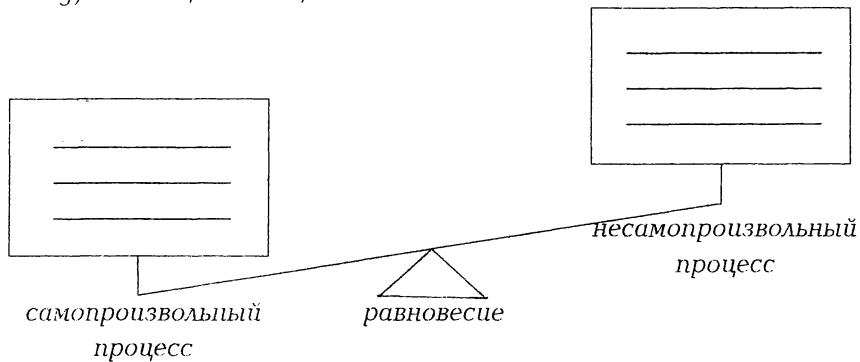
О некоторой химической реакции «X» известно, что в результате ее самопроизвольного протекания энтропия системы уменьшилась. Какие из приведенных ниже химических реакций могут скрываться под именем «X»? _____

1. $C_2H_6 = C_2H_4 + H_2 - 32,732 \text{ ккал}$
2. $H_2 + \frac{1}{2} O_2 = H_2O_{(ж)} + 68,317 \text{ ккал}$
3. $CH_4 = 2 H_2 + C_{(мин)} - 16 \text{ ккал}$
4. $CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2 H_2O_{(ж)} + 212,79 \text{ ккал}$
5. $2 Fe + \frac{3}{2} O_2 = Fe_2O_3 + 196,2 \text{ ккал}$
6. $2 H_2O_{(г)} + CO_2 = CH_3OH_{(г)} + \frac{3}{2} O_2 - 173,7 \text{ ккал}$

Упражнение 2

Распределите между двумя чашами весов и положением равновесия следующие равенства и неравенства:

- a) $\Delta S = 0, \Delta S > 0, \Delta S < 0;$
- б) $\Delta H = 0, \Delta H > 0, \Delta H < 0;$
- в) $\Delta U = 0, \Delta U > 0, \Delta U < 0;$
- г) $\Delta F = 0, \Delta F > 0, \Delta F < 0;$
- г) $\Delta G = 0, \Delta G > 0, \Delta G < 0.$



Упражнение 3

В каждом ряду вычеркните лишнее понятие, которое не образует с остальными однородную группу. Обоснуйте свой выбор.

- а) A, Q, U - _____
б) U, H, S - _____
в) $C_p, d\Delta H, dT, d\Delta U$ - _____
г) $S, \delta Q, \delta A, T$ - _____
г) H, G, F, μ_i - _____

Упражнение 4

Обобщите данные понятия:

- а) U, F, H, G, S - это _____ ;
б) U, T, P, V - это _____ , так как они зависят от _____ и не зависят от пути проведения процесса;
в) T, P, V - это _____ ;
г) Работа, теплообмен - это _____ .

Упражнение 5

Составьте формулы, отражающие взаимосвязь следующих величин (вместо пропусков поставьте недостающие для составления формулы величины):

- 1) теплоемкость $C, \delta Q, \underline{\hspace{1cm}}$ - _____ ;
2) $dU, \delta A, \underline{\hspace{1cm}}$ - _____ ;
3) $F, U, \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}$ - _____ ;
4) _____ , $H, T, \underline{\hspace{1cm}}$ - _____ .



Мудрый человек всегда встает на сторону тех, кто на него нападает. Он больше, чем они, заинтересован найти в себе слабое место.

Р. ЭМЕРСОН



Упражнение б

Разделите указанные понятия на три группы, две группы, укажите критерий классификации:

T, p, V, U, G, F, H, S, A, Q

I классификация (на три группы): II классификация (на две груп-

группа №1: _____

группа №2: _____

группа №3 _____

критерий классификации

пы):

группа №1: _____

группа №2: _____

критерий классификации



Глава 4

Фазовые превращения индивидуальных веществ



Фазовые переходы I рода



Уравнение Клапейрона - Клаузиуса

$$\lambda = T \frac{dp}{dT} (V_2 - V_1) = T \frac{dp}{dT} \Delta V$$





Упражнение 1

Заполните пустые клетки таблицы. К приведенным примерам добавьте свои.

Название фазового перехода	Схематичное изображение	Пример
Парообразование		
		возгонка йода
Десублимация		

Упражнение 2

Из перечисленных характеристик закрытой термодинамической системы выпишите те, которые в процессе фазового перехода I рода

а) обязательно изменяются: _____ ;

б) изменяются в некоторых случаях: _____ ;

в) остаются неизменными: _____ .

масса, объем, цвет, плотность, агрегатное состояние, вкус, химические свойства, свободная энергия Гиббса, температура, внутренняя энергия, энтропия, свободная энергия Гельмгольца.

Упражнение 3

Разделите перечисленные ниже вещества на 3 группы в зависимости от их агрегатного состояния при данных условиях (названия веществ замените формулами):

Агрегатное состояние / Условия	<i>твёрдое</i>	<i>жидкое</i>	<i>газообразное</i>
<i>Нормальные</i> $T = \underline{\hspace{2cm}}$ $p = \underline{\hspace{2cm}}$			
$T = 233\text{ K}$ $p = 1\text{ атм.}$			
$T = 473\text{ K}$ $p = 1\text{ атм.}$			

вода

натриевая селитра

н-бутан

ртуть

поваренная соль

алюминий

этиловый спирт

ацетон

кислород

пищевая сода

сера

аммиак

азот

уксусная кислота

хлорид аммония

фенол

муравьиная кислота

гелий

Упражнение 4

Укажите стрелкой направление смещения равновесия при повышении давления для систем (все равновесия рассматриваются при температуре данного фазового перехода):

- а) водяной пар — вода
- б) кристаллы йода — пары йода
- в) расплав чугуна — твердый чугун
- г) лед — вода
- д) жидкий фенол — твердый фенол
- е) жидкая уксусная кислота — пары уксусной кислоты
- ж) твердый таллий — расплав таллия
- з) пары этилового спирта — жидкий спирт
- и) твердый алюминий — расплав алюминия

Упражнение 5

Запишите приведенные ниже природные процессы в клетки таблицы таким образом, чтобы им соответствовали внешние условия (Т и р), облегчающие их протекание:

замерзание воды, таяние льда, высыхание луж, выпадение росы, образование тумана, испарение влаги с поверхности океана.

Давление \ Температура	Высокое	Низкое
	Высокая	
Низкая		



Сколько же есть вещей, без которых можно жить !

СОКРАТ

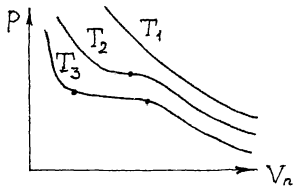


Упражнение 6

Подчеркните названия фазовых переходов 1 рода, которые сопровождаются увеличением энтропии вещества:

плавление льда, испарение жидкого цинка, сжижение азота, затвердевание фенола, переход белого фосфора в красный, возгонка йода, замерзание воды, испарение уксусной кислоты, переход ромбической серы в моноклинную.

Упражнение 7



На графике показаны зависимости удельного объема вещества от давления для различных температур.

Определите соотношение между температурами T_1, T_2, T_3 ,

если область значений p - V - T , отраженная на графике, охватывает условия, в которых вещество может находиться:

а) в жидком и газообразном состояниях:

$$T_1 \text{ _____ } T_2 \text{ _____ } T_3$$

б) в газообразном и твердом состоянии (минуя жидкое):

$$T_1 \text{ _____ } T_2 \text{ _____ } T_3$$

Какую из температур (T_1, T_2, T_3) считают критической (и почему)? _____

Упражнение 8

Определите, в каком соотношении находятся мольные изобарные потенциалы воды ($G_{\text{воды}}$) и находящегося в воздухе водяного пара ($G_{\text{пара}}$) при следующих атмосферных условиях:

1) $t = 20^\circ\text{C}$, отн. влажность воздуха 65% - $G_{\text{воды}} \text{ _____ } G_{\text{пара}}$
(<, >, =)

2) $t = 20^\circ\text{C}$, отн. влажность воздуха 110% - $G_{\text{воды}} \text{ _____ } G_{\text{пара}}$
(<, >, =)

3) $t = 10^\circ\text{C}$, отн. влажность воздуха 100% - $G_{\text{воды}} \text{ _____ } G_{\text{пара}}$
(<, >, =)

*Никогда не считай счастливым того,
кто зависит от счастливой случайности.*

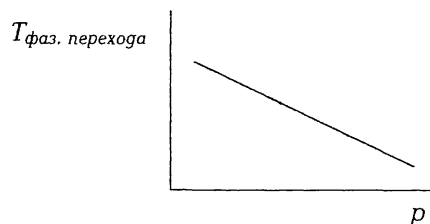
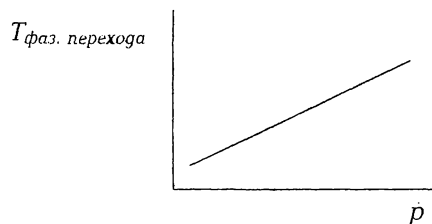
СЕНЕКА

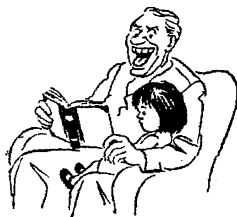


Упражнение 9

Как зависит температура следующих фазовых переходов от давления? Подпишите название процессов с соответствующими графиками.

испарение воды, плавление чугуна, затвердевание таллия, плавление фенола, возгонка йода, испарение уксусной кислоты, конденсация влаги, сжижение азота.

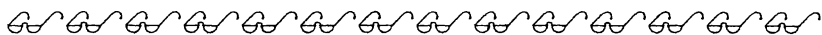




Глава 5

Термодинамика растворов

1. Общие сведения о растворах



Растворы –

гомогенные системы переменного состава, состоящие как минимум из двух компонентов.

Истинный раствор – однородный раствор, в котором одно вещество распределено в среде другого в виде молекул или ионов.

Коллоидный раствор – неоднородный, микрогетерогенный раствор, частицы которого образованы большим числом молекул.

Компоненты раствора – вещества, составляющие раствор.

Растворитель

компонент, содержащийся в растворе в большем объеме, чем остальные.

Растворенные вещества –

все компоненты раствора, кроме растворителя.

Способы выражения концентрации растворов

Массовая доля растворенного вещества В - равна отношению массы растворенного вещества В (m_B) к массе раствора (m_p).

$$\omega_i = \frac{m_B}{m_p}$$

Молярная доля растворенного вещества В - равна отношению количества этого вещества (n_B) к суммарному количеству всех веществ, входящих в состав раствора, включая растворитель.

$$x_B = \frac{n_B}{\sum n_i}$$

Объемная доля растворенного вещества В - равна отношению объема растворенного вещества (V_B) к объему всего раствора (V_p)

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V_p}$$

Молярная концентрация вещества В - отношение количества растворенного вещества В к объему раствора V_p , моль/ m^3 , моль/л:

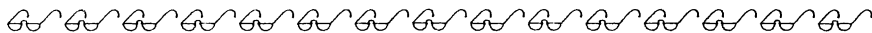
$$C_B = \frac{n_B}{V_p} = \frac{m_B}{M_B V_p}$$

Молярная концентрация эквивалентов - отношение количества эквивалентов вещества В $n_{эк}(B)$ к объему раствора V_p , моль/ m^3 , моль/л:

$$C_{эк}(B) = \frac{n_{эк}(B)}{V_p} = \frac{m_B z_B}{M_B V_p}$$

Моляльность вещества В в растворе - отношение количества растворенного вещества В к массе растворителя m_s , моль/кг.

$$C_m(B) = \frac{n_B}{m_s}$$





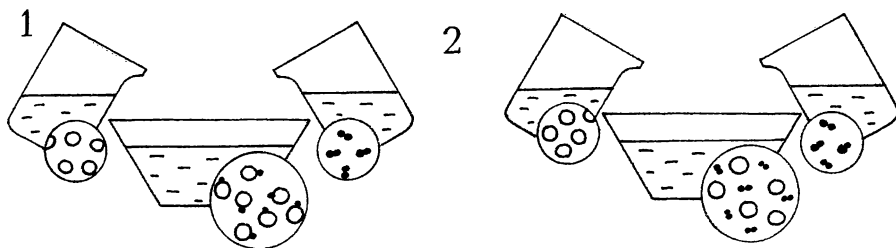
Упражнение 1

Подчеркните одной чертой неоднородные смеси, двумя чертами - однородные смеси:

воздух, молоко, дистиллированная вода, абсолютированный спирт, водопроводная вода, чай, капли масла в воде, мыльные пузыри, взвесь сажу в воздухе, пепси-кола, азото-водородная смесь.

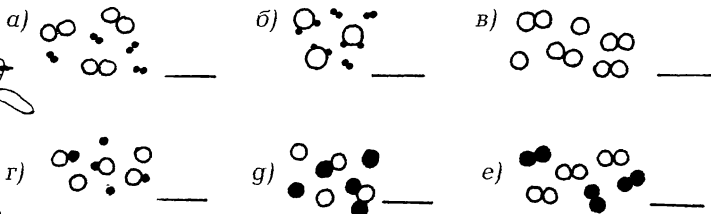
Упражнение 2

Обведите номер рисунка, на котором изображен процесс образования раствора, не сопровождающийся химической реакцией:



Упражнение 3

Определите и запишите, сколько компонентов входит в состав следующих растворов:



*Если хочешь, чтобы у тебя было
мало времени, то ничего не делай.*

А.П. ЧЕХОВ

Упражнение 4

Соедините прямой линией соответствующие строки двух колонок:

<i>агрегатное состояние компонентов раствора</i>	<i>пример раствора</i>
<i>тв + тв</i>	<i>газированная вода</i>
<i>тв + ж</i>	<i>воздух</i>
<i>тв + газ</i>	<i>минеральная вода</i>
<i>ж + ж</i>	<i>столовый уксус</i>
<i>ж + газ</i>	<i>сталь</i>
<i>газ + газ</i>	<i>взвесь пыли в воздухе</i>

Упражнение 5

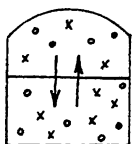
В каждом ряду подчеркните вещество – растворитель:

- 1) вода - сахар - смесь сахара с водой ;
- 2) сталь - железо - марганец - вольфрам;
- 3) кислород - азот - воздух - водяной пар - углекислый газ;
- 4) бордоская жидкость - сульфат меди (II) - гидроксид кальция
- вода.

Упражнение 6

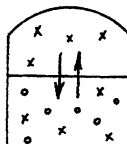
Обведите номер рисунка, который соответствует раствору летучего вещества:

1

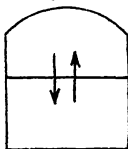


- растворенное вещество
- растворитель

2



Закончите схему, соответствующую чистому растворителю:



Упражнение 7

В каждом из перечисленных ниже растворов определите компонент – растворитель и растворенные вещества:

<i>раствор</i>	<i>растворитель</i>	<i>растворенные вещества</i>
нашатырный спирт		
бытовой уксус		
легированная сталь		
морская вода		
концентрированная серная кислота		
известковое молоко		
разбавленная азотная кислота		
бордоская жидкость		
олеум		

Упражнение 8

Разделите перечисленные ниже растворы на несколько групп:

воздух, бронза, минеральная вода, раствор поваренной соли, нашатырный спирт, раствор перманганата калия, азото–водородная смесь, латунь

а) по агрегатному состоянию раствора:


б) по агрегатному состоянию растворителя:


в) по агрегатному состоянию растворенного вещества


Упражнение 9

Расположите номера сосудов в порядке возрастания молярных концентраций растворов (внизу сосуда указан объем раствора):

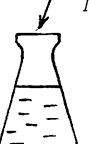
а)


1  1 литр


2  500 мл

3  1 дм^3


б)


1  1 литр


2  10^{-3} м^3

3  1000 мл

в)

1  1 литр

2  0,5 литра

3  1 литр



Женская догадка обладает большей точностью, чем мужская уверенность.

Р. КИПЛИНГ




Упражнение 10

Расположите номера сосудов в порядке убывания молярной концентрации эквивалента растворов (внизу сосуда указан объем раствора):

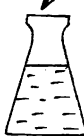
а)

1 моль
NaCl



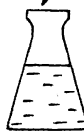
1000 см³

2 моль
CuCl₂



1000 мл

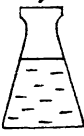
3 моль
AlCl₃



1 гм³


б)

100 г
NaCl



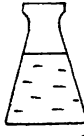
10³ мл

100 г
Na₂CO₃



1,5 литра

100 г
NaHCO₃



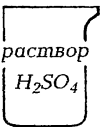
0,5 · 10³ см³

Упражнение 11


Выберите номера рисунков, для которых:

- 1) $C_B = C_M(B) \neq C_{ЭК}(B)$ _____
- 2) $C_B = C_M(B) = C_{ЭК}(B)$ _____
- 3) $C_B = C_{ЭК}(B) \neq C_M(B)$ _____
- 4) $C_B \neq C_M(B) \neq C_{ЭК}(B)$ _____

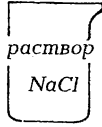
1



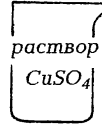
2



3



4



Если не в деньгах счастье, то отдайте их соседу.

Ж. РЕНАР



Упражнение 12

Определите соотношения ($>$, $<$, $=$, \geq , \leq) между молярной концентрацией и молярной концентрацией эквивалентов для следующих растворов:

- а) раствор поваренной соли C_B _____ $C_{ЭК}(B)$
б) раствор серной кислоты C_B _____ $C_{ЭК}(B)$
в) раствор фосфорной кислоты C_B _____ $C_{ЭК}(B)$
г) раствор соляной кислоты C_B _____ $C_{ЭК}(B)$.

В каком случае молярная концентрация и молярная концентрация эквивалентов равны между собой?

В каком случае равенство молярной концентрации и молярной концентрации эквивалентов не наблюдается?

Мудр не тот, кто знает много, а тот, чьи знания полезны.

ЭСХИЛ



Упражнение 13

Заполните таблицу:

Название вещества	Химическая формула	M , г	m , г	n_B , моль	V_B , л	C_B , моль/л	$C_{ЭК}(B)$, моль/л
хлорид натрия			200		10		
	Na_2CO_3			1		10^{-3}	
бикарбонат натрия			10		1		
	NH_4HSO_4			10			0,1
					20	0,1	0,1
					10^{-3}	0,05	0,1

Упражнение 14

Заполните таблицу:

Название вещества	Химическая формула	M , г	$m_{в}$, г	ν , моль	$V_{р}$, л	$\rho_{р-ра}$, г/м ³	m , г	C_m , моль/л	$C_{эк}(B)$, моль/л	$C_m(B)$, моль/кг
калиевая селитра				2		1	$5 \cdot 10^2$			
	H_2SO_4		98		1					
натрий двууглекислый				3	2	1.01				
	$CaCl_2$					1	10^4	0.05		
	NH_4Cl			1	5					

Упражнение 15

Определите массовую долю вещества в растворе, полученном после сливания веществ из 1 и 2 стаканов (плотность растворов считать равной единице):

а)

H_2O 50 мл

20 г $NaCl$

$W_{р-ра} = \underline{\hspace{2cm}}$

б)

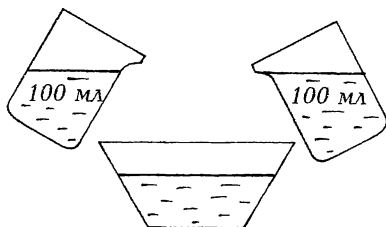
$\omega_1 = 4\%$ 100 мл

200 мл $\omega_{II} = 8\%$

$W_{р-ра} = \underline{\hspace{2cm}}$

В)

$\omega_{(NaCl)} = 8\%$

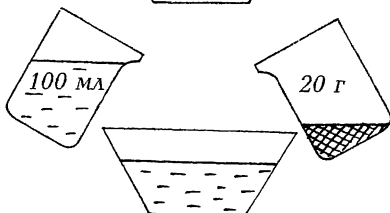


H_2O

$\omega_{p-pa} = \underline{\hspace{2cm}}$

Г)

$\omega_{(NaCl)} = 8\%$



$NaCl$

$\omega_{p-pa} = \underline{\hspace{2cm}}$

Сделайте вывод, какими способами можно приготовить раствор определенной концентрации:

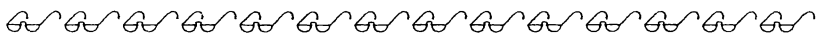
- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____



Свойство мудрого человека состоит в трех вещах: первое - делать самому то, что он советует делать другим, второе - никогда не поступать против справедливости и третье - терпеливо переносить слабости людей, окружающих его.

А.Н. ТОЛСТОЙ

2. Химические потенциалы растворов. Уравнение Гиббса - Дюгема



Химический потенциал - это прирост изохорного (при постоянном объеме) или изобарного (при постоянном давлении) потенциалов при добавлении одного моля какого-либо компонента к бесконечно большому количеству раствора, находящемуся при постоянных температуре и количествах всех других компонентов раствора.

$$\mu_i = \left(\frac{\partial F}{\partial n_i} \right)_{V, T, n_j} = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{P, T, n_j} = \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{V, S, n_j} = \left(\frac{\partial H}{\partial n_i} \right)_{P, S, n_j}$$

Уравнение Гиббса - Дюгема -

$$d\mu_2 = - \frac{n_1}{n_2} d\mu_1,$$

При достижении процессом равновесия алгебраическая сумма произведения химического потенциала компонентов на изменение их числа молей равна нулю

$$\sum \mu_i dn_i = 0 ;$$

Для самопроизвольно протекающих процессов алгебраическая сумма произведений химического потенциала компонентов на изменение числа их молей меньше нуля

$$\sum \mu_i dn_i < 0.$$



По течению только дохлая рыба плавает.

РУССКАЯ ПОСЛОВИЦА



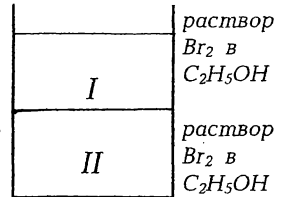
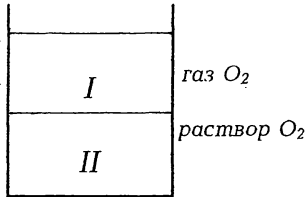
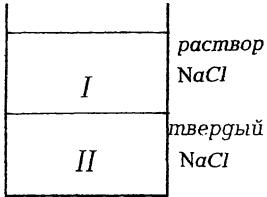
Упражнение 16

Укажите стрелками направление самопроизвольного перехода компонентов между фазами.

1) $\mu_I < \mu_{II}$

2) $\mu_I > \mu_{II}$

3) $\mu_I = \mu_{II}$



Какой из растворов является:

насыщенным _____ ;

ненасыщенным _____ ;

пересыщенным _____ .

Упражнение 17

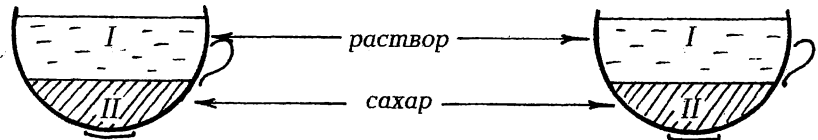
Используя знания о химических потенциалах, укажите стрелками направление перехода компонента между двумя фазами.

а) недостаток сахара

б) избыток сахара

$$\mu_I \begin{matrix} \text{---} \\ \{ <, >, = \} \end{matrix} \mu_{II}$$

$$\mu_I \begin{matrix} \text{---} \\ \{ <, >, = \} \end{matrix} \mu_{II}$$



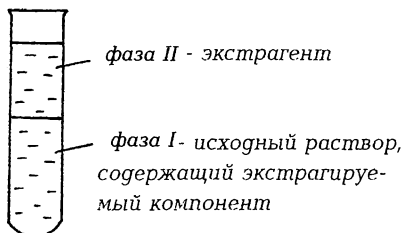
Как счастливо жил бы каждый, если бы он заботился о делах других людей столь же мало, как и о своих собственных!

Г. ЛИХТЕНБЕРГ



Упражнение 18

Процесс перераспределения компонентов между фазами лежит в основе разделения веществ методом экстракции:



а) определите, каково должно быть соотношение между химическими потенциалами экстрагируемого вещества в I и II фазах при экстракции

$$\mu_I \underline{\hspace{2cm}} \mu_{II};$$

(<, >, =)

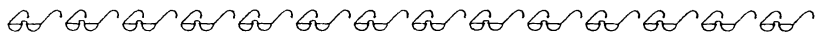
б) будет ли увеличиваться степень извлечения компонента при повторной экстракции? _____



Есть ли больший недостаток, чем подмечать чужие недостатки?

Д. ДЖЕБРАН

3. Давление насыщенного пара. Закон Рауля. Закон Генри



Насыщенный пар - пар, находящийся в равновесии с жидкостью при данных температуре и давлении.

Давление насыщенного пара - давление пара, находящегося в равновесии с жидкостью при $T = \text{const}$

Закон Рауля

Относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно мольной доле растворенного вещества (второго компонента).

$$x_B = \frac{p_A^0 - p_A}{p_A^0}$$

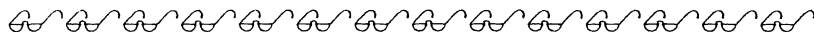
Закон Генри

Парциальное давление пара летучего растворенного вещества пропорционально его мольной доле.

$$p_B = \kappa x_B$$

Объединенный закон Генри - Рауля -

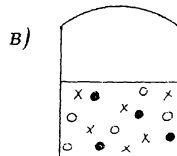
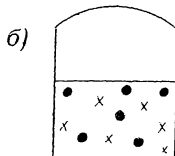
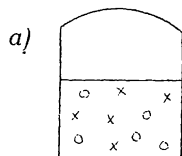
$$p_B = p_B^0 x_B$$





Упражнение 19

Для следующих растворов нарисуйте частицы, которые будут входить в состав пара:



- x - растворитель
 • - летучее вещество
 o - нелетучее вещество

Упражнение 20

Укажите, как изменится общее давление пара над системой, если:

- а) добавить в раствор летучее вещество _____ ;
 б) добавить в раствор нелетучее вещество _____ ;
 в) добавить в раствор растворитель _____ ;
 г) охладить раствор _____ ;
 д) выпарить часть растворителя из раствора _____ ;
 е) нагреть раствор _____ .

Упражнение 21

Подчеркните характеристики системы и название процессов, влияющих на величину давления насыщенного пара:

температура раствора, объем раствора, массовая доля растворенного вещества, содержание летучего вещества, давление над системой, наложение магнитного поля, молекулярная масса вещества, масса раствора, масса растворителя, плотность раствора, добавление летучего вещества, добавление нелетучего вещества.

Свободен тот, кто может не лгать.

А. КАМЮ



Упражнение 22

Как изменится общее давление насыщенного пара над системой в следующих случаях (растворитель – вода):

а)

5% -ный раствор C_2H_5OH	$+ C_2H_5OH$	10% -ный раствор C_2H_5OH
----------------------------------	--------------	-----------------------------------

 $p_{\text{нас. пара}}$ увеличится,
уменьшится,
не изменится)

б)

5% -ный раствор $NaCl$	$+ NaCl$	10% -ный раствор $NaCl$
------------------------------	----------	-------------------------------

 $p_{\text{нас. пара}}$ _____

в)

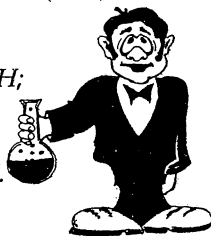
50 мл раствора	$- 25 \text{ мл}$	25 мл раствора
-------------------	-------------------	-------------------

 $p_{\text{нас. пара}}$ _____

Упражнение 23

Из каждой пары водных растворов выберите и подчеркните тот, у которого парциальное давление паров растворителя больше (общее давление пара над раствором одинаково для всех систем):

- а) 5% -ный раствор C_2H_5OH - 20% -ный раствор C_2H_5OH ;
б) 5% -ный раствор C_2H_5OH - 5% -ный раствор $NaCl$;
в) 5% -ный раствор $NaCl$ - 10% -ный раствор $NaCl$;
г) 5% -ный раствор C_2H_5OH - 5% -ный раствор C_3H_7OH .



Упражнение 24

Подчеркните вещества, растворение которых понижает давление насыщенного пара над раствором:

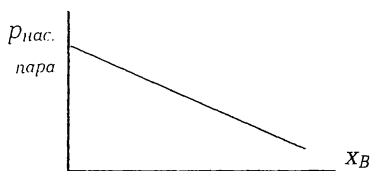
CO_2 , $NaNO_3$, $CaCO_3$, HNO_3 , C_2H_5OH , $CuSO_4$, NO , SiO_2 , $AlCl_3$,
 KCl , C_3H_7OH , N_2 .

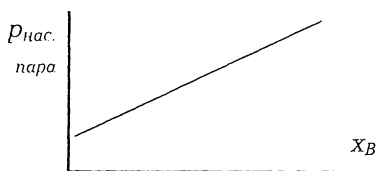
*Тому, кто не постиг науки добра,
всякая иная наука приносит лишь вред.*

М. МОНТЕНЬ

Упражнение 25

Запишите по четыре формулы веществ, для растворов которых наблюдаются изображенные закономерности:





Незаурядные умы относятся с глубоким вниманием ко всему знакомому и рядовому, а заурядные - проявляют интерес и пристрастие лишь к тому, что выходит из ряда вон.

А. РИВАРОЛЬ



Упражнение 26

Считая раствор, содержащий компоненты А и В, идеальным, а оба компонента летучими, заполните таблицу:

	$p_{\text{общ}}$	X_A	X_B	p_A	p_B
а)	0,1	0,5			
б)	3		0,3		
в)				0,8	0,4
г)	0,1			0,01	
г)			0,2	0,4	

Упражнение 27

Распределите между колонками таблицы обозначения следующих величин, допишите названия этих величин:

$$p_B, V, p_A, p_A^0, x_A, C_B, n, \frac{p_A - p_A^0}{p_A}, C_{ЭК}, Mг, t, M_B, \mu_i -$$

Характеристики раствора		Характеристики вещества	
обозначение	название	обозначение	название

Упражнение 28

Запишите название процессов, которые изображены на следующих рисунках:

	Название процесса	Изображение
1		
2		
3		
4		

Какие из приведенных процессов вызывают:

а) увеличение размера частиц в растворе

б) увеличение числа частиц в растворе

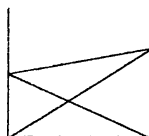
в) уменьшение размера частиц в растворе

г) уменьшение числа частиц в растворе

Упражнение 29

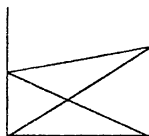
Укажите процессы в растворе, вызывающие **отрицательные отклонения** от закона Рауля: _____

Закончите диаграмму *давление - состав* для растворов с отрицательными отклонениями.



Укажите процессы в растворе, вызывающие **положительные отклонения** от закона Рауля: _____

Закончите диаграмму *давление - состав* для растворов с положительными отклонениями.



Упражнение 30

Разделите приведенные системы на две группы; каждую колонку дополните двумя своими примерами:

$H_2O - HNO_3$; $H_2O - HCl$; $C_6H_6 - C_2H_5OH$; $H_2O - CaCl_2$;

$C_6H_6 - (CH_3)_2CO$; $H_2O - NaCl$; $C_2H_5OH - (CH_3)_2CO$.

Системы с положительными отклонениями	Системы с отрицательными отклонениями

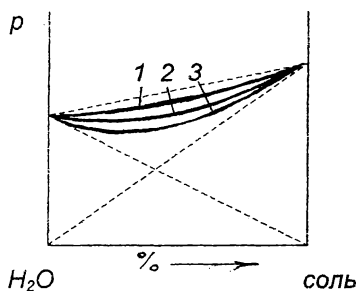
Мы выиграли бы в глазах людей,
если бы являлись им такими,
какими мы всегда были и есть,
а не прикидывались такими,
какими никогда не были и не будем.

Ф. ЛАРОШФУКО



Упражнение 31

На приведенной диаграмме изображены кривые зависимости давления насыщенного пара от состава раствора. Установите соответствие между номером кривой и составом раствора (считать все электролиты диссоциирующими полностью):



а) 0,1 М NaCl - _____
0,01 М NaCl - _____
0,001 М NaCl - _____

б) 0,1 М NaCl - _____
0,1 М CaCl₂ - _____
0,1 М AlCl₃ - _____

в) 0,1 М CaCl₂ - _____
0,01 М CaCl₂ - _____
0,01 М KNO₃ - _____

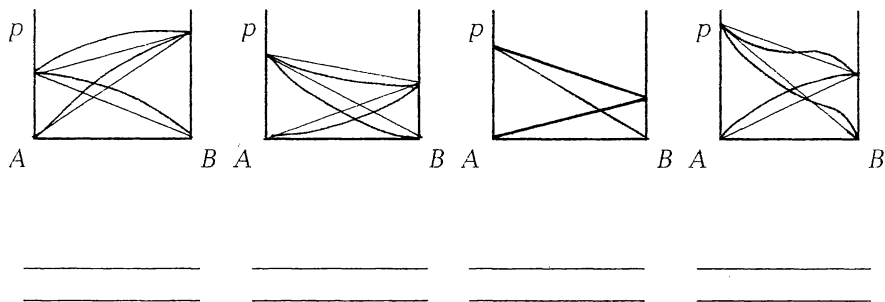
Упражнение 31

Предскажите характер отклонений от идеальности для следующих растворов:

Вещество	Растворитель	$\Delta H_{\text{раств}}$, кДж/ моль (25°C)	Характер отклонений
NaJ	ацетон	- 44,10	
HCl	вода	- 26,23	
HNO ₃	вода	- 13,11	
NH ₄ NO ₃	вода	25,77	
KClO ₄	вода	50,84	

Упражнение 32

Во время лабораторной работы Вы случайно пролили кислоту на тетрадь с конспектом лекции об идеальных и реальных растворах, и подписи к рисункам теперь разобрать невозможно. Восстановите исчезнувшие подписи:



Упражнение 33

Разделите перечисленные характеристики растворов на две группы. Укажите критерий разделения:

молярная концентрация, активность, молярная доля, коэффициент активности, давление паров компонента, фугитивность паров компонента.

Группа №1

Группа №2



Критерий -

**Кто успевает в науках,
но отстает в нравах, тот больше отстает,
нежели успевает.**

АНТИЧНЫЙ АФОРИЗМ

Упражнение 34

Распределите между чашами весов следующие равенства и неравенства:

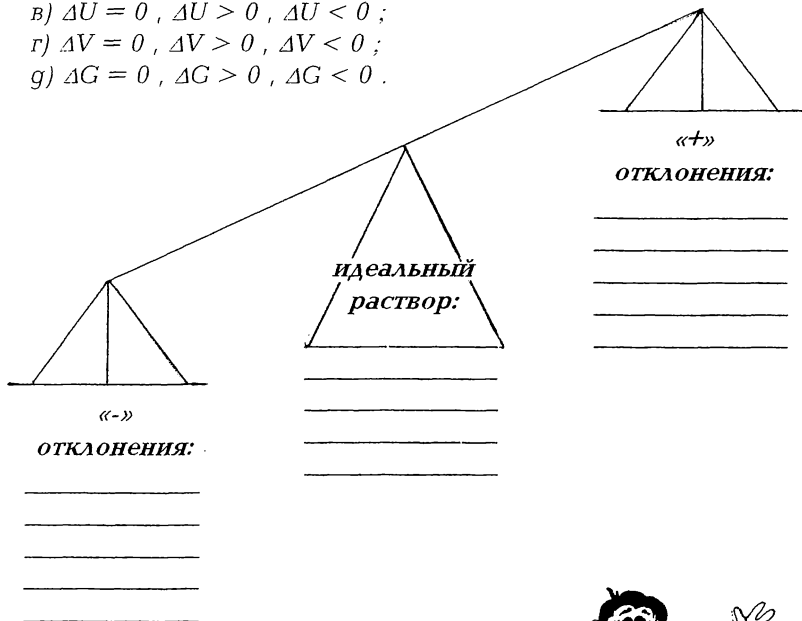
а) $p_A = p_A^0 \cdot x_A$, $p_A > p_A^0 \cdot x_A$, $p_A < p_A^0 \cdot x_A$;

б) $\Delta H = 0$, $\Delta H > 0$, $\Delta H < 0$;

в) $\Delta U = 0$, $\Delta U > 0$, $\Delta U < 0$;

г) $\Delta V = 0$, $\Delta V > 0$, $\Delta V < 0$;

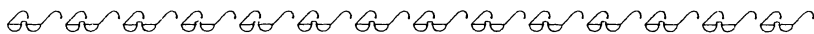
г) $\Delta G = 0$, $\Delta G > 0$, $\Delta G < 0$.



Хочешь быть умным, научись разумно спрашивать, внимательно слушать, спокойно отвечать и переставать говорить, когда больше нечего сказать.

Н. ЛАФАТЕР

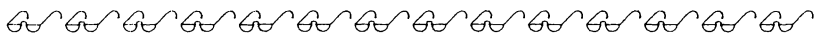
4. Растворимость газов и твердых веществ в жидкостях



Растворимость газа - максимальное количество газа, растворенное в единице объема раствора, который находится в равновесии с газообразной фазой при определенной температуре и парциальном давлении газа.

Высаливание - эффект уменьшения растворимости газа в жидкости в присутствии солей.

Растворимость твердого вещества - измеряется концентрацией растворенного вещества в растворе, которое находится в равновесии с этим же веществом в твердой фазе.



Невежество бывает двоякого рода:
одно - безграмотное, предшествует знанию;
другое - чванное, следует за ним.

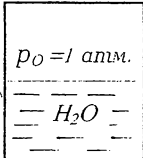
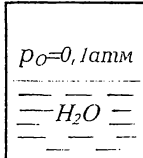
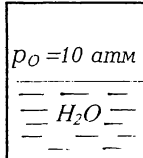
М. МОНТЕНЬ

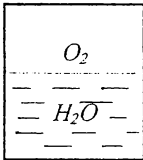
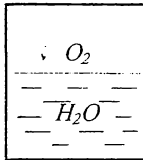
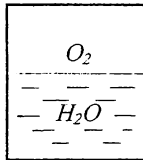


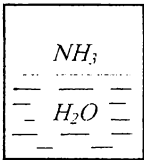
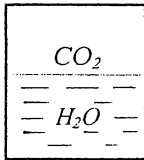
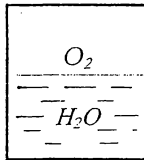


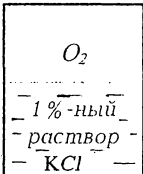
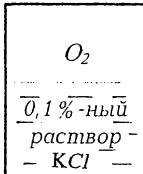
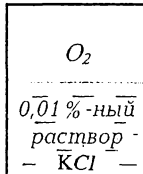
Упражнение 35

Расставьте номера систем в порядке увеличения растворимости газа в жидкости:

а) 1  2  3  (T₁=T₂=T₃)

б) 1  2  3  (p₁=p₂=p₃)

в) 7  1  2  (T₁=T₂=T₃
p₁=p₂=p₃)

г) 1  2  3  (T₁=T₂=T₃
p₁=p₂=p₃)

Достигнув конца того, что нужно знать, ты окажешься в начале того, что следует чувствовать.



Д. ДЖЕБРАН

Упражнение 36

В лаборатории на полке стояли незакрытые склянки с растворами солей -

1 полка:

0,1 М $MgCl_2$, 0,1 М $CaCl_2$, 0,1 М $BaCl_2$, 0,1 М $ZnCl_2$;

2 полка:

0,01 М KCl , 0,01 М $CuCl_2$, 0,01 М $AlCl_3$;

3 полка:

0,01 М $NaCl$, 0,1 М $NaCl$, 1 М $NaCl$.

Выберите и подчеркните один из растворов, находящихся на каждой полке, более других насыщенный азотом воздуха.

Упражнение 37

Вспомните и запишите уравнение Шредера:

Пользуясь этим уравнением, объясните, почему в горячем чае можно растворить больше сахара, чем в холодном:

Упражнение 38

Определив по справочнику $T_{пл}$ веществ, проанализируйте их молярную растворимость в воде.

	1.	2	3	4	5
Вещество	$NaCl$	Na_2CO_3	$NaHCO_3$	$NaBr$	$NaNO_3$
$T_{пл}$					

Расположите вещества в ряд в порядке возрастания растворимости веществ.

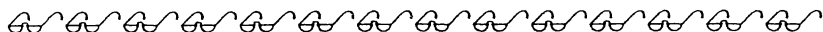
Сделайте вывод - чем выше $T_{пл}$ вещества, тем его растворимость _____
(выше/ниже)





Глава 6

Коллигативные свойства растворов



Температура кипения - температура, при которой жидкий раствор находится в равновесии со своим паром, когда давление насыщенного пара становится равным атмосферному давлению.

Эбулиоскопия - наблюдение за повышением температуры кипения раствора по сравнению с чистым растворителем.

$$\Delta T_{\text{кип}} = \Delta T \cdot C_m(B)$$

Температура замерзания - температура, при которой в условиях, исключающих переохлаждение, начинается образование первых, равновесных с раствором, кристаллов растворителя, то есть выравниваются давления насыщенного пара над жидким и кристаллическим растворителем.

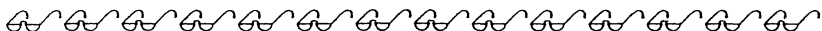
Криоскопия - наблюдение за явлением понижения температуры замерзания раствора по сравнению с чистым растворителем.

$$\Delta T_{\text{зам}} = K_T \cdot C_m(B)$$

Осмотическое давление - сила (на единицу площади), заставляющая растворитель переходить через полупроницаемую перегородку в раствор.

Осмоз - явление самопроизвольного перехода воды или любого растворителя через полупроницаемую перегородку в раствор.

$$\pi = C_B R T$$





Упражнение 1

Расставьте следующие системы в порядке увеличения температуры кипения (концентрацию всех растворов и степень диссоциации солей в них считать одинаковой):

- а) 1

H_2O

 2

$H_2O + C_2H_5OH$

 3

$H_2O + NaCl$

- б) 1

H_2O

 2

0.5% -й раствор глюкозы

 3

0.1% -й раствор глюкозы

- в) 1

раствор KNO_3

 2

раствор $CuCl_2$

 3

раствор $Al_2(SO_4)_3$

Упражнение 2

Подчеркните из перечисленных ниже систем те, для которых температура кипения выше, чем для соответствующего растворителя:
раствор медного купороса, спиртовой раствор йода, водный раствор этилового спирта, раствор глауберовой соли, раствор уксусной кислоты, сахарный сироп, раствор нашатырного спирта.

Упражнение 3

В семье Ивановых каждый варит суп по-своему:
бабушка солит воду еще до закипания бульона,
мама -- через 20 минут после закипания,
папа -- перед самым концом варки.

Как Вы думаете, кто из них затрачивает времени на приготовление обеда больше всех остальных _____, меньше всех остальных _____.

Счастье людей заключается в том, чтобы любить делать то, что они должны делать.

К. ГЕЛЬВЕЦИЙ



Упражнение 4

Выпишите вещества, для растворов которых величина $\Delta T_{\text{кип}}$, определенная экспериментально, будет приблизительно:

- а) в 3 раза больше рассчитанной _____ ;
б) в 2 раза больше рассчитанной _____ ;
в) в 4 раза больше рассчитанной _____ ;
г) равна рассчитанной _____ .
(степень диссоциации электролитов считать равной единице)

сахароза, NaCl , AlCl_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Na_2SO_4 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, ZnCl_2 , KNO_3 ,
 $\text{Ba}(\text{HSO}_4)_2$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Упражнение 5

Вычеркните из каждой группы одно «лишнее» вещество, которое по поведению в растворе выпадает из общего ряда (укажите причину выбора):

- а) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, NaCl , CHCl_3 , CH_3OH _____ ;
б) CH_3COOH , KCl , H_2SO_4 , HCl _____ ;
в) CaCO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, NaNO_3 , BaSO_4 _____ ;
г) KCl , NaNO_3 , LiBr , Na_2SO_4 _____ ;
г) CuSO_4 , Na_2SO_4 , CaCl_2 , KCl _____ ;
е) KMnO_4 , CuSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Na_2SO_4 _____ .

Упражнение 6

Жидкость	$T_{\text{кип}}$, К	ΔT , К·кг·моль ⁻¹
H_2O	373,2	0,513
CH_3OH	337,9	0,830
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	351,4	1,210
CH_3OCH_3	329,2	1,762
CH_3Cl	334,4	3,800

Используя приведенные справочные данные, выберите растворитель для определения молярной массы сахарозы эбулиоскопическим методом:

- а) с позиции безопасности эксперимента _____
б) с позиции минимума погрешностей измерений и расчетов _____
в) с учетом обоих факторов _____

Упражнение 7

В каждой группе определите и подчеркните раствор, который при охлаждении замерзает первым (степень диссоциации электролита принять равной единице):

- а) 0,01 М NaCl , 0,1 М NaCl , 1 М NaCl ;
б) 0,1 М KNO₃ , 0,1 М LaCl₃ , 0,1 М Cu(NO₃)₂ , 0,1 М Al₂(SO₄)₃ ;
в) 0,01 М KNO₃ , 0,1 М KNO₃ , 0,01 М K₂SO₄ .

Упражнение 8

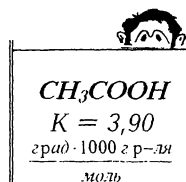
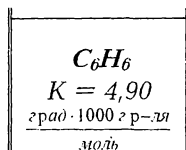
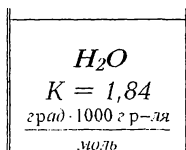
Крайне неудачным, но широко применяемым до настоящего времени способом борьбы с гололедом на улицах городов является обработка дорог солью.

На каком явлении основано действие этого метода -

приведите 2-3 формулы солей, применение которых для борьбы с гололедом было бы более эффективным, чем использование поваренной соли _____

Упражнение 9

Для определения молярной массы NaCl криоскопическим методом Вам предложены следующие растворители:



При использовании какого растворителя молярная масса, рассчитанная по экспериментальным данным, будет наиболее точной _____

Человеческая жизнь похожа на коробку спичек. Обращаться с ней серьезно - смешно. Обращаться несерьезно - опасно.

АКУТАГАВА РЮНОСКЭ

Упражнение 10

Одним из способов очистки питьевой воды является вымораживание. При этом образуются две фазы — твердая (лед) и жидкая.



Определите, какая из фаз (I или II) содержит

- а) очищенную воду _____ ;
б) воду с растворенными солями _____ ;

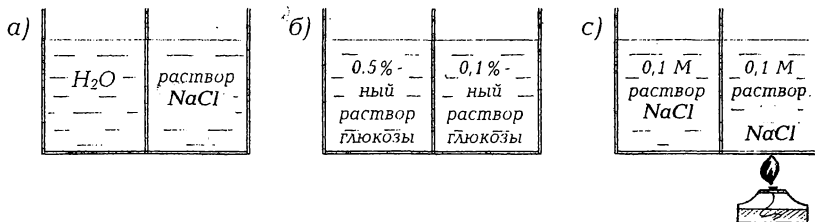
Упражнение 12

Среди перечисленных материалов подчеркните те, которые являются полупроницаемыми перегородками:

бумага, кожа, полиэтиленовая пленка, стеклянный фильтр, пергамент, льняная ткань, целлофан, бумажный фильтр, клеточная ткань.

Упражнение 13

Укажите стрелкой направление перехода растворителя через полупроницаемую перегородку в следующих системах:



Некоторые считают, что у них доброе сердце, хотя на самом деле у них лишь слабые нервы.

М. ЭБНЕР - ЭШЕНБАХ

Упражнение 14

Запишите в виде формулы соотношения между следующими величинами:

а) $\Delta T_{\text{кип}}$, m_B _____

б) $\Delta T_{\text{зам}}$, K _____

в) π , C , T _____

г) $L_{\text{исп}}$, E _____

г) $d \ln x_B$, $\lambda_{\text{пл}}$ _____





Глава 7

Понятие о химическом равновесии



Химическое равновесие - наступает тогда, когда скорости прямой и обратной реакций выравниваются, число молекул веществ, составляющих химическую систему, перестает меняться и остается постоянным во времени при неизменных внешних условиях.

Признаки устойчивого химического равновесия –

- НЕИЗМЕННОСТЬ равновесного состояния при постоянных внешних условиях;
- ПОДВИЖНОСТЬ - самопроизвольное восстановление равновесия после прекращения внешнего воздействия;
- ДИНАМИЧНОСТЬ - равенство скоростей прямого и обратного процессов;
- ВОЗМОЖНОСТЬ подхода к равновесию с двух противоположных сторон;
- МИНИМУМ G , F , U , H или максимум S при соответствующих условиях.

Константа химического равновесия - физическая величина, выражающая для данной обратимой химической реакции соотношение между активностями исходных веществ и активностями продуктов реакции в состоянии химического равновесия.

Закон действующих масс -

соотношение между парциальными давлениями компонентов, выраженное константой равновесия K_p , постоянно и имеет строго определенное для данной температуры численное значение.

Константа химического равновесия

для идеальной системы

$$K_p = \frac{p_i^{v_i}}{p_i^{v_i}}$$

$$K_c = \frac{C_i^{v_i}}{C_i^{v_i}}$$

$$K_N = \frac{x_i^{v_i}}{x_i^{v_i}}$$

для реальной системы

$$K_f = \frac{f_i^{v_i}}{f_i^{v_i}}$$

$$K_a = \frac{a_i^{v_i}}{a_i^{v_i}}$$

Соотношение между константами равновесия:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta v_i}$$

$$K_f = K_p \left(\frac{\gamma_i'}{\gamma_i} \right)^{\Delta v_i}$$

$$K_p = K_x P_{об}^{\Delta v_i}$$

$$K_a = K_c \left(\frac{\gamma_i'}{\gamma_i} \right)^{\Delta v_i}$$

Жизнь как пьеса в театре: важно не то, сколько она длится, а насколько хорошо сыграна.

СЕНЕКА



Влияние внешних условий на смещение равновесия

1) качественное описание -

принцип Ле-Шателье:

если на систему, находящуюся в состоянии равновесия, производится какое-либо внешнее воздействие, то оно смещает химическое равновесие в сторону той реакции, которая ослабляет это воздействие.

2) количественное описание -

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad - \text{изобара}$$

$$\frac{d \ln K_c}{dT} = \frac{\Delta U}{RT^2} \quad - \text{изохора}$$

$$\frac{d \ln K_p}{dp} = - \frac{\Delta \nu}{p}$$

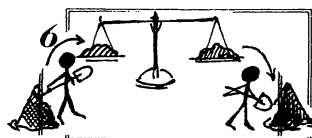
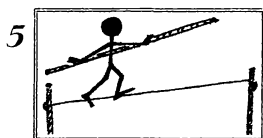
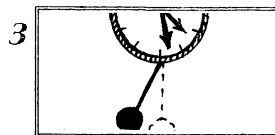
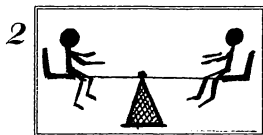
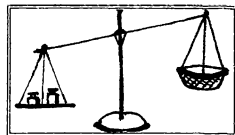
$$\Delta G = - RT \ln K_p + RT \ln \prod p_i^{\nu_i} \quad - \text{изотерма}$$





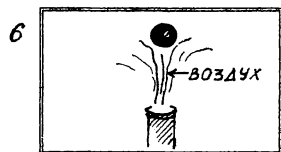
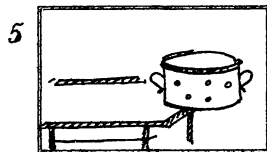
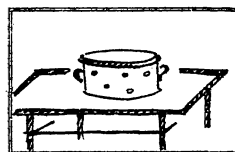
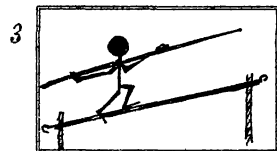
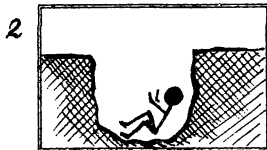
Упражнение 1

Обведите номера рисунков, на которых изображены системы, находящиеся в состоянии равновесия:



Упражнение 2

Разделите приведенные на рисунках равновесные состояния систем на две группы:



1. Устойчивые равновесия - _____
 2. Неустойчивые равновесия - _____

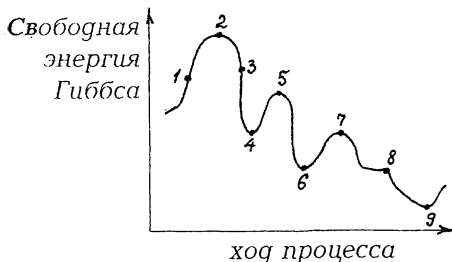


Красота заставляет сверкать добродетели и краснеть пороки.

Ф. БЭКОН



Упражнение 3



Разделите состояния термодинамической системы, обозначенные на графике точками 1–9, на три типа. Название каждого типа укажите.

- 1 - точки №№ _____ - это _____
 2 - точки №№ _____ - это _____
 3 - точки №№ _____ - это _____

Упражнение 4

Запишите соотношения между константами K_p^I и K_p^{II} следующих химических реакций:

- а) $H_2 + J_2 \rightleftharpoons 2 HJ$ (I) и $2 HJ \rightleftharpoons H_2 + J_2$ (II) _____
 б) $3 H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$ (I) и $3/2 H_2 + 1/2 N_2 \rightleftharpoons NH_3$ (II) _____
 в) $2 H_2O \rightleftharpoons 2 H_2 + O_2$ (I) и $H_2 + 1/2 O_2 \rightleftharpoons H_2O$ (II) _____

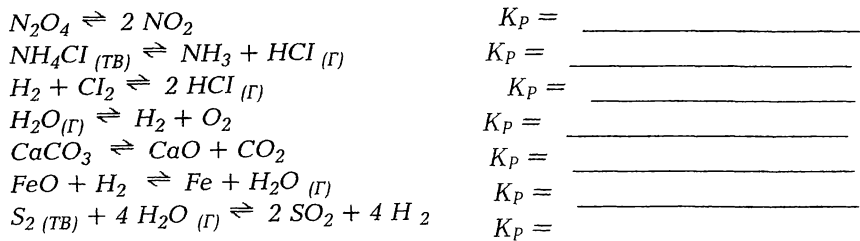
Все заботятся не о том, правильно ли живут, а о том, долго ли проживут, между тем жить правильно - это всем доступно, жить долго - никому.

СЕНЕКА



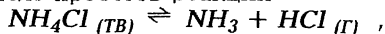
Упражнение 5

Запишите выражение закона действующих масс для следующих химических реакций:



Упражнение 6

Подсчитайте число пробегов реакции



если известно, что к данному моменту

- а) количество HCl увеличилось на 5 моль - $d\chi =$ _____ ;
б) общее количество участвующих
в реакции веществ увеличилось на 3 моль - $d\chi =$ _____ ;
в) масса NH_4Cl уменьшилась на 107 г - $d\chi =$ _____ ;
г) образовалось 44,8 л газообразных веществ - $d\chi =$ _____ .

Упражнение 7

Для реакции $3 H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$
запишите формулы, связывающие величины констант:

- а) K_p и K_c _____ ;
б) K_p и K_x _____ ;
в) K_p и K_f _____ .

Лучше всех знает, что такое добро, тот, кто испытал зло.

АНГЛИЙСКАЯ ПОСЛОВИЦА

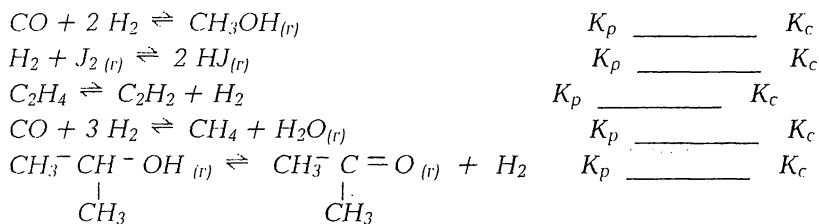


Со счастьем дело обстоит как с часами:
 чем проще механизм, тем реже он портится
 Н. ШАМФОР



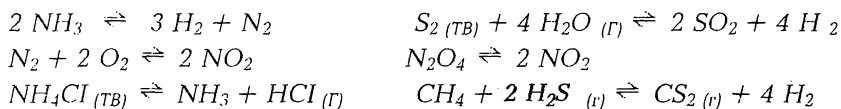
Упражнение 8

Запишите соотношение констант равновесия K_p и K_c ($>$, $<$, $=$) для следующих химических реакций:



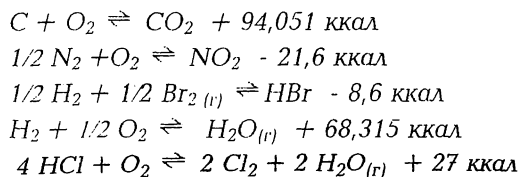
Упражнение 9

Изобразите стрелкой направление смещения равновесия в следующих химических реакциях при повышении давления:



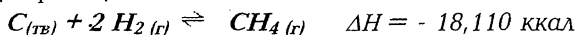
Упражнение 10

Изобразите стрелкой направление смещения равновесия в следующих химических реакциях при понижении температуры:



Упражнение 11

Для реакции



определите, как изменится равновесная концентрация $[CH_4]$ (увеличится, уменьшится или не изменится) при:

- а) повышении температуры _____ ;
б) понижении давления _____ ;
в) введении в реакцию инертного газа при $V = const$: _____ ;
г) введении в систему катализатора _____ .

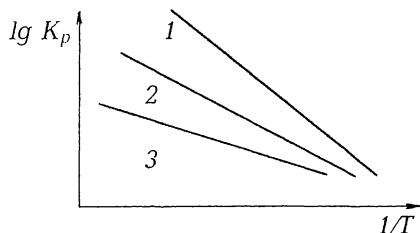
Упражнение 12

Из приведенных ниже вычеркните те факторы, которые не влияют на величину константы равновесия K_p :

объем реакционной системы, природа реагирующих веществ, температура, давление в реакционной системе, введение инертного газа, парциальные давления взятых для реакции веществ, агрегатное состояние реагирующих веществ, агрегатное состояние продуктов реакции.

Упражнение 13

На графиках изображена зависимость $\lg K_p$ от обратной температуры для трех химических реакций.



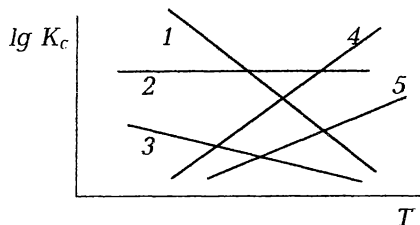
Определите, экзо- или эндотермические это реакции:

Сравните величины тепловых эффектов приведенных реакций:



Упражнение 14

Используя уравнение изохоры, проанализируйте, как меняется величина ΔU в изображенных на графиках процессах.

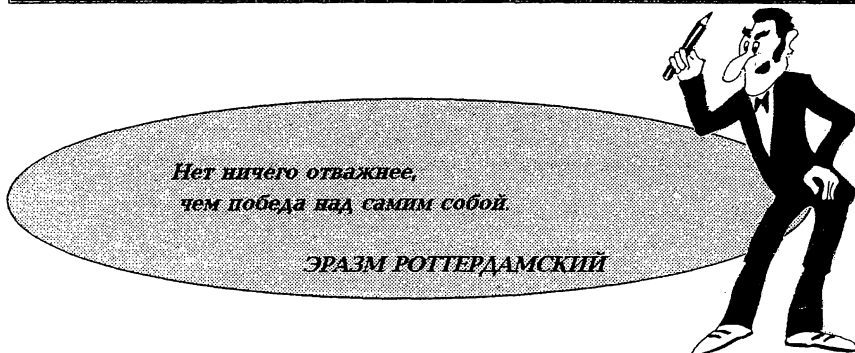


По знаку величины ΔU разделите процессы на группы - _____

Упражнение 15

Расставьте знаки $>$, $<$, $=$ вместо многоточий в таблице

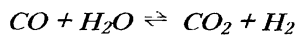
Самопроизвольный процесс	$\Delta G \dots 0$	$\prod p_i^{v_i} \dots K_p$
Несамопроизвольный процесс	$\Delta G \dots 0$	$\prod p_i^{v_i} \dots K_p$
Равновесие	$\Delta G \dots 0$	$\prod p_i^{v_i} \dots K_p$



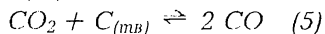
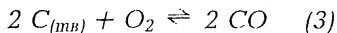
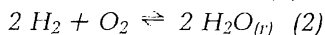
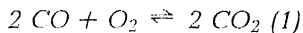
Упражнение 16

Запишите выражения для вычисления констант равновесия K_p , через константы равновесия расположенных справа реакций:

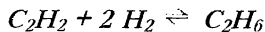
I



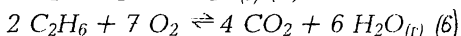
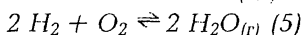
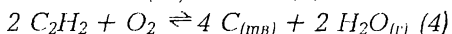
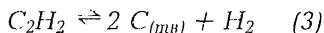
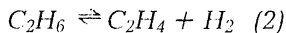
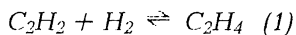
$K_p =$



II



$K_p =$



Три пути у человека, чтобы разумно поступать:
первый, самый благородный - размышление,
второй, самый легкий - подражание,
третий, самый горький - опыт.

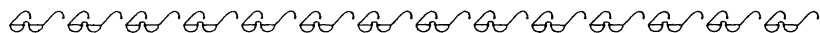
КОНФУЦИИ





Глава 8

Гетерогенное равновесие



Гетерогенная (неоднородная) **система** - система, представляющая собой совокупность нескольких гомогенных систем, ограниченных друг от друга поверхностями раздела.

Фаза системы (ϕ) - часть объема равновесной системы, однородная во всех своих точках по химическому составу и физическим свойствам и отделенная от других частей того же объема поверхностью раздела.

Составляющее вещество - вещество, которое может быть выделено из системы и существовать вне нее.

Компоненты системы (k) - независимые составные части системы, способные к существованию в изолированном состоянии в виде индивидуальных химических веществ, концентрации которых определяют состав фаз данной равновесной системы.

Число компонентов равно числу составляющих веществ за вычетом числа уравнений, связывающих концентрации этих веществ в равновесной системе.

Вариантность (ν) - число независимых параметров равновесной системы, которые можно изменять произвольно, не изменяя числа фаз системы.

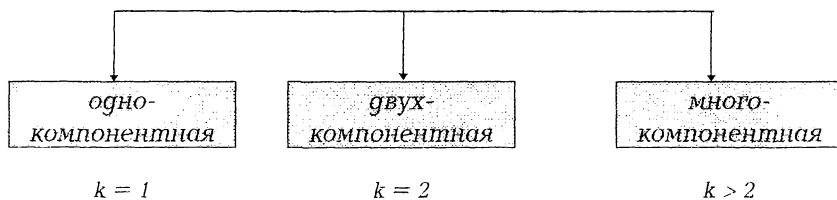
Правило фаз Гиббса -

вариантность равновесной термодинамической системы, на которую из внешних факторов действуют только температура и давление, равно числу компонентов системы минус число фаз плюс два.

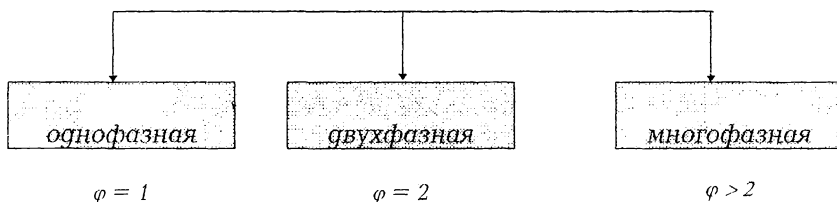
$$\nu = k - \phi + 2$$

Классификация гетерогенных систем

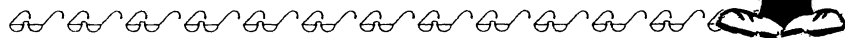
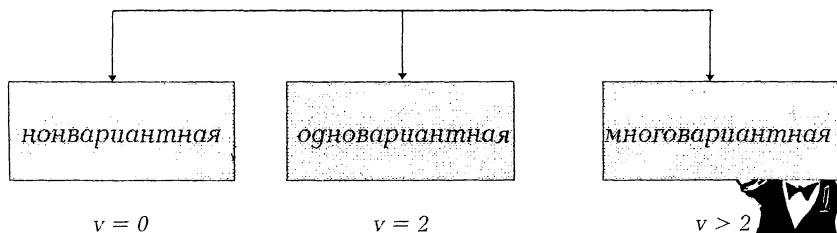
I. по числу компонентов



II. по числу фаз



III. по числу вариантности



Ничего не делая, люди учатся делать дурное.

АНТИЧНЫЙ АФОРИЗМ



Упражнение 1

Выберите и обведите термодинамические системы, которые являются гетерогенными при нормальных условиях:

вода + этиловый спирт, пересыщенный раствор сахарозы, азото-водородная смесь, вода + соляная кислота, метанол + этанол, карбонат кальция + уксусная кислота, нитрат серебра + вода, раствор поваренной соли + а.алин, кислородно-ацетиленовая смесь, хлорид натрия + хлорид калия, вода + сульфат бария, аммиак + вода, насыщенный раствор нитрата натрия, вода + амиловый спирт.

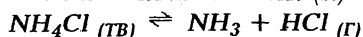
Упражнение 2

Подчеркните составляющие вещества в нижеприведенных системах:

- а) раствор нитрата калия - H_2O , K^+ , KNO_3 , NO_3^- ;
б) раствор серной кислоты - H^+ , HSO_4^- , H_2O , SO_4^{2-} , H_2SO_4 ;
в) раствор медного купороса - $CuSO_4$, $CuSO_4 \cdot H_2O$, $CuSO_4 \cdot 3H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, H_2O , SO_4^{2-} .

Упражнение 3

Определите число компонентов системы (п)



при следующих условиях:

- 1) $[NH_3] \neq [HCl]$ $k =$ _____
2) $[NH_3] = [HCl]$ $k =$ _____
3) $[NH_4Cl] = [NH_3]$ $k =$ _____

Счастье выпадает тому, кто его не ждет

ЯПОНСКАЯ ПОСЛОВИЦА



Упражнение 4

Разделите приведенные ниже термодинамические системы на группы по числу фаз:

насыщенный водный раствор глюкозы, пересыщенный водный раствор хлористого кальция, песчано-гравийная смесь, воздух, газированная вода, уксусная эссенция, раствор перманганата калия, эмульсия подсолнечного масла в воде, клей ПВА, смесь соли и сахара, родниковая вода, смесь пропана и бутана, борщ.

1-я группа систем:

Название систем:

2-я группа систем:

Название систем:

Упражнение 5

Заполните таблицу:

Термодинамическая система	Число составляющих веществ	Число фаз φ	Число компонентов k	Число вариантов v
раствор NaCl				
раствор NaCl в H ₂ O + пар H ₂ O				
насыщенный раствор NaCl в H ₂ O + кристаллы NaCl + пар H ₂ O				
насыщенный раствор NaCl в H ₂ O + пар H ₂ O + кристаллы NaCl + лег				

Упражнение 6

Впишите в таблицу номера высказываний, справедливых для каждой из величин k , φ , v :

φ	k	v

- 1 - величина может быть гробной;
- 2 - величина может быть положительной;
- 3 - величина может быть отрицательной;
- 4 - величина может быть меньше единицы;
- 5 - величина может быть больше единицы;
- 6 - величина может быть равна нулю.



Наша зависть всегда живет дольше, чем счастье того, кому мы завидуем.

Ф. ЛАРОШФУКО

Упражнение 7

Заполните таблицу (примите, что на данные термодинамические системы из внешних факторов действуют только температура и давление):

Пример термодинамической системы	Число составляющих веществ	Число компонентов	Число фаз	Число степеней свободы
	3	2	1	
			2	2
	3	3		4
пересыщенный раствор сахарозы				
		1	3	
	1		1	

Упражнение 8

Приведите примеры следующих превращений:

а) однофазная система \rightarrow двухфазная система _____ ;

б) гомогенная система \rightarrow гетерогенная система _____ ;

в) гетерогенная система \rightarrow гомогенная система _____ ;

г) двухкомпонентная система \rightarrow однокомпонентная система _____ ;

г) одновариантная система \rightarrow безвариантная _____ .

Упражнение 9

Определите по правилу фаз, сколько параметров можно варьировать одновременно, не нарушая состояния равновесия в следующих системах (из внешних условий на системы действуют только температура и давление):

а) лед \rightleftharpoons жидкая вода \rightleftharpoons пар _____ ;

б) кристаллы J_2 \rightleftharpoons пары J_2 _____ ;

в) лед \rightleftharpoons жидкая вода _____ ;

г) ромбическая сера \rightleftharpoons моноклинная сера _____ ;

г) пересыщенный водный раствор фруктозы _____ ;

е) насыщенный раствор аммиака в воде _____ ;

ж) $NH_4Cl_{(ТВ)} \rightleftharpoons NH_3 + HCl_{(Г)}$ _____ ;

з) $C_2H_2 + H_2 \rightleftharpoons C_2H_4$ _____ .

Чем меньше человек думает или знает
о своих достоинствах, тем больше он нравится нам.
Р. ЭМЕРСОН



Упражнение 10

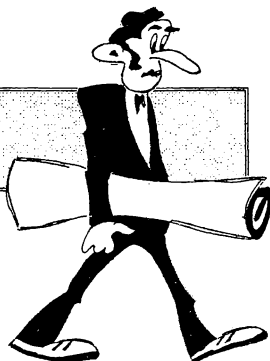
Приведите примеры термодинамических систем, в которых:

а) число компонентов равно числу составляющих веществ -

б) число компонентов меньше числа составляющих веществ -

в) число компонентов больше числа составляющих веществ -

*Многие презирают жизненные блага,
но почти никто не способен ими поделиться.*
ЛАРОШФУКО



Упражнение 11

Заполните таблицу:

Элемент диаграммы состояния	Его значение
	соответствует индивидуальной фазе вещества
	соответствует индивидуаль- ному термодинамическому состоянию системы
	соответствует равновесию между двумя фазами

Упражнение 12

Разделите приведенные ниже превращения на две группы:

- а) лед \rightarrow вода;
- б) красный фосфор \rightarrow белый фосфор;
- в) алмаз \rightarrow графит;
- г) моноклинная сера \rightarrow ромбическая сера;
- г) α -бензофенон \rightarrow β -бензофенон.

Группа №1 _____ - это _____ превращения.

Группа №2 _____ - это _____ превращения.

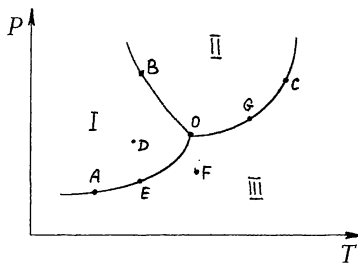
Попробуйте разделить данные превращения на группы по другому критерию:

Укажите этот критерий - _____



Упражнение 13

На диаграмме состояния воды укажите смысл полей, линий и точек.



- поле I - _____
- поле II - _____
- поле III - _____
- кривая OA - _____
- кривая OB - _____
- кривая OC - _____
- точка O - _____

Определите число фаз (φ) и число степеней свободы (ν) в точках

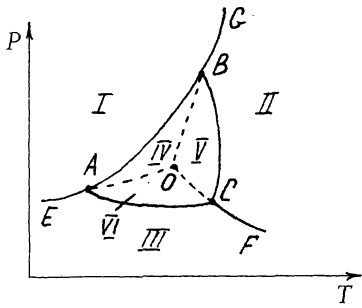
- D - $\varphi =$ _____ , $\nu =$ _____ ;
- E - $\varphi =$ _____ , $\nu =$ _____ ;
- F - $\varphi =$ _____ , $\nu =$ _____ ;
- G - $\varphi =$ _____ , $\nu =$ _____ ;
- O - $\varphi =$ _____ , $\nu =$ _____ .

У всякого искусства есть два отступления от пути: пошлость и искусственность.

А.Н. ТОЛСТОЙ

Упражнение 14

На диаграмме состояния серы укажите названия линий и номера полей, которым соответствуют следующие равновесия и фазовые состояния:



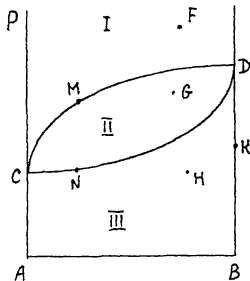
- а) $S_{\text{ромб.}} \rightleftharpoons S_{\text{мон.}}$ _____
 $S_{\text{ромб.}} \rightleftharpoons S_{\text{пар}}$ _____
 $S_{\text{ромб.}} \rightleftharpoons S_{\text{ж}}$ _____
 $S_{\text{ж}} \rightleftharpoons S_{\text{пар}}$ _____
 $S_{\text{ж}} \rightleftharpoons S_{\text{мон.}}$ _____
 $S_{\text{пар}} \rightleftharpoons S_{\text{мон.}}$ _____
- б) $S_{\text{ромб.}}$ - _____ $S_{\text{мон.}}$ - _____
 $S_{\text{пар.}}$ - _____ $S_{\text{ж.}}$ - _____
- в) $S_{\text{ромб.}} \rightleftharpoons S_{\text{мон.}} \rightleftharpoons S_{\text{пар}}$ _____
 $S_{\text{ромб.}} \rightleftharpoons S_{\text{мон.}} \rightleftharpoons S_{\text{ж}}$ _____
 $S_{\text{ромб.}} \rightleftharpoons S_{\text{ж}} \rightleftharpoons S_{\text{пар}}$ _____
 $S_{\text{пар}} \rightleftharpoons S_{\text{мон.}} \rightleftharpoons S_{\text{ж}}$ _____

Обозначьте на диаграмме точки, в которых

- $\varphi = 1, v = 2$ - _____
 $\varphi = 2, v = 1$ - _____
 $\varphi = 3, v = 0$ - _____

Упражнение 15

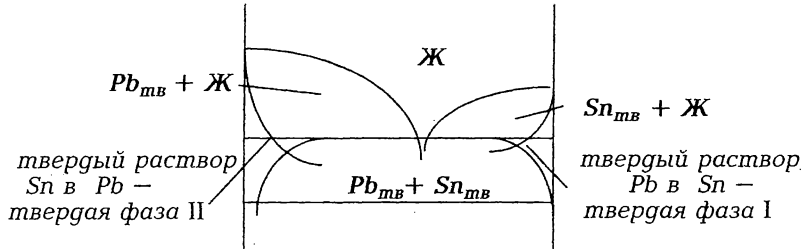
На диаграмме «жидкость – пар» для двухкомпонентной системы укажите названия линий, точек и номера полей, которым соответствуют следующие определения:



1. а) компоненты системы находятся в жидком состоянии - _____
 б) компоненты системы находятся в парообразном состоянии - _____
 в) компоненты системы находятся в жидком и парообразном состоянии - _____;
2. а) линия жидкости _____
 б) линия пара _____
- в) давление насыщенного пара компонента А - _____
 г) давление насыщенного пара компонента В - _____
3. а) однокомпонентная система, содержащая только вещество А - _____
 б) однокомпонентная система, содержащая только вещество В - _____
 в) система со 100% –ным содержанием В в парообразном состоянии _____

Упражнение 16

Для системы Pb–Sn определите число компонентов, число фаз и число степеней свободы в точках 1–10:



№ точки	k	φ	v
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

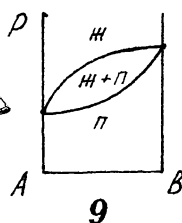
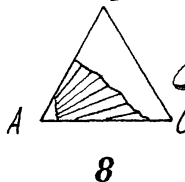
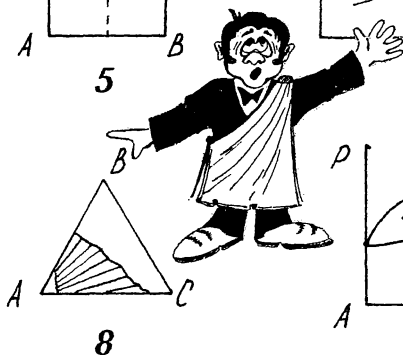
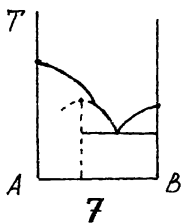
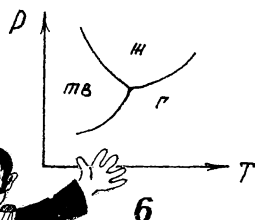
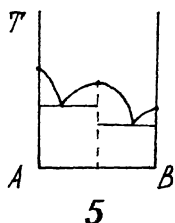
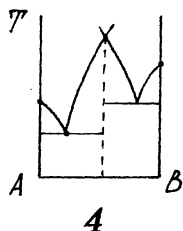
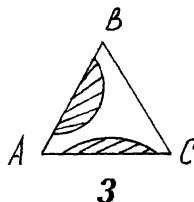
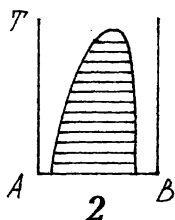
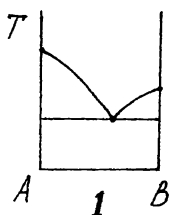
Людей учат чему угодно, только не порядочности, между тем всего более они стараются блеснуть порядочностью, а не ученостью, то есть как раз тем, чему их никогда не обучали.

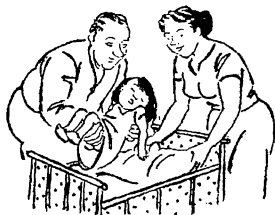
Б. ПАСКАЛЬ

Упражнение 17

Подберите номер рисунка (или рисунков), на котором изображены:

- а) диаграмма состояния однокомпонентной системы _____
- б) - // - двухкомпонентной системы _____
- в) - // - трехкомпонентной системы _____
- г) - // - с конгруэнтной точкой _____
- д) - // - с сингулярной точкой _____
- е) - // - с точкой перитектики _____
- ж) диаграмма расслоения для двухкомпонентной системы _____
- з) диаграмма расслоения для трехкомпонентной системы _____
- и) двухкомпонентная система с конгруэнтным плавлением _____
- к) двухкомпонентная система с инконгруэнтным плавлением _____





Глава 9

Адсорбционное равновесие



Поверхность - конечный по толщине слой, в котором состав и термодинамические функции отличны от присущих объемам граничащих фаз.

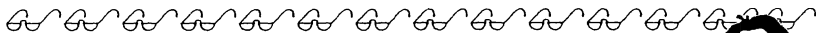
Поверхностные явления - явления, происходящие на границе раздела фаз.

Адсорбция - процесс увеличения концентрации компонента на границе раздела фаз.

Адсорбат (адсорбтив) - вещество, которое поглощается из объемной фазы.

Адсорбент - вещество, на поверхности которого происходит адсорбция.

Удельная поверхность адсорбента - поверхность, приходящаяся на 1 грамм адсорбента.



*Люди труднее всего прощают
нам то плохое, что они о нас сказали.*

А. МОРГА





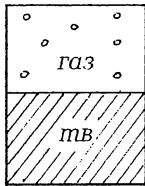
Упражнение 1

Среди перечисленных свойств подчеркните те, которые могут различаться для поверхности и объема фазы:

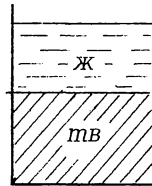
химический состав, свободная энергия Гиббса, энтропия, плотность, физические свойства, химические свойства, фазовый состав, свободная энергия Гельмгольца, структура кристаллической решетки, температура, давление, концентрация растворенного вещества.

Упражнение 2

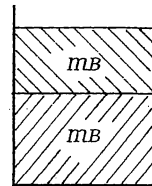
Обведите номера термодинамических систем, в которых возможно протекание поверхностных явлений:



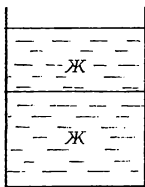
1



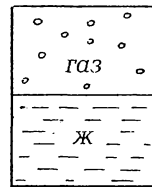
2



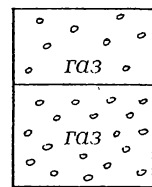
3



4



5



6

Упражнение 2

Приведите примеры природных процессов и явлений, которые своим существованием обязаны явлению адсорбции:

- 1 - _____
- 2 - _____
- 3 - _____
- 4 - _____
- 5 - _____

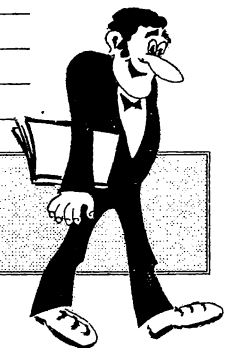
Упражнение 3

Приведите примеры технологических процессов, в основе которых лежит явление адсорбции:

- 1 - _____
- 2 - _____
- 3 - _____
- 4 - _____
- 5 - _____

*Если вы постигли искусство
радоваться каждому мгновению,
то вы научились очень многому*

А. АЗАД



Упражнение 4

Вычеркните факторы, не влияющие на протекание процессов адсорбции:

природа адсорбата, природа адсорбента, величина удельной поверхности адсорбата, пористость адсорбента, температура адсорбата, температура адсорбента, дисперсность адсорбента, тип кристаллической решетки адсорбента, величина поверхности раздела фаз, полярность молекул адсорбата, толщина слоя адсорбента.

Упражнение 5

Разделите приведенные адсорбенты на два типа:

сажа, оксид титана TiO_2 , силикагель, активированный уголь, цеолит, аэросил (белая сажа), глина, оксид цинка ZnO .

Адсорбенты	
пористые	высокодисперсные

Упражнение 6
Заполните таблицу:

Адсорбционные силы (силы Ван-дер-Ваальса)		
<i>Название</i>	<i>Схематическое изображение</i>	<i>Принцип действия</i>
<i>Дисперсионные</i>		
		<i>Ориентация в пространстве полярных молекул адсорбата</i>

Не следует обижаться на людей, утаивших от нас правду: мы и сами постоянно утаиваем ее от себя.
Ф. ЛАРОШФУКО



Упражнение 9

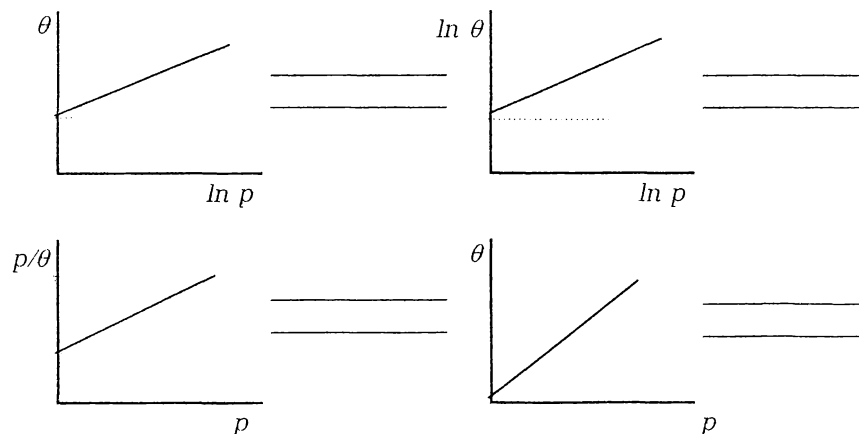
Из приведенных ниже определений выберите те, которые справедливы для действия

- а) дисперсионных сил _____ ;
б) ориентационных сил _____ ;
в) индукционных сил _____ ;
г) специфических сил _____ .

- 1 - имеют электростатическую природу
2 - проявляются при адсорбции неполярных молекул
3 - проявляются при адсорбции полярных молекул
4 - проявляются при адсорбции как полярных, так и неполярных молекул
5 - действуют на очень малых расстояниях
6 - зависят от молекулярного состава адсорбата и адсорбента
7 - не зависят от молекулярного состава адсорбата и адсорбента
8 - приводят к образованию химических связей
9 - действуют при адсорбции на полярных адсорбентах
10 - действуют при адсорбции на неполярных адсорбентах
11 - их величина зависит от поляризуемости молекул адсорбата
12 - их величина зависит от дипольного момента молекулы адсорбата.

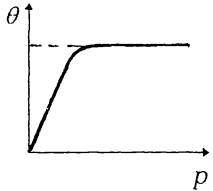
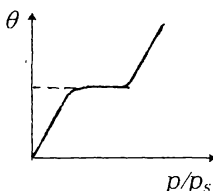
Упражнение 10

Определите и подпишите названия изотерм, которым соответствуют следующие прямолинейные зависимости:



Упражнение 11

Заполните таблицу:

Название изотермы	Графическое изображение изотермы	Условия выполнения изотермы
		а) _____ _____; б) _____ _____; в) _____ _____; г) _____ _____
		а) _____ _____; б) _____ _____
		а) _____ _____; б) _____ _____



Удача - это мера счастья в ширину, а неудача - есть проба на счастье в глубину.

М. ПРИШВИН



Упражнение 12

Из приведенных ниже положений выберите те, которые соответствуют:

- a) изотерме Генри _____ ;
- б) изотерме Лэнгмюра _____ ;
- в) изотерме БЭТ _____ ;
- г) изотерме Фрумкина _____ ;
- д) изотерме Фрейндлиха _____ ;
- е) изотерме Темкина _____ ;

- 1 - происходит образование мономолекулярного слоя адсорбата на адсорбенте
- 2 - происходит образование полимолекулярного слоя адсорбата на адсорбенте
- 3 - поверхность адсорбента энергетически однородна
- 4 - поверхность адсорбента равномерно энергетически неоднородна – поверхность адсорбента экспоненциально энергетически неоднородна
- 5 - выполняется только при низких значениях давления
- 6 - адсорбированные на поверхности молекулы не взаимодействуют между собой
- 7 - адсорбированные на поверхности молекулы не взаимодействуют между собой по горизонтали, но взаимодействуют по вертикали
- 8 - адсорбированные на поверхности молекулы взаимодействуют между собой как по горизонтали, так и по вертикали.



ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов М. Я. Опора на самостоятельную работу учащихся. Развитие творческих способностей учащихся и их интереса к физике // Физика в школе. 1990. №3. С. 23–33.
2. Кузнецов В. И., Омаров Ш. М. Пути гуманизации школы: образование как научно–исследовательская деятельность // Химия в школе. 1993. №6. С. 9–12.
3. Бархаев Б. Логико–дидактические проблемы развивающего обучения // Вестник высшей школы. 1990. №1. С. 36–41.
4. Бесчастнов А. Г. Научить учащихся ставить вопросы: [об активизации мыслительной деятельности на уроках химии] // Среднее специальное образование. 1988. №7. С. 14–16.
5. Бесчастнов А. Г. Проблемно–методологическое обучение химии. Минск: Изд–во Минского ун–та, 1990. С. 95.
6. Фокин Ю. Г. Методы обучения в вузе, ориентированные на формирование у студентов определенных видов деятельности // Основные результаты исследований НИИ высшего образования в 1989 году. 1990. С. 197–213.
7. Вербицкий А., Попов Ю., Подлеснов В., Андросюк Е. Самостоятельная работа студентов: проблемы и опыт // Высшее образование в России. 1995. №2. С. 137–145.
8. Шабанов А. В., Стрюков Г. А. Использование приемов развития мышления при обучении химии // Химия в школе. 1993. №6. С. 33–36.
9. Ягодин Г. И. Задачи повышения качества химического образования // Вестник АН СССР. 1988. №5. С. 50–58.
10. Кукова Г. Г. Из опыта составления тестовых заданий [по курсу «Основы общей химии: XI класс»] // Химия в школе. 1995. №2. С. 43–46.
11. Решетова З. А., Дерябина Н. Е., Чумачева О. М. Введение в химию. 1 год обучения (учебник–тетрадь). М.: Изд–во МГУ, 1996. С. 113.
12. Суровцева Р. П. Савицкий С. Н., Иванова Р. Г. Задания по химии для самостоятельной работы учащихся. М.: Просвещение, 1977. С. 176.
13. Лабовиц Л., Аренс Дж. Задачи по физической химии с решениями. М.: Мир, 1972. С. 422.
14. Гамеева О. С. Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии. М.: Высшая школа, 1980. С. 191.
15. Захарченко В. Н. Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии: учеб. пособие для пед. институтов. М.: Просвещение, 1978. С. 175.
16. Карапетьянц М. Х. Примеры и задачи по химической термодинамике. М.: Химия, 1974. С. 301.

17. Сборник вопросов и задач по физической химии для самоконтроля: учеб. пособие для вузов. / Под ред. С. Ф. Белевского. М.: Высшая школа, 1979. С. 119.
18. Соляков В.К. Введение в химическую термодинамику: программируемое пособие по физической химии. М.: Химия, 1974. С. 221.
19. Стромберг А. Г. Сборник вопросов и задач по химической термодинамике. М.: Высшая школа, 1985. С. 192.
20. Киселева Е. В. и др. Сборник примеров и задач по физической химии. М.: Высшая школа, 1976. С. 493.
21. Кудряшов И. В., Каретников Г. С. Сборник примеров и задач по физической химии: Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1991. С. 527.
22. Курс физической химии / Под ред. чл. – корр. АН СССР проф. Герасимова Я. И. М.: Химия, 1973. Т. 1,2.
23. Мелвин – Хьюз. Физическая химия / Пер. с англ. проф. Е. Н. Еремина. М.: Изд – во иностр. лит., 1962. С. 1148.
24. Еремин Е. Н. Основы химической термодинамики. М.: Высшая школа, 1978. С. 391.
25. Полторац О. М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа, 1978. С. 318.
26. Полторац О. М. Лекции по химической термодинамике: (общая и химическая термодинамика). М.: Изд – во Московского ун – та, 1971. С. 256.
27. Макарова Л. Л. Термодинамика химических процессов. – Ижевск, изд – во Удмуртского ун – та, 1996. С. 240.
28. Стромберг А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1988. С. 192.
29. Степин Б. Д. Применение международной системы единиц физических величин в химии. М.: Высшая школа, 1990. С. 96.
30. Бидstrup Херлуф. «Я буду рад, если вы иногда улыбнетесь...»: юмористические и сатирические рассказы в рисунках. Сост. Э. В. Волков. Устинов: Удмуртия, 1986. С. 140.

Людмила Леонидовна Макарова

Елена Олеговна Прокопенко

Наталья Евгеньевна Дерябина

**Рабочая тетрадь
по физической химии**

Учебное пособие для студентов

Изготовление оригинал-макета и техническое редактирование
произведено самими авторами

Лицензия ЛР № 020411 от 18.02.97. Сдано в производство 20.03.97. Формат 60 x 84 1/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 6. Уч-изд.л. 5,64. Тираж 100 экз. Заказ № 19.

Издательство Удмуртского университета, 426000, г.Ижевск, ул. Майская, 23.

Отпечатано в издательстве Удмуртского университета, 426000, г.Ижевск, ул. Майская, 23.