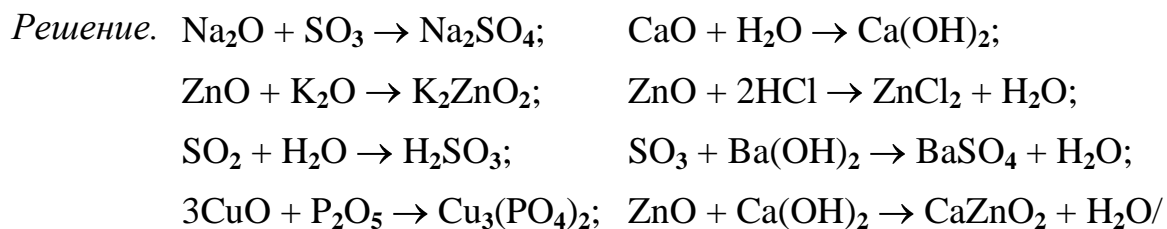
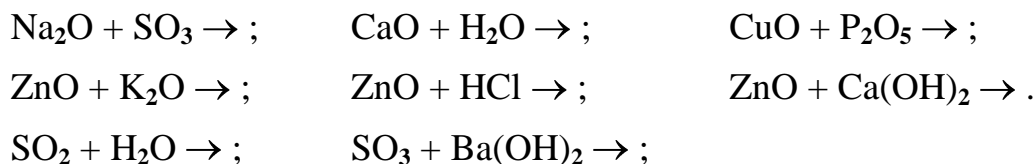


Задача № 5. Составить уравнения следующих химических реакций:

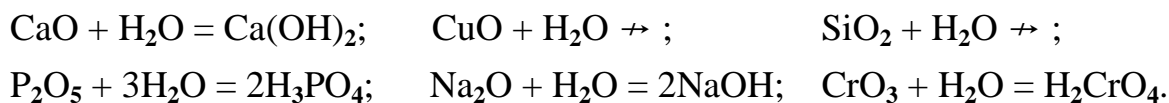


Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 6. Какие из перечисленных оксидов будут взаимодействовать с водой: CaO , Na_2O , SiO_2 , CuO , P_2O_5 , CrO_3 ?

Решение. С водой взаимодействуют кислотные оксиды, за исключением SiO_2 , и оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов:

оксид щелочного или щелочно-земельного металла + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ щелочь;
кислотный оксид + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ кислота.

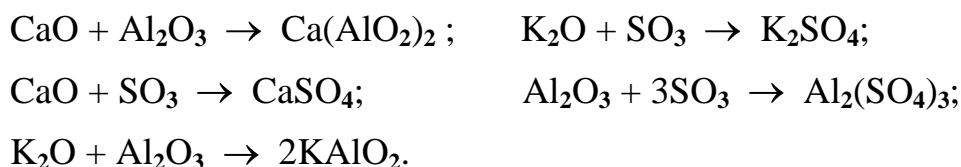


Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 7. Какие из оксидов будут реагировать попарно: CaO , K_2O , Al_2O_3 , SO_3 ?

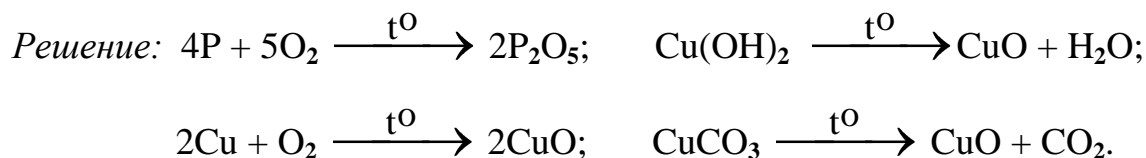
Решение. Известно:

основной оксид + кислотный оксид \rightarrow соль;
амфотерный оксид + кислотный оксид \rightarrow соль;
амфотерный оксид + основной оксид \rightarrow соль.



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 8. Как можно получить следующие оксиды: P_2O_5 , CuO ?



1.9.2. Типовые задачи с решениями по основаниям

Задача № 1. Назвать следующие основания по международной номенклатуре: KOH, Al(OH)₃, CuOH, Cu(OH)₂.

Решение. KOH – гидроксид калия;
 Al(OH)₃ – гидроксид алюминия;
 CuOH – гидроксид меди (I);
 Cu(OH)₂ – гидроксид меди (II).

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 2. Найти эмпирические формулы следующих оснований: гидроксид железа (III), гидроксид бария, гидроксид аммония.

Решение. Гидроксид железа (III) – Fe(OH)₃;
 гидроксид бария – Ba(OH)₂;
 гидроксид аммония – NH₄OH.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 3. Привести графические формулы следующих оснований: LiOH, Zn(OH)₂, Fe(OH)₃.

Решение. LiOH: Li – O – H; Zn(OH)₂: Zn $\begin{matrix} \diagup O - H \\ \diagdown O - H \end{matrix}$; Fe(OH)₃: Fe $\begin{matrix} \diagup O - H \\ \diagdown O - H \\ \diagdown O - H \end{matrix}$.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 4. К каким типам относятся следующие основания: LiOH, KOH, Ca(OH)₂, Ba(OH)₂, Al(OH)₃, Zn(OH)₂, Cr(OH)₂, Fe(OH)₂, Ni(OH)₂ ?

Решение. К щелочам относятся растворимые основания – основания щелочных, щелочно-земельных металлов и NH₄OH: LiOH, KOH, Ca(OH)₂, Ba(OH)₂. К амфотерным основаниям относятся основания тех металлов, кото-

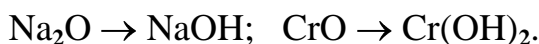
рые образуют амфотерные оксиды: $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$. К нерастворимым основаниям – все остальные основания: $\text{Cr}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 5. По формулам оксидов Na_2O и CrO составить формулы соответствующих гидроксидов.

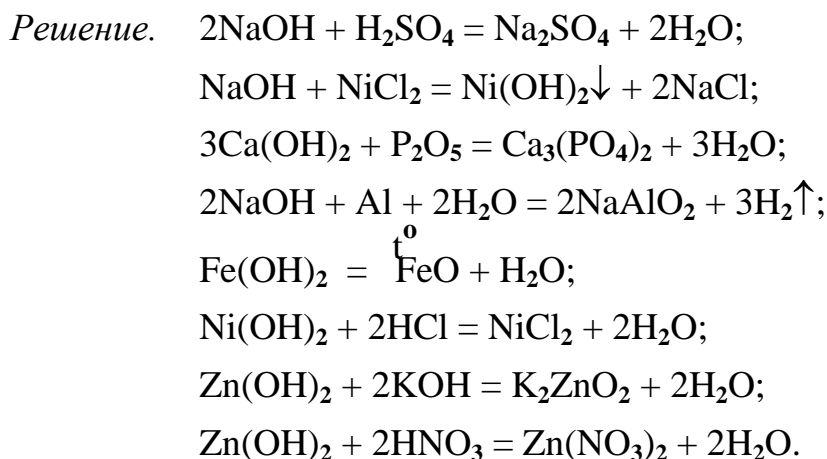
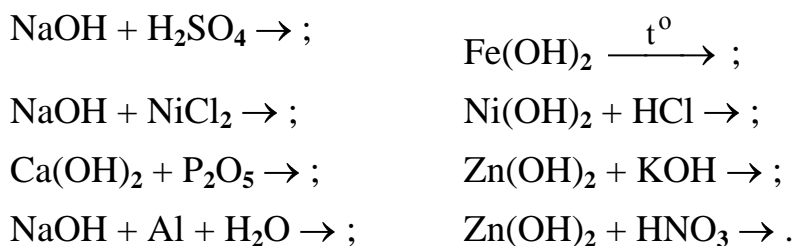
Решение. Так как оксиды Na_2O и CrO обладают основными свойствами, то их гидроксиды также должны проявлять основные свойства и должны относиться к основаниям.

Определив валентность элемента и зная формульную валентность группы OH , равную 1, составляем формулы оснований:



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

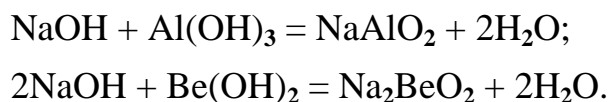
Задача № 6. Составить уравнения следующих химических реакций:



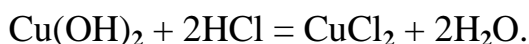
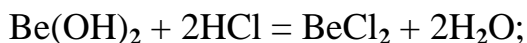
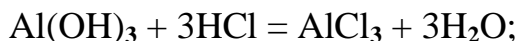
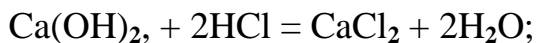
Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 7. Какие из перечисленных оснований будут взаимодействовать с NaOH ; HCl : $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Be}(\text{OH})_2$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$?

Решение. Со щелочью будут реагировать только амфотерные основания:



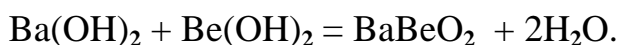
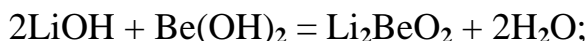
С кислотами реагируют все типы оснований:



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 8. Какие из перечисленных оснований будут реагировать попарно: LiOH , Ba(OH)_2 , Be(OH)_2 , Cu(OH)_2 ?

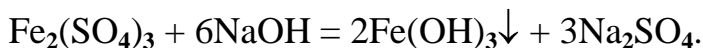
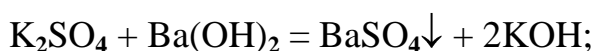
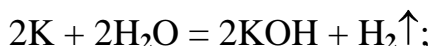
Решение. Известно, что амфотерное основание + щелочь \rightarrow соль + H_2O :



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 9. Как можно получить следующие основания: KOH и Fe(OH)_3 ?

Решение. $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH}$;



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

1.9.3. Типовые задачи с решениями по кислотам

Задача № 1. Назвать следующие кислоты: HCl , H_2S , H_2SO_4 , H_2SO_3 , H_3PO_4 , HNO_3 , HNO_2 , H_2CO_3 .

Решение. HCl – кислота хлороводородная;

H_2S – кислота сероводородная;

H_2SO_4 – кислота серная;

H_2SO_3 – кислота сернистая;

H_3PO_4 – кислота фосфорная;

HNO_3 – кислота азотная;

HNO_2 – кислота азотистая;

H_2CO_3 – кислота угольная.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

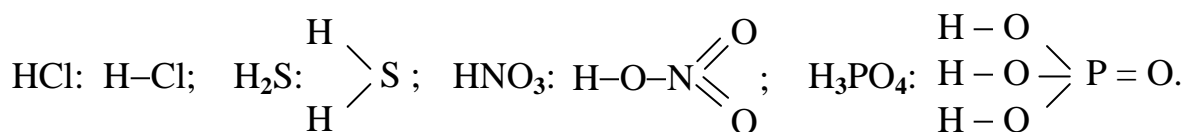
Задача № 2. Найти эмпирические формулы следующих кислот: бромоводородная кислота, хромовая кислота, селеновая кислота.

Решение. Бромоводородная кислота – HBr;
 хромовая кислота – H₂CrO₄;
 селеновая кислота – H₂SeO₄.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 3. Привести графические формулы следующих кислот: HCl, H₂S, HNO₃, H₃PO₄.

Решение.



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 4. К каким типам относятся следующие кислоты: HCl, HNO₃, H₂S, H₂SO₄, H₂CrO₄, HVO₃, HF, H₃PO₄ ?

Решение. Бескислородные кислоты: HCl, H₂S, HF.

Кислородсодержащие кислоты: HNO₃, H₂SO₄, H₂CrO₄, HVO₃, H₃PO₄.

Классифицировать кислоты можно также по числу атомов водорода, способных замещаться в молекуле кислоты:

одноосновные – HCl, HNO₃, HVO₃, HF;

двухосновные – H₂S, H₂SO₄, H₂CrO₄;

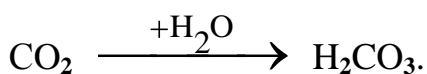
трехосновные – H₃PO₄.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

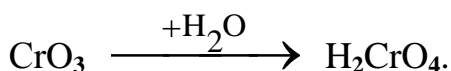
Задача № 5. По формулам Al₂O₃, MnO₂, CO₂, CrO₃ составить формулы соответствующих гидроксидов.

Решение. Гидроксиды кислотных оксидов являются кислотами, а гидроксиды амфотерных оксидов проявляют также амфотерные свойства и могут выступать в роли как кислот, так и оснований.

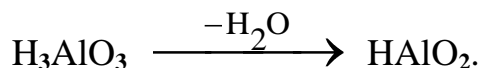
CO₂ – кислотный оксид; H₂CO₃ – кислота;



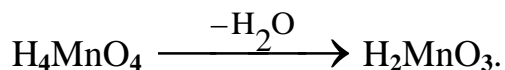
CrO₃ – кислотный оксид; H₂CrO₄ – кислота;



Al_2O_3 – амфотерный оксид, $\text{Al}(\text{OH})_3$ – амфотерный гидроксид; $\text{Al}(\text{OH})_3$ может выступать в роли как основания $\text{Al}(\text{OH})_3$, так и кислоты H_3AlO_3 или HAlO_2 ;

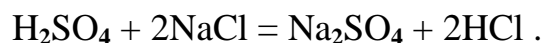
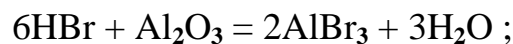
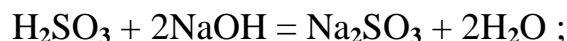
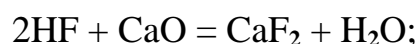
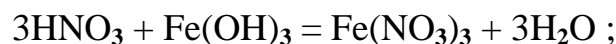
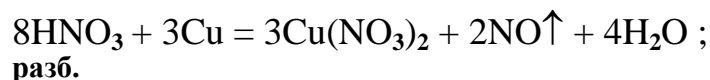
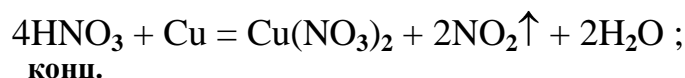
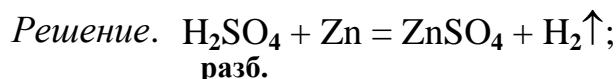
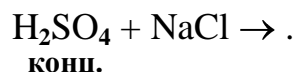
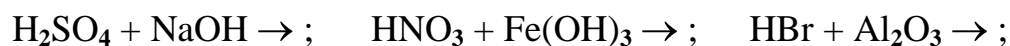
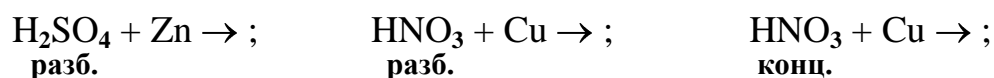


MnO_2 – амфотерный оксид, $\text{Mn}(\text{OH})_4$ – амфотерный гидроксид, $\text{Mn}(\text{OH})_4$ может выступать в роли как основания $\text{Mn}(\text{OH})_4$, так и кислоты H_2MnO_3 , полученной в результате отщепления 1 молекулы H_2O от H_4MnO_4 ;



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

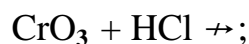
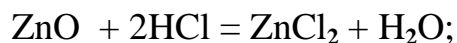
Задача 6. Составить уравнения следующих химических реакций:

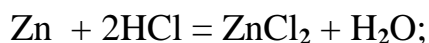
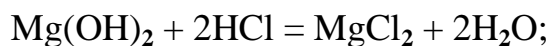


Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 7. С какими из перечисленных веществ будет реагировать

HCl : Na_2O , ZnO , CrO_3 , SO_2 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, Zn , Cu ?

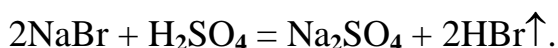
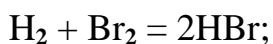




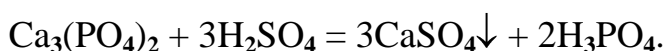
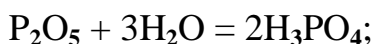
Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 8. Как можно получить следующие кислоты: HBr и H₃PO₄ ?

Решение. HBr – бескислородная кислота, ее получают следующими способами:



H₃PO₄ – кислородсодержащая кислота, ее получают следующими способами:



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

1.9.4. Типовые задачи с решениями по солям

Задача № 1. Назвать следующие соли по международной номенклатуре:

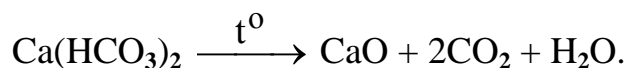
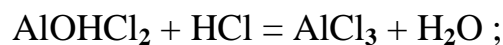
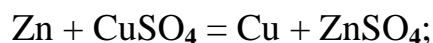
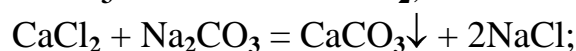
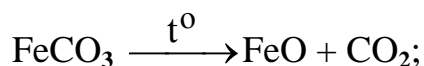
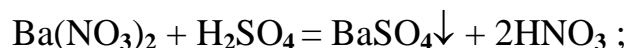
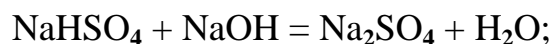
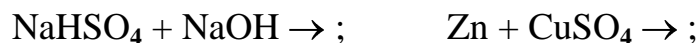
CaCl₂, Na₂S, K₂SO₃, Li₂SO₄, Fe(NO₃)₃, Fe(NO₂)₂, Ca₃(PO₄)₂, NaHPO₄, Na₂HPO₄, Fe(OH)₂Cl, (FeOH)₂SO₄.

Решение.

CaCl ₂	– хлорид кальция;
Na ₂ S	– сульфид натрия;
K ₂ SO ₃	– сульфит калия;
Li ₂ SO ₄	– сульфат лития;
Fe(NO ₃) ₃	– нитрат железа (III);
Fe(NO ₂) ₂	– нитрит железа (II);
Ca ₃ (PO ₄) ₂	– фосфат кальция;
NaH ₂ PO ₄	– дигидрофосфат натрия;
Na ₂ HPO ₄	– гидрофосфат натрия;
Fe(OH) ₂ Cl	– дигидроксохлорид железа (II);
(FeOH) ₂ SO ₄	– гидроксосульфат железа (II).

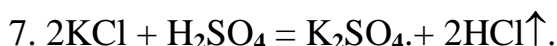
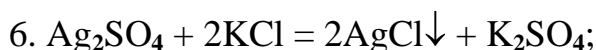
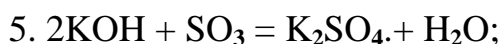
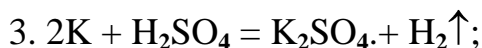
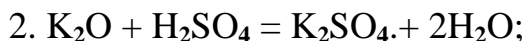
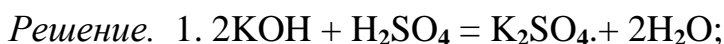
Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 5. Составить уравнения следующих химических реакций:



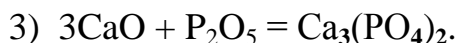
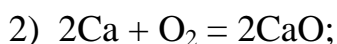
Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 6. Предложить все возможные методы получения соли K_2SO_4 .



1.9.5. Типовые задачи с решениями по взаимосвязи между классами неорганических веществ

Задача № 1. Исходя из P, O₂ и Ca получить Ca₃(PO₄)₂.



Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 2. Исходя из Zn, Na, H₂O и CuSO₄ получить Na₂ZnO₂.

Решение. 1) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$;

2) $\text{CuSO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$;

3) $\text{ZnSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$;

4) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

Задача № 3. Осуществить следующие цепочки химических превращений:

1) $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{AgCl}$;

2) $\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3$.

Решение. 1) $\text{Cl}_2 + 2\text{Na} = 2\text{NaCl}$;

$2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$;

$2\text{HCl} + \text{Zn} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$;

$\text{ZnCl}_2 + \text{Mg} = \text{MgCl}_2 + \text{Zn}$;

$\text{MgCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

2) $4\text{Na} + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O}$;

$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$;

$2\text{NaOH} + \text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;

$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaOH}$;

$\text{NaOH} + \text{HNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Рекомендуем самостоятельно составить подобную задачу и решить ее.

1.10. Упражнения и задачи для самостоятельного решения

1. Написать формулы оксидов K, Ba, Al, Si, P, S, Cl, Os, зная, что валентность элемента соответствует номеру группы периодической системы.
2. Назвать следующие оксиды по международной номенклатуре: Cu₂O, CuO, ZnO, Al₂O₃, Mn₂O₃, MnO₂, CO₂, P₂O₅, SO₃, Mn₂O₇, RuO₄.
3. К каким типам относятся следующие оксиды: N₂O₃, Na₂O, BaO, Cl₂O, Al₂O₃, WO₃, SnO, PbO₂, MnO, FeO ?
4. Карбонат магния MgCO₃ при нагревании разлагается на два оксида. Рассчитать, какое количество каждого оксида образуется при разложении 210 кг MgCO₃.

5. Какие из перечисленных оксидов будут взаимодействовать с водой при обычных условиях: CO , CO_2 , K_2O , BaO , SO_3 , CuO ? Написать уравнения возможных реакций.
6. Какие оксиды могут быть получены нагреванием следующих веществ: H_2SiO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, BaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$? Составить графические формулы соответствующих оксидов.
7. С какими из перечисленных оксидов будет реагировать соляная кислота: SiO_2 , CuO , SO_2 , Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , CO_2 ? Написать уравнения возможных реакций.
8. В технике оксид бария получают путем нагревания нитрата бария $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ по уравнению реакции: $2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{BaO} + 2\text{N}_2 + 5\text{O}_2$. Рассчитать, какое количество BaO можно получить из 5,2 г $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.
9. Какие из оксидов будут реагировать попарно: ZnO , CO_2 , BaO , Li_2O , CrO_3 ?
10. Составить графические формулы гидроксидов следующих металлов: лития (I), марганца (II), свинца (II), хрома (III), олова (IV), марганца (IV).
11. Какие из приведенных веществ будут попарно взаимодействовать: LiOH и NaOH , KOH и SO_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$ и CO_2 , NaOH и P_2O_5 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и CO_2 ?
12. По формулам оксидов составить формулы соответствующих гидроксидов: FeO , MgO , K_2O , Cu_2O , CuO , Li_2O , BaO .
13. Какие из приведенных ниже гидроксидов растворяются в щелочах: $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$? Написать уравнения возможных реакций.
14. Какие из перечисленных веществ будут взаимодействовать с гидроксидом натрия: K_2O , ZnO , SO_3 , H_2SO_4 , CuSO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, CaO , CO_2 , FeCl_3 ? Написать уравнения возможных реакций.
15. Найти формулы гидроксидов, имеющих следующий состав:
- 1) $\text{Mn} - 61,8 \%$, $\text{O} - 36,0 \%$, $\text{H} - 2,3 \%$;
 - 2) $\text{Mn} - 77,7 \%$, $\text{O} - 21,0 \%$, $\text{H} - 1,3 \%$;
 - 3) $\text{Mn} - 75,3 \%$, $\text{O} - 23,2 \%$, $\text{H} - 1,5 \%$.
16. Как получить гидроксид магния исходя из магния, кислорода и воды? Написать уравнения соответствующих реакций. Можно ли подобным путем получить гидроксид меди?

17. Какие кислоты могут быть получены при непосредственном взаимодействии с водой следующих оксидов: N_2O_3 , CO_2 , SO_3 , Mn_2O_7 , WO_3 ? Составить графические формулы полученных кислот.
18. Какие кислоты можно получить непосредственным взаимодействием простых веществ с водородом? Привести примеры, назвать соответствующие кислоты.
19. Смесь оксида меди (II) с медью обработали избытком соляной кислоты и отфильтровали. Что осталось на фильтре и что перешло в раствор? Написать уравнения возможных реакций.
20. С какими из перечисленных веществ будет реагировать разбавленная серная кислота: CuO , CO_2 , BaO , $BaCl_2$, HNO_3 , P_2O_5 , Zn , Cu , $Al(OH)_3$? Составить уравнения возможных реакций.
21. По формулам кислот составить формулы соответствующих кислотных оксидов: H_2SO_4 , H_3PO_4 , H_2CrO_4 , H_2SiO_3 , H_3AsO_4 , $HClO$.
22. Какому количеству оксида фосфора (V) соответствует 392 г фосфорной ортокислоты?
23. Какие из приведенных веществ будут попарно взаимодействовать: HCl и H_2SO_4 , HCl и $Fe(OH)_3$, H_2SO_4 и MgO , H_2SO_4 и CO_2 , H_2SO_4 и $Ba(NO_3)_2$, H_3PO_4 и $Ca(OH)_2$? Написать уравнения возможных реакций.
24. Дать названия приведенным солям: $Al(NO_3)_3$, $NaHS$, $Ca(HCO_3)_2$, $(CuOH)NO_3$, $FeCl_3$, $KHCO_3$, $Al(OH)_2Cl$.
25. Написать эмпирические формулы соответствующих солей: сульфат калия, нитрат бария, карбонат натрия, фосфат кальция, сульфит натрия, иодид калия, хлорат натрия, перманганат калия, нитрит натрия, гидросульфат кальция, гидроксохлорид меди (II), гидросульфат натрия, гидроксонитрат алюминия.
26. Закончить следующие уравнения реакций:
- $$Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow ; \quad ZnSO_4 + Mg \rightarrow ; \quad CuCl_2 + KOH \rightarrow ;$$
- $$MgOHCl + HCl \rightarrow ; \quad K_2CO_3 + HCl \rightarrow ; \quad Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow .$$
27. Составить графические формулы следующих солей: сульфид кальция, сульфат кальция, гидрокарбонат калия, гидроксохлорид кальция.
28. К раствору, содержащему 40 г сульфата меди, прибавили 12 г железных опилок. Рассчитать, останется ли в растворе сульфат меди после того, как закончится реакция.

29. К раствору, содержащему 2 моль гидроксида натрия, прибавили 2 моль серной кислоты. Затем раствор выпарили досуха. Какая соль и в каком количестве при этом образовалась?
30. 10 г оксида магния обработали раствором, содержащим 28 г серной кислоты. Сколько граммов соли образовалось?
31. Как получить нитрат цинка, если имеются растворы: $ZnCl_2$, $NaNO_3$, KNO_3 , $AgNO_3$?
32. Как получить сульфат магния исходя из следующих веществ: а) магния; б) оксида магния; в) гидроксида магния; г) карбоната магния? Написать уравнения соответствующих реакций.
33. Даны следующие вещества: оксид бария, сульфат железа (II), вода, серная кислота, оксид меди (II). Как, используя эти вещества, получить: а) гидроксид бария, б) гидроксид железа (II), в) гидроксид меди (II)? Написать уравнения соответствующих реакций.
34. Исходя из угля, кальция и кислорода получить карбонат кальция. Написать уравнения соответствующих реакций.
35. Осуществить следующие превращения:
- $Ca \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$;
 - $Al \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow NaAlO_2$;
 - $Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow FeO \rightarrow FeCl_2 \rightarrow FeCO_3$;
 - $S \rightarrow Na_2S \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow BaSO_3$;
 - $N_2 \rightarrow Li_3N \rightarrow NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 \rightarrow NH_4Cl \rightarrow NH_3$;
 - $P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2$.
36. Написать уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
- $CuSO_4 \rightarrow Cu \rightarrow CuO \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(OH)NO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2$;
 - $Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 \rightarrow Ca(HSO_4)_2$;
 - $CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow Cu$;
 - $Al \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow AlOHCl_2 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Na_3AlO_3$;
 - $Fe \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow FeOH(NO_3)_2 \rightarrow Fe(NO_3)_3$;
 - $K \rightarrow KOH \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KHSO_4$;
 - $CrCl_3 \rightarrow CrOHCl_2 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow K_3CrO_3$;
 - $P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4 \rightarrow (NH_4)_3PO_4$.

37. Составить уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующий цикл превращений: углекислый барий \rightarrow диоксид углерода \rightarrow углекислый барий \rightarrow гидрокарбонат бария \rightarrow угольная кислота; осуществить превращения веществ: фосфор \rightarrow фосфорный ангидрид \rightarrow фосфорная кислота \rightarrow дигидрофосфат аммония \rightarrow фосфат аммония.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ. РАСЧЕТЫ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЕ, УРАВНЕНИЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ И ПО ГАЗОВЫМ ЗАКОНАМ

2.1. Задачи по атомно-молекулярному учению

2.1.1. Типовые задачи с решениями

Задача № 1. Определение формул химических соединений элементов с использованием правила взаимной насыщенности валентностей.

Пример. Найти эмпирическую формулу оксида железа, зная, что кислород двухвалентен, а железо трехвалентно.

Решение. Записываем символы химических элементов и обозначаем римскими цифрами валентности элементов:



Для определения индексов воспользуемся правилом взаимной насыщенности валентностей:

$$V_{\text{Fe}} i_{\text{Fe}} = V_{\text{O}} i_{\text{O}},$$

где V – валентность; i – индекс.

Находим самое простое отношение между индексами железа и кислорода:

$$i_{\text{Fe}} \cdot 3 = i_{\text{O}} \cdot 2;$$

$$\frac{i_{\text{Fe}}}{i_{\text{O}}} = \frac{2}{3}.$$

Эмпирическая формула искомого оксида железа Fe_2O_3 .

Задача № 2. Определение валентности химических элементов в соединениях.

Пример. Найти валентность азота в оксиде азота N_2O_5 . Известно, что валентность кислорода постоянна и равна 2.

Решение. Применим правило взаимной насыщаемости валентностей:

$$V_N i_N = V_O i_O,$$

откуда
$$V_N = \frac{V_O i_O}{i_N} = \frac{2 \cdot 5}{2} = 5.$$

Валентность азота в N_2O_5 равна 5.

Задача № 3. Определение относительной молекулярной массы в химических соединениях.

Пусть $B_iC_jD_k$ – химическое соединение, где B, C, D – химические элементы; i, j, k – их индексы.

Тогда $M_{r,B_iC_jD_k} = i A_{r,B} + j A_{r,C} + k A_{r,D}$, где A_r – относительная атомная масса.

Пример. Определить относительную молекулярную массу сульфата натрия Na_2SO_4 .

Решение.
$$M_{r,Na_2SO_4} = 2 \cdot A_{r,Na} + 1 \cdot A_{r,S} + 4 \cdot A_{r,O} =$$
$$= 2 \cdot 23 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 142.$$

Задача № 4. Определение молярной массы химических соединений по эмпирической формуле.

Для соединения $B_iC_jD_k$ мы имеем:

$$M_{B_i,C_jD_k} = i M_B + j M_C + k M_D.$$

Пример. Определить молярную массу нитрата кальция $Ca(NO_3)_2$.

Решение.
$$M_{Ca(NO_3)_2} = 1 \cdot M_{Ca} + 2 \cdot M_N + 6 \cdot M_O =$$
$$= 1 \cdot 40 + 2 \cdot 14 + 6 \cdot 16 = 164 \text{ г/моль.}$$

Задача № 5. Определение числа молей n_M , содержащихся в определенной массе простых и сложных веществ:

$$n_M = \frac{m}{M},$$

где n_M – число молей;

m – масса вещества, г;

M – молярная масса, г/моль.

Пример 1. Определить число молей атомов в 60 г углерода.

Решение. $M_C = 12$ г/моль;

$$n_{M,C} = \frac{m_C}{M_C} = \frac{60 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 5 \text{ моль атомов углерода.}$$

Пример 2. Определить число молей молекул в 300 г углекислого кальция CaCO_3 .

Решение. $M_{\text{CaCO}_3} = 100$ г/моль;

$$n_{M,\text{CaCO}_3} = \frac{m}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{300 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 3 \text{ моль молекул CaCO}_3.$$

Задача № 6. Определение числа атомов и молекул, содержащихся в определенной массе вещества:

$$n = n_M N_A = \frac{m}{M} N_A,$$

где n – число атомов в простом веществе или число молекул в сложном веществе;

N_A – число Авогадро, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹;

m – масса вещества, г;

M – его молярная масса, г/моль.

Пример 1. Найти число атомов в 3,2 г серы.

Решение. $n_{\text{атомов}} = \frac{m}{M} N_A = \frac{3,2 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 6,02 \cdot 10^{22}$ атомов.

Пример 2. Найти число молекул Na_2O в 6,2 г оксида натрия.

Решение. $n_{\text{молекул}} = \frac{m}{M_{\text{Na}_2\text{O}}} N_A = \frac{6,2 \text{ г}}{62 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} =$
 $= 6,02 \cdot 10^{22}$ молекул.

Задача № 7. Определение абсолютной массы атомов и молекул:

$$m_{\text{атома,молекулы}} = \frac{M}{N_A},$$

где $m_{\text{атома,молекулы}}$ выражена в граммах.

Пример. Определить массу молекулы NO .

Решение. $m_{\text{NO}} = \frac{M_{\text{NO}}}{N_A} = \frac{30 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 5 \cdot 10^{-23}$ г.

2.1.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Определить число молей и число молекул в 0,486 г магния.
2. Одинаково ли число молекул в 1 г водорода и в 1 г кислорода? Ответ подтвердите соответствующими расчетами.
3. Выразить в молях и в граммах $2,00 \cdot 10^{23}$ молекул ацетилена C_2H_2 .

2.2. Расчеты по химической формуле

2.2.1 Типовые задачи с решениями

Задача № 1. Определение массы химического элемента, содержащегося в определенной массе химического соединения.

Пусть $B_iC_jD_k$ – общая формула химического соединения, тогда:

$M_{B_iC_jD_k}$ содержит iM_B ,

$m_{B_iC_jD_k}$ содержит X г В.

$$X = m_B = \frac{m_{B_iC_jD_k} iM_B}{M_{B_iC_jD_k}},$$

где $m_{B_iC_jD_k}$ – масса химического соединения $B_iC_jD_k$;

m_B – масса химического элемента В, содержащегося в массе $m_{B_iC_jD_k}$ химического соединения.

Пример. Определить массу кислорода, содержащегося в 148 г гидроксида кальция $Ca(OH)_2$.

Решение. $M_{Ca(OH)_2} = 74$ г/моль;

$M_0 = 16$ г/моль; $i = 2$;

$$m = \frac{m_{Ca(OH)_2} iM_0}{M_{Ca(OH)_2}} = \frac{148 \cdot 2 \cdot 16}{74} = 64 \text{ г.}$$

Задача № 2. Определение массы химического соединения, содержащего определенную массу химического элемента.

Для соединений общей формулы $B_iC_jD_k$ мы имеем:

iM_B содержится в $M_{B_iC_jD_k}$;

m_B содержится в X г $B_iC_jD_k$.

$$X = m_{B_i C_j D_k} = \frac{m_B M_{B_i C_j D_k}}{i M_B}.$$

Пример. Определить массу оксида магния MgO, содержащего 6 г магния.

Решение. $M_{MgO} = 40$ г/моль;

$M_{Mg} = 24$ г/моль; $i = 1$;

$$m_{MgO} = \frac{m_{Mg} M_{MgO}}{i M_{Mg}} = \frac{6 \cdot 40}{1 \cdot 24} = 10 \text{ г.}$$

Задача № 3. Определение процентного содержания химического элемента в химическом соединении.

Процентное содержание химического элемента в химическом соединении – это его массовое количество, содержащееся в 100 массовых частях химического соединения.

$M_{B_i C_j D_k}$ содержит $i M_B$;

100 г $B_i C_j D_k$ содержит X г В (% В).

$$\%B = \frac{i \cdot 100 M_B}{M_{B_i C_j D_k}},$$

где % В – процентное содержание элемента В.

Массовая доля элемента В в соединении – ω_B :

$$\omega_B = \frac{i M_B}{M_{B_i C_j D_k}}.$$

Пример. Определить процентное содержание железа в Fe_3O_4 .

$M_{Fe_3O_4} = 232$ г/моль; $M_{Fe} = 56$ г/моль; $i = 3$;

$$\%Fe = \frac{i \cdot 100 M_{Fe}}{M_{Fe_3O_4}} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 56}{232} = 72,4\%.$$

$$\omega_{Fe} = 0,724.$$

Аналогичным образом можно определить процентное содержание других элементов в соединении, т.е. процентный состав соединения.

Необходимо помнить, что для соединения $B_i C_j D_k$

$$\% B + \% C + \% D = 100 \%.$$

Задача № 4. Вывод химической формулы на основании процентного состава соединения и его молярной массы.

Из предыдущей задачи известно, что процентное содержание элемента B в химическом соединении $B_iC_jD_k$ определяется по формуле

$$\%B = \frac{i \cdot 100 M_B}{M_{B_iC_jD_k}},$$

отсюда
$$i = \frac{\%B M_{B_iC_jD_k}}{100 M_B}.$$

Пример. Согласно результатам количественного анализа неизвестное соединение содержит

$$\% H = 11,1 \%; \quad \% C = 88,9 \%.$$

Его молярная масса равна 54 г/моль. Определить молекулярную формулу соединения.

Решение. Неизвестное соединение имеет молекулярную формулу C_iH_j .

$$i = \frac{\%C M_{C_iH_j}}{M_C \cdot 100} = \frac{88,9 \cdot 54}{12 \cdot 100} = 4;$$

$$j = \frac{\%H M_{C_iH_j}}{M_H \cdot 100} = \frac{11,1 \cdot 54}{1 \cdot 100} = 6$$

Таким образом, молекулярная формула – C_4H_6 .

Задача № 5. Определение массы включающего примеси химического соединения, которое содержит определенную массу химического элемента.

Пример. Минерал содержит 75 % PbS. Какое количество этого минерала содержит 200 г свинца?

Решение. Вначале определяется масса чистого химического соединения PbS, в которой содержится 200 г свинца:

$$m_{PbS} = \frac{m_{Pb} M_{PbS}}{i M_{Pb}} = \frac{200 \cdot 239}{1 \cdot 207} = 231 \text{ г PbS.}$$

Затем определяется масса вещества с примесью, т.е. масса минерала:

$$m_{\text{в-ва с примесью}} = \frac{m_{\text{чистого вещества}} \cdot 100\%}{\% \text{ содержания чистого в-ва}};$$

$$m_{\text{минерала}} = \frac{m_{\text{PbS}} \cdot 100\%}{75\%} = \frac{231 \cdot 100}{75} = 308 \text{ г.}$$

Задача № 6. Определение массы химического элемента, которая содержится в определенной массе химического соединения, включающего примесь.

Пример. Минерал германия содержит 80 % диоксида германия GeO_2 . Найти массу германия, содержащегося в 250 г этого минерала.

Решение. Вначале определяется масса двуокиси германия, которая содержится в 250 г минерала:

$$m_{\text{чистого в-ва}} = \frac{m_{\text{в-ва с примесью}} \cdot \% \text{ содержания чистого в-ва}}{100\%};$$

$$m_{\text{GeO}_2} = \frac{m_{\text{минерала}} \cdot 80\%}{100\%} = \frac{250 \cdot 80}{100} = 200 \text{ г.}$$

Затем определяется масса химического элемента:

$$m_{\text{Ge}} = \frac{m_{\text{GeO}_2} \cdot M_{\text{Ge}}}{M_{\text{GeO}_2}} = \frac{200 \cdot 72,5}{104,5} = 135 \text{ г.}$$

2.2.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Определить массу марганца в 1 т пиролюзита, содержащего 60 % MnO_2 .

2. Сколько хлороводорода можно получить из 20 кг водорода, если потери производства составляют 12 %?

3. В каком из соединений больше процентное содержание свинца – в PbO или в PbO_2 ? Ответ подтвердите соответствующими расчетами.

4. Найти простейшую и истинную формулу газа, имеющего следующий состав: 82,76 % C; 17,24 % H. Плотность по воздуху равна 2,01.

5. При прокаливании 2,94 г кристаллогидрата хлорида кальция выделилось 1,45 г воды. Составить формулу данного кристаллогидрата.

6. При сжигании 6,2 г кремневодорода получено 12 г диоксида SiO₂. Плотность кремневодорода по воздуху равна 2,14. Вывести молекулярную формулу кремневодорода.

2.3. Расчеты по газовым законам (нормальные условия)

2.3.1. Типовые задачи с решениями

Для осуществления любого расчета по газовым законам для нормальных условий используются следующие формулы:

$$M = \rho V_M = D_{\text{воздух}} \cdot 29 = D_{\text{H}_2} \cdot 2;$$

$$n_M = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_M} = \frac{n_{\text{молекул}}}{N_A},$$

где M – молярная масса, г/моль;

ρ – плотность газа, г/л;

$D_{\text{воздух}}$, D_{H_2} – относительные плотности по воздуху и по водороду;

n_M – число молей газа;

m – масса газа, г;

V – объем газа, л;

V_M – молярный объем, $V_M = 22,414$ л/моль;

$n_{\text{молекул}}$ – число молекул газа;

N_A – число Авогадро, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

Используя эти две формулы, можно рассчитать, например:

- число молекул, содержащихся в определенном объеме газа;
- число молей, содержащихся в определенном объеме газа;
- объем, занимаемый определенной массой газа;
- массу определенного объема газа;
- плотность и относительную плотность газа по молярной массе газа;
- молярную массу неизвестного газа на основе плотности или относительной плотности.

Пример 1. Найти число молекул CO₂, содержащихся в 11,2 л углекислого газа (н.у.).

Решение.

$$\frac{V}{V_M} = \frac{n_{\text{молекул}}}{N_A};$$

$$n_{\text{молекул}} = \frac{V N_A}{V_M} = \frac{11,2 \text{ л} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{22,4 \text{ л/моль}} = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}$$

Пример 2. Определить число молей SO_2 , содержащихся в 3 л сернистого газа (н.у.).

Решение.
$$n_M = \frac{V}{V_M} = \frac{1,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,134 \text{ моль.}$$

Пример 3. Найти объем, занимаемый 32 г CH_4 (н.у.).

Решение.
$$\frac{m}{M} = \frac{V}{V_M}; \quad V = \frac{m V_M}{M} = \frac{32 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{16 \text{ л/моль}} = 44,8 \text{ л.}$$

Пример 4. Определить массу одного литра кислорода (н.у.).

Решение.
$$\frac{m}{M} = \frac{V}{V_M} \quad \text{или} \quad M = \rho V_M, \text{ так как масса одного литра, по опре-}$$

делению, – это плотность, $\rho = \frac{m}{V},$

$$\rho = \frac{M}{V_M} = \frac{32 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,43 \text{ г/л,}$$

т.е. масса одного литра газа $m = 1,43 \text{ г.}$

Пример 5. Найти относительную плотность хлора по воздуху.

Решение.
$$D_{\text{воздух}}^{\text{Cl}_2} = \frac{M_{\text{Cl}_2}}{29} = \frac{71}{29} = 2,45, \text{ где } M_{\text{воздух}} = 29 \text{ г/моль.}$$

Пример 6. Найти молярную массу неизвестного газа, если относительная плотность его по водороду равна 22.

Решение.
$$M_X = D_{\text{H}_2}^X \cdot 2 = 22 \cdot 2 = 44 \text{ г/моль.}$$

Пример 7. Определить объем, занимаемый 2 моль углекислого газа (н.у.).

Решение.
$$n_M = \frac{V}{V_M} \Rightarrow V = V_M n_M = 22,4 \cdot 2 = 44,8 \text{ л.}$$

Пример 8. Определить объем, занимаемый $5,4 \cdot 10^{22}$ молекулами кислорода (н.у.).

Решение.

$$\frac{V}{V_M} = \frac{n_{\text{молекул}}}{N_A} \Rightarrow V = \frac{V_M n_{\text{молекул}}}{N_A} = \frac{22,4 \cdot 5,4 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2 \text{ л.}$$

2.4. Расчеты по уравнению состояния идеальных газов

2.4.1. Типовые задачи с решениями

Во всех расчетах используется уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$pV = 1000 nRT$$

или

$$pV = 1000 m/M RT,$$

если объем измеряется в литрах, давление – в паскалях, масса – в граммах, молярная масса – в граммах на моль, температура – в кельвинах и $R = 8,314$ Дж/(моль·К).

Пример 1. Масса 227 мл газа, взятого при температуре 37°C и при давлении 730 мм рт.ст., равна 0,313 г. Определить молярную массу этого газа.

Решение.
$$M = \frac{mRT \cdot 1000}{pV},$$

где $p = 97325$ Па; $V = 0,227$ л; $T = 310$ К.

$$M = \frac{0,313 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 310}{97325 \cdot 0,227} = 36,5 \text{ г/моль.}$$

Пример 2. Определить объем, занимаемый 140 г азота при температуре 32°C и при давлении 2,8 атм.

Решение.
$$V = \frac{mRT \cdot 1000}{pM},$$

где $M_{\text{N}_2} = 28$ г/моль; $T = 305$ К; $p = 283710$ Па.

$$V = \frac{140 \cdot 8,314 \cdot 305 \cdot 10^3}{283710 \cdot 28} = 44,7 \text{ л.}$$

Пример 3. Определенное количество газа занимает объем 152 мл при давлении 745 мм рт.ст. и температуре 25°C . Найти объем того же количества газа при нормальных условиях ($T_1 = 273$ К; $p_1 = 101325$ Па).

Решение.
$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} \text{ или } n = \frac{p_1 V_1}{RT_1};$$

$$\frac{pV}{RT} = \frac{p_1 V_1}{R T_1},$$

где p, V, T – начальные условия;

p_1, V_1, T_1 – конечные условия;

$$V_1 = \frac{pVT_1}{p_1T},$$

где $p = 99\,325$ Па; $T = 298$ К; $V = 0,152$ л;

$$V_1 = \frac{99325 \cdot 0,152 \cdot 273}{298 \cdot 101325} = 0,1365 \text{ л.}$$

Пример 4. В закрытом металлическом сосуде находится газ при температуре 20°C . До какой температуры необходимо нагреть этот газ, чтобы увеличить его давление в 3 раза?

Решение.

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_1V_1}{T_1},$$

где $p_1 = 3p$; $T = 293$ К; $V_1 = V$.

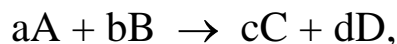
$$\frac{pV}{T} = \frac{3pV}{T_1}; \quad \frac{1}{T} = \frac{3}{T_1};$$

$$T_1 = 3T = 3 \cdot 293 = 879 \text{ К, или } t_1 = 606^\circ\text{C}.$$

2.5. Расчеты по уравнениям химических реакций

2.5.1. Типовые задачи с решениями

Задача № 1. Пусть общая схема химической реакции –



где A и B – исходные вещества;

C и D – продукты реакции;

a, b, c, d – коэффициенты.

Тогда можно записать уравнение

$$\frac{n_{M,A}}{a} = \frac{n_{M,B}}{b} = \frac{n_{M,C}}{c} = \frac{n_{M,D}}{d},$$

где n_M – число молей каждого вещества, участвующего в реакции.

Предположим, что количество данных веществ выражено следующим образом:

- а) для А – в молях;
- б) для В – в объеме (то есть В – газообразное вещество);
- в) для С – в граммах;
- г) для D – количеством молекул.

Так как известно, что

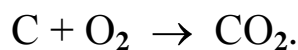
$$n_M = \frac{V}{V_M} = \frac{m}{M} = \frac{n_{\text{молекул}}}{N_A},$$

получаем формулу для расчетов по уравнению химической реакции:

$$\frac{n_{M,A}}{a} = \frac{V_B}{V_M b} = \frac{m_C}{M_C c} = \frac{n_{\text{молекул,D}}}{N_A d}.$$

Пример 1. Определить число молей углекислого газа CO_2 , полученного в результате сгорания 24 г углерода.

Решение. Уравнение реакции горения углерода –

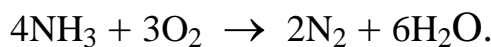


$$\frac{m_C}{M_C} = \frac{n_{M,\text{CO}_2}}{1};$$

$$n_{M,\text{CO}_2} = \frac{m_C}{M_C} = \frac{24}{12} = 2 \text{ моль}.$$

Пример 2. Определить объем кислорода, необходимый для сгорания 17 г аммиака.

Решение. Уравнение реакции горения аммиака –

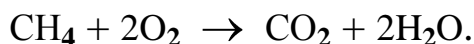


$$\frac{m_{\text{NH}_3}}{4 M_{\text{NH}_3}} = \frac{V_{\text{O}_2}}{3 \cdot V_M};$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{NH}_3} \cdot 3 V_M}{4 M_{\text{NH}_3}} = \frac{17 \cdot 3 \cdot 22,4}{4 \cdot 17} = 16,8 \text{ л}.$$

Пример 3. Определить число молекул воды, образующееся при сгорании 10 л метана, н.у.

Решение. Уравнение реакции горения метана –



$$\frac{V_{\text{CH}_4}}{1 V_M} = \frac{n_{\text{молекул, H}_2\text{O}}}{2 N_A};$$

$$n_{\text{молекул, H}_2\text{O}} = \frac{V_{\text{CH}_4} \cdot 2 N_A}{V_M} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{22,4} = 5,4 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}$$

Задача № 2. Расчеты по уравнению химической реакции с реактивом, содержащим примеси.

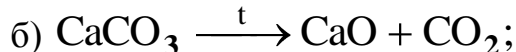
Перед обычным расчетом по уравнению химической реакции определяется количество чистого реактива.

Пример. Какую массу оксида кальция и какой объем углекислого газа (н.у.) можно получить при термическом разложении 20 г известняка, содержащего 80 % карбоната кальция?

Решение.

$$\text{а) } m_{\text{чистого в-ва}} = \frac{m_{\text{в-ва с примесью}} \cdot \% \text{ содержания чистого в-ва}}{100\%};$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{m_{\text{известняка}} \cdot \% \text{ CaCO}_3}{100\%} = \frac{20 \cdot 80}{100} = 16 \text{ г.}$$



$$\frac{m_{\text{CaCO}_3}}{1 M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{m_{\text{CaO}}}{1 M_{\text{CaO}}} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{1 V_M};$$

$$m_{\text{CaO}} = \frac{m_{\text{CaCO}_3} M_{\text{CaO}}}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{16 \cdot 56}{100} = 8,96 \text{ г;}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CaCO}_3} V_M}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{16 \cdot 22,4}{100} = 3,58 \text{ л.}$$

Задача № 3. Расчеты по уравнению химической реакции с избытком одного из реактивов.

Предположим, что реактив **B** взят в избытке, тогда формула для расчетов по уравнению химических реакций примет вид

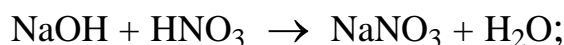
$$\frac{n_{M,A}}{a} < \frac{V_B}{b V_M} > \frac{m_C}{c M_C} = \frac{n_{\text{молекул, D}}}{d N_A}.$$

Член уравнения, содержащий реактив в избытке, исключается из расчетов. Расчеты ведут по реактиву, взятому в недостатке. Возможен также расчет избытка реактива:

$$m_{\text{избытка реактива}} = m_{\text{взятая для реакции}} - m_{\text{прореагировавшая}}$$

Пример. Определить массу нитрата натрия, образующегося в результате взаимодействия 130 г азотной кислоты с двумя моль гидроксида натрия. Какой реактив взят в избытке и какова масса избытка этого реактива?

Решение. Определяем вещество в избытке:



$$\frac{n_{\text{M,NaOH}}}{1} = 2 \text{ моль}; \quad \frac{m_{\text{HNO}_3}}{1 M_{\text{HNO}_3}} = \frac{130}{63} = 2,06 \text{ моль}.$$

Таким образом, азотная кислота взята в избытке:

$$\frac{n_{\text{M,NaOH}}}{1} < \frac{m_{\text{HNO}_3}}{1 M_{\text{HNO}_3}}.$$

Расчет производится по реактиву, взятому в недостатке, т.е. по гидроксиду натрия:

$$\frac{n_{\text{M,NaOH}}}{1} = \frac{m_{\text{NaNO}_3}}{1 M_{\text{NaNO}_3}};$$

$$m_{\text{NaNO}_3} = n_{\text{M,NaOH}} M_{\text{NaNO}_3} = 2 \cdot 85 = 170 \text{ г}.$$

Расчет массы кислоты, необходимой для реакции с двумя моль гидроксида натрия:

$$\frac{n_{\text{M,NaOH}}}{1} = \frac{m_{\text{HNO}_3}}{1 M_{\text{HNO}_3}};$$

$$m_{\text{HNO}_3} = n_{\text{M,NaOH}} M_{\text{HNO}_3} = 2 \cdot 63 = 126 \text{ г}.$$

Расчет массы избытка азотной кислоты:

$$\begin{aligned} m_{\text{избытка}} &= m_{\text{взятая для реакции}} - m_{\text{вступившая в реакцию}} = \\ &= 130 - 126 = 4 \text{ г}. \end{aligned}$$

Задача № 4. Расчеты с практическим выходом реакции.

Практический выход реакции $R_{\text{пр}}$ – это отношение реального количества полученного вещества к его теоретически возможному количеству согласно уравнению реакции:

$$R_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{реальная}}}{m_{\text{теоретическая}}} \cdot 100 \%$$

Пример 1. Получено 620 г кислорода электролизом 40 моль воды. Определить практический выход реакции.

Решение. а) Вначале рассчитываем теоретическую массу кислорода по уравнению реакции



$$\frac{n_{\text{M, H}_2\text{O}}}{1} = \frac{m_{\text{O}_2}}{1M_{\text{O}_2}};$$

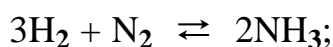
$$m_{\text{теор}} = m_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{M, H}_2\text{O}} M_{\text{O}_2}}{2} = \frac{40 \cdot 32}{2} = 640 \text{ г.}$$

б) Определяем практический выход реакции

$$R_{\text{пр}} = \frac{620}{640} \cdot 100\% = 96,88 \%$$

Пример 2. Практический выход реакции синтеза аммиака равен 30%. Какова масса аммиака, полученного из 90 л водорода, взятого для реакции синтеза (н.у.)?

Решение. а) Находим теоретическую массу аммиака:



$$\frac{m_{\text{NH}_3}}{2M_{\text{NH}_3}} = \frac{V_{\text{H}_2}}{3V_{\text{M}}};$$

$$m_{\text{NH}_3} = \frac{2M_{\text{NH}_3} V_{\text{H}_2}}{3V_{\text{M}}} = \frac{2 \cdot 17 \cdot 90}{3 \cdot 22,4} = 45,54 \text{ г.}$$

б) Находим по практическому выходу реакции реальную массу аммиака:

$$m_{\text{реальная NH}_3} = \frac{R_{\text{пр}} m_{\text{теор}}}{100 \%} = \frac{30 \cdot 45,54}{100} = 13,66 \text{ г.}$$

2.5.2 Задачи для самостоятельного решения

1. Определить молярную массу газа, если 0,29 л его при температуре 29°C и давлении $1,064 \cdot 10^5$ Па (800 мм рт.ст.) имеют массу 0,32 г.

2. Сколько нужно взять карбоната кальция, чтобы полученным при его разложении диоксидом углерода наполнить баллон емкостью 40 л при температуре 15°C и давлении $1,013 \cdot 10^6$ Па?

3. Какой объем кислорода, взятого при 300°C и давлении $5,06 \cdot 10^5$ Па, израсходовался на сгорание 10 кг каменного угля до образования CO_2 , если в угле содержалось 94% С?

4. В электрической печи из 20 кг оксида кальция было получено 16 кг карбида кальция. Реакция протекает по уравнению $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$. Определить выход карбида кальция и объем оксида углерода при температуре 546°C и давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па.

5. При пропускании над катализатором смеси, состоящей из 10 моль SO_2 и 15 моль O_2 , образовалось 8 моль SO_3 . Сколько моль CO_2 и O_2 не вступило в реакцию?

3. ЭКВИВАЛЕНТ, ЭКВИВАЛЕНТНАЯ МАССА. ЗАКОН ЭКВИВАЛЕНТОВ

3.1. Типовые задачи с решениями

Задача № 1. Определить эквивалентные массы металлов в следующих соединениях: Na_2SO_4 ; K_2MnO_4 ; MnO_2 ; Mn_2O_7 ; PbO_2 ; $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$; AlCl_3 .

Пример. Определить эквивалентную массу марганца в Mn_2O_7 .

Решение. По химической формуле определяем валентность марганца: $V_{\text{Mn}} = 7$. Затем по формуле для определения эквивалентных масс химических элементов находим эквивалентную массу марганца:

$$Э_{\text{Mn}} = \frac{M_{\text{Mn}}}{V_{\text{Mn}}} = \frac{55}{7} = 7,9 \text{ г/моль.}$$

Задача № 2. Определить эквивалентные массы следующих химических соединений: PbO_2 ; Mn_2O_7 ; $\text{Ni}(\text{OH})_2$; $\text{Fe}(\text{OH})_3$; HNO_2 ; H_3PO_4 ; CaCl_2 ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Пример. Определить эквивалентную массу H_3PO_4 .

Решение. Для кислот эквивалентная масса определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{кислоты}} = \frac{M_{\text{кислоты}}}{n_{\text{H}}}.$$

Так как число атомов водорода кислоты n_{H} , участвующих в реакции, не указывается, в расчетной формуле принимается максимальное число атомов водорода в кислоте, способных участвовать в реакции: $n_{\text{H}}=3$.

$$\mathcal{E}_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{3} = \frac{98}{3} = 32,7 \text{ г/моль}.$$

Задача № 3. Вычислить эквивалентную массу металла, зная, что его хлорид содержит 65,57 % хлора. Эквивалентная масса хлора равна 35,45 г/моль.

Решение. Так как $\frac{m_{\text{Cl}}}{m_{\text{Me}}} = \frac{\% \text{ Cl}}{\% \text{ Me}}$, запишем $\frac{\% \text{ Cl}}{\% \text{ Me}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{Cl}}}{\mathcal{E}_{\text{Me}}}$;

$$\% \text{ Me} = 100 \% - \% \text{ Cl} = 100 - 65,57 = 34,43 \%;$$

$$\mathcal{E}_{\text{Me}} = \frac{\% \text{ Me} \mathcal{E}_{\text{Cl}}}{\% \text{ Cl}} = \frac{34,43 \cdot 35,45}{65,57} = 18,62 \text{ г/моль}.$$

Задача № 4. 5,2 г металла взаимодействуют с 3,5 г азота, образуя нитрид.

Какой это металл, если его валентность равна 1, а валентность азота – 3?

Решение. Согласно закону эквивалентов

$$\frac{m_{\text{Me}}}{m_{\text{N}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{Me}}}{\mathcal{E}_{\text{N}}}; \mathcal{E}_{\text{N}} = 4,67 \text{ г/моль};$$

$$\mathcal{E}_{\text{Me}} = \frac{m_{\text{Me}} \mathcal{E}_{\text{N}}}{m_{\text{N}}} = \frac{5,2 \cdot 4,67}{3,5} = 6,9 \text{ г/моль};$$

$$\mathcal{E}_{\text{Me}} = \frac{M_{\text{Me}}}{\text{В}} \Rightarrow M_{\text{Me}} = \mathcal{E}_{\text{Me}} \text{ В}; M_{\text{Me}} = 6,9 \cdot 1 = 6,9 \text{ г/моль}.$$

Неизвестный металл – литий, с молярной массой, равной 6,9 г/моль.

Задача № 5. 5 г алюминия, взаимодействуя с кислородом, образуют 9,44 г оксида алюминия. Найти эквивалентную массу алюминия и его валентность. Определить химическую формулу оксида алюминия.

Решение. $\frac{m_{\text{Al}}}{m_{\text{O}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{Al}}}{\mathcal{E}_{\text{O}}}$,

где $\mathcal{E}_{\text{O}} = 8 \text{ г/моль}$;

$$m_{\text{O}} = m_{\text{оксида}} - m_{\text{Al}} = 9,44 - 5 = 4,44 \text{ г};$$

$$\mathcal{E}_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}} \cdot \mathcal{E}_{\text{O}}}{m_{\text{O}}} = \frac{5 \cdot 8}{4,44} = 9 \text{ г/моль.}$$

Химическая формула оксида алюминия – Al_2O_3 .

$$\mathcal{E}_{\text{Al}} = \frac{M_{\text{Al}}}{\nu}; \quad \nu = \frac{M_{\text{Al}}}{\mathcal{E}_{\text{Al}}} = \frac{27}{9} = 3.$$

Задача № 6. Определенное количество металла взаимодействует с 1,78 г серы или с 8,89 г брома. Определить эквивалентную массу брома, если эквивалентная масса серы равна 16 г/моль.

Решение. Так как количества эквивалентных масс реагирующих между собой веществ равны:

$$n_{\mathcal{E},\text{Me}} = n_{\mathcal{E},\text{Br}} \text{ и } n_{\mathcal{E},\text{Me}} = n_{\mathcal{E},\text{S}},$$

получаем: $n_{\mathcal{E},\text{Br}} = n_{\mathcal{E},\text{Me}} = n_{\mathcal{E},\text{S}}$

или $\frac{m_{\text{Br}}}{\mathcal{E}_{\text{Br}}} = n_{\mathcal{E},\text{Me}} = \frac{m_{\text{S}}}{\mathcal{E}_{\text{S}}},$

откуда $\mathcal{E}_{\text{Br}} = \frac{m_{\text{Br}} \mathcal{E}_{\text{S}}}{m_{\text{S}}} = \frac{8,89 \cdot 16}{1,78} = 79,9 \text{ г/моль.}$

Задача № 7. Какую валентность проявляет железо, если для растворения 5,58 г его потребовалось 7,3 г соляной кислоты? Какова формула образующегося хлорида железа?

Решение. $\frac{m_{\text{Fe}}}{\mathcal{E}_{\text{Fe}}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{\mathcal{E}_{\text{HCl}}} \Rightarrow \mathcal{E}_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}} \mathcal{E}_{\text{HCl}}}{m_{\text{HCl}}},$

где $\mathcal{E}_{\text{HCl}} = 36,5 \text{ г/моль.}$

$$\mathcal{E}_{\text{Fe}} = \frac{5,58 \cdot 36,5}{7,3} = 27,9 \text{ г/моль};$$

$$\mathcal{E}_{\text{Fe}} = \frac{M_{\text{Fe}}}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{M_{\text{Fe}}}{\mathcal{E}_{\text{Fe}}} = \frac{55,8}{27,9} = 2.$$

Формула образующегося хлорида – FeCl_2 .

Задача № 8. Определить количества соляной, уксусной и серной (разбавленной) кислот, необходимые для растворения 10 г цинка (валентность цинка равна 2).

Решение.

$$n_{\text{Э,Zn}} = n_{\text{Э,кислоты}};$$

$$n_{\text{Э,Zn}} = \frac{m}{\text{Э}_{\text{Zn}}} = \frac{m_{\text{В}}}{M_{\text{Zn}}} = \frac{10 \cdot 2}{65,4} = 0,31 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{Э,кислоты}} = 0,31 \text{ моль};$$

$$n_{\text{Э,кислоты}} = \frac{m_{\text{кислоты}}}{\text{Э}_{\text{кислоты}}} = \frac{m_{\text{кислоты}} n_{\text{H}}}{M_{\text{кислоты}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{кислоты}} = \frac{n_{\text{Э,кислоты}} M_{\text{кислоты}}}{n_{\text{H}}};$$

$$m_{\text{HCl}} = \frac{0,31 \cdot 36,5}{1} = 11,3 \text{ г};$$

$$m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{0,31 \cdot 60}{1} = 18,6 \text{ г};$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,31 \cdot 98}{2} = 15,2 \text{ г.}$$

Задача № 9. Составить уравнение реакции взаимодействия гидроксида натрия с ортофосфорной кислотой, если известно, что 8 г NaOH реагируют с 9,8 г фосфорной кислоты без остатка.

Решение. Кислотность щелочи равна 1, поэтому эквивалентная масса NaOH будет следующей:

$$\text{Э}_{\text{NaOH}} = \frac{M_{\text{NaOH}}}{1} = 40 \text{ г/моль.}$$

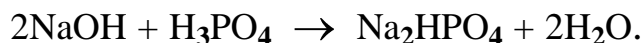
Так как основность фосфорной кислоты равна 3, то число атомов водорода, участвующих в реакции, может быть 1, 2 и 3. Для написания уравнения реакции необходимо определить число атомов водорода в фосфорной кислоте n_{H} , участвующих в реакции:

$$n_{\text{Э}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{\text{Э}_{\text{NaOH}}} = \frac{m_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{\text{Э}_{\text{H}_3\text{PO}_4}};$$

$$\text{Э}_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{\text{Э}_{\text{NaOH}} m_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{m_{\text{NaOH}}} = \frac{40 \cdot 9,8}{8} = 49 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Э}_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{n_{\text{H}}} \Rightarrow n_{\text{H}} = \frac{M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{\text{Э}_{\text{H}_3\text{PO}_4}} = \frac{98}{49} = 2.$$

Уравнение химической реакции следующее:

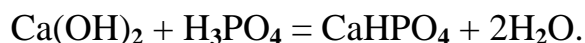
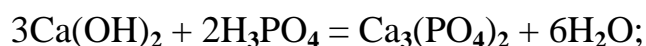
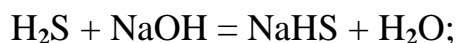
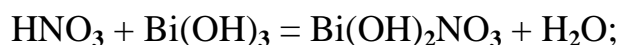


3.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Вычислить эквивалентную массу олова, если при нагревании 0,92 г его в токе кислорода образуется 1,17 г оксида олова.

2. 1 кг калия соединяется с 0,9 г хлора, а также с 2,0 г брома. Найти эквивалентные массы калия и брома, если эквивалентная масса хлора равна 35,5 г/моль.

3. Определить эквивалентные массы кислот и оснований в следующих реакциях:



4. Определить эквивалентную массу металла, если навеска 0,0350 г этого технического металла, имеющего 20 % примесей (не взаимодействующих с кислотой), выделила из кислоты 11,9 мл водорода, собранного над водой при температуре 17°C и давлении $1,03 \cdot 10^5$ Па (274,53 мм рт.ст.). Давление водяного пара при 17°C равно $0,193 \cdot 10^5$ Па (14,53 мм рт.ст.).

4 СТРОЕНИЕ АТОМА. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

4.1 Типовые задачи с решениями

Задача № 1. Каков состав изотопа ${}^{52}_{24}\text{Cr}$?

Решение. Число протонов, содержащихся в ядре, $Z = 24$. Так как сумма протонов и нейтронов, содержащихся в ядре, равна 52, то число нейтронов равно 28. Электронная оболочка состоит из числа электронов, число которых равно числу протонов, т.е. 28, так как атом электронейтрален.

Задача № 2. Найти число орбиталей, определенное следующим энергетическим состоянием: 5f, 2s, 3d, 4p. Определить максимальное число электронов, характеризующихся этими энергетическими состояниями.

Пример. Найти число орбиталей для энергетического состояния 5f.

Решение. 5f – пятый энергетический уровень – $n = 5$, подуровень f

($l = 3$). При $l = 3$ магнитное квантовое число принимает значения: -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3. Таким образом, число орбиталей равно 7. Каждая орбиталь может содержать максимально 2 электрона. Максимальное число электронов, характеризующихся энергетическим состоянием 5f, равно 14.

Задача № 3. Описать орбиталь, состояние которой характеризуется следующим набором трех квантовых чисел:

а) $n = 3, l = 0, m_l = 0$;

б) $n = 2, l = 1, m_l = 0$;

в) $n = 4, l = 2, m_l = 0$.

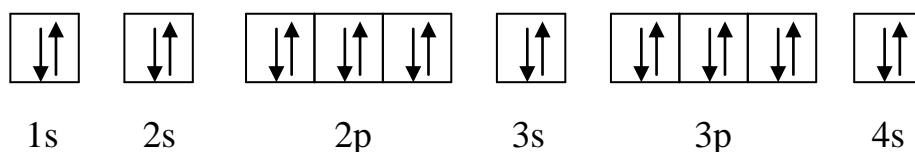
Пример. Описать орбиталь, характеризующуюся следующими квантовыми числами: $n = 3, l = 0, m_l = 0$.

Решение. $l = 0$ – это s-орбиталь, имеющая сферическую конфигурацию, орбиталь находится на третьем энергетическом уровне (3s) и имеет единственно возможную ориентацию в пространстве ($m_l = 0$).

Задача № 4. Составить электронную и электронно-графическую формулы Ca, Fe, Ta, Rn в невозбужденном состоянии.

Пример. Составить электронную и электронно-графическую формулы Ca.

Решение. ${}_{20}\text{Ca} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$



Задача № 5. Составить электронные формулы ионов: $\text{Na}^+, \text{Cl}^-, \text{S}^{2-}, \text{Fe}^{3+}, \text{Sn}^{4+}, \text{P}^{3-}, \text{H}^+, \text{H}^-$.

Пример. Составить электронные формулы Na^+ и Cl^- .

Решение. ${}_{11}\text{Na}^+ \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^0$;
 ${}_{17}\text{Cl}^- \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

Задача № 6. Дать полную характеристику химического элемента исходя из его местонахождения в периодической системе химических элементов.

Пример. Дать полную характеристику кремния.

Порядковый номер – 14.

Число протонов в ядре – 14.

Заряд ядра – +14.

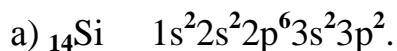
Относительная атомная масса – 28.

Число нейтронов в наиболее распространенном изотопе ($^{28}_{14}\text{Si}$) – 14.

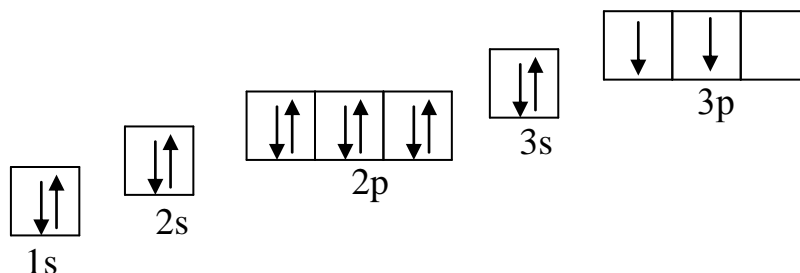
Число электронов в электронной оболочке – 14.

Число электронных слоев – 3.

Распределение электронов в электронной оболочке:



б)

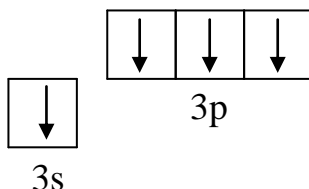
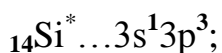


Число валентных электронов – 2 (холостые электроны, находящиеся на последнем энергетическом уровне).

Валентность атома:

а) в невозбужденном состоянии – 2;

б) в возбужденном состоянии – 4.



Местоположение кремния в периодической системе – кремний находится в третьем периоде, в главной подгруппе четвертой группы.

К какому семейству относится: Si – p-элемент?

Металл или неметалл согласно значению электроотрицательности: значение электроотрицательности кремния – 1,8, т.е. это химический элемент, зани-

мающий промежуточное положение между металлами и неметаллами – переходный элемент.

Более или менее электроотрицателен, чем:

а) в сравнении с соседями по группе – кремний более электроотрицателен, чем германий, но менее электроотрицателен, чем углерод;

б) в сравнении с соседями по периоду – кремний более электроотрицателен, чем алюминий, но менее электроотрицателен, чем фосфор.

4.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Из скольких подуровней состоят энергетические уровни при следующих значениях главного квантового числа: а) $n = 1$; б) $n = 3$; в) $n = 4$; г) $n = 2$? Привести буквенные обозначения типов подуровней.

2. Определить число орбиталей, характеризующихся следующими значениями главного и орбитального квантовых чисел: а) $n = 3, l = 2$; б) $n = 3, l = 1$; в) $n = 5, l = 0$. Привести буквенное обозначение этих орбиталей.

3. Какое число электронов может находиться в следующих энергетических состояниях: а) $2s$; б) $4p$; в) $3d$; г) $5f$? Сформулировать правила, которыми определяется число электронов данного энергетического подуровня.

4. Какова максимальная емкость энергетических уровней при:
а) $n = 1$; б) $n = 6$; в) $n = 4$; г) $n = 3$; д) $n = 5$?

5. Описать орбиталь и электронное облако, состояние которого характеризуется квантовыми числами: а) $n = 3, l = 0, m_l = 0$; б) $n = 3, l = 1, m_l = +1$; в) $n = 3, l = 2, m_l = 0$.

6. Какими правилами определяется а) порядок заполнения электронных оболочек атомов; б) число электронов в атоме? Привести электронные конфигурации невозбужденных атомов Br, Mn, Ge, Ti.

7. Сколько в атоме Mg: а) электронов; б) энергетических уровней и подуровней? Привести электронную конфигурацию невозбужденного атома элемента.

8. Напишите общую формулу внешнего электронного слоя инертных газов (кроме He).

9. Какие элементы относятся к s-, p-, d-семейству? Что общего у этих элементов?

10. Напишите общую формулу внешнего электронного уровня галогенов.

11. Составьте электронно-графическую формулу атома элемента азота.

12. Составьте электронно-графическую формулу последнего уровня атома элемента: а) хлора; б) серы; в) хрома; г) титана.

13. Напишите общую формулу внешнего электронного уровня галогенов и составьте общую электронно-графическую формулу внешнего уровня элементов VI группы главной подгруппы.

14. Что общего у электронных оболочек Pb, Ag и чем они отличаются?

15. Определите возможные валентности элементов с порядковыми номерами: а) 16; б) 7; в) 33; г) 14; д) 41.

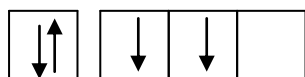
16. Объясните, почему фтор может проявлять только постоянную валентность, равную 1, а хлор – переменную.

17. Объясните, почему гелий и неон являются истинно инертными газами, а остальные могут вступать в химические взаимодействия.

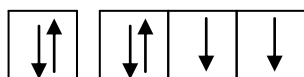
18. Структуры последнего слоя каких элементов изображены: а) $2s^2 2p^3$; б) $3s^3 3p^1$; в) $3d^5 4s^2$; г) $5s^2$?

19. Структуры каких элементов изображены ниже:

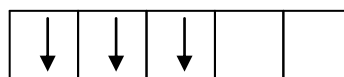
а) $3s 3p$;



б) $2s 2p$;



в) $3d$



г) $4s$?



20. Какие элементы периодической системы должны обладать постоянной валентностью?

21. Составьте электронные и электронно-графические формулы последних уровней элементов с порядковыми номерами: а) 12; б) 20; в) 39; г) 48.

22. Объясните, почему кислород проявляет постоянную валентность, а сера – переменную?

23. Укажите возможные валентности элемента: а) 19; б) 31; в) 35.

24. Какова форма электронного облака, характеризующегося следующим набором квантовых чисел: а) $n = 1, l = 0, m_l = 0$; б) $n = 3, l = 1, m_l = 0$?

5. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

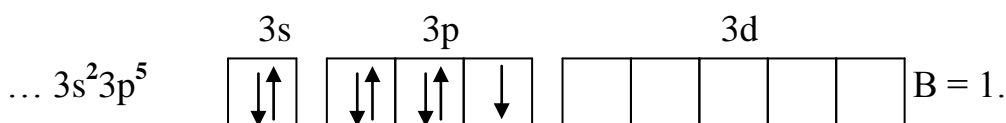
5.1. Типовые задачи с решениями

Задача № 1. Укажите все возможные валентности для следующих химических элементов: Br, S, Cl, Se, I, P, C, N, Si. Объясните, почему химические элементы, находящиеся в нечетных группах периодической системы, проявляют преимущественно нечетные валентности, а в четных группах – четные валентности.

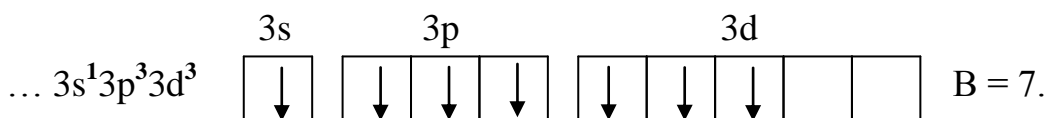
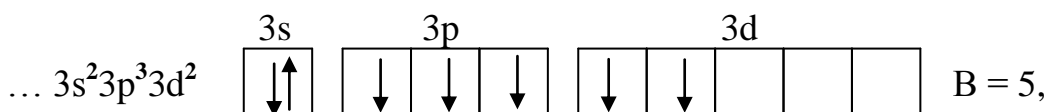
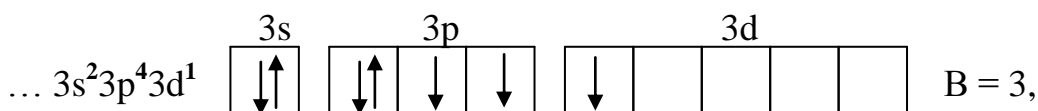
Пример. Укажите все возможные валентности для Cl.

Решение. Строение внешнего электронного слоя хлора следующее:

Нормальное состояние:



Возбужденные состояния:

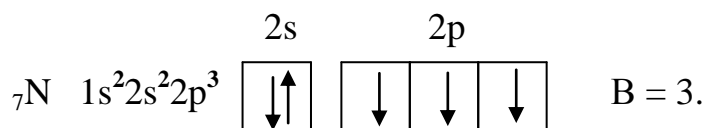


Для хлора, как и для любого другого химического элемента, находящегося в нечетной группе, число электронов нечетное, а последовательное их возбуждение дает всегда нечетное число неспаренных электронов. Таким образом, их валентности будут нечетными.

Задача № 2. Объяснить, почему молекула PCl_5 существует, тогда как молекула NCl_5 не существует, а также объяснить причину следующего: молекула SF_6 существует, а молекула OF_6 не существует; молекула Cl_2O_5 существует, а молекула F_2O_5 не существует.

Пример. Объяснить, почему молекула PCl_5 существует, а молекула NCl_5 не существует.

Решение. Молекула NCl_5 не может существовать, так как азот имеет только 3 неспаренных электрона, дающих 3 химические связи. Распаривание двух s-электронов в пределах второго последнего энергетического уровня невозможно. Электронное строение атома азота:



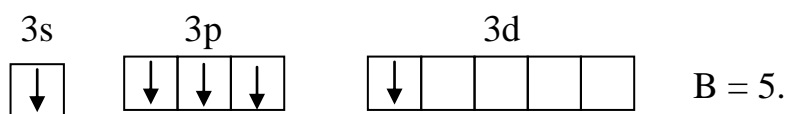
Возможно существование молекулы NCl_3 .

На последнем электронном уровне у азота может находиться два электронных подуровня. Таким образом, нет возможности возбуждения атома азота в пределах существующих энергетических уровней.

Для фосфора картина иная, его последний электронный уровень ($n=3$) имеет три электронных подуровня. В невозбужденном состоянии фосфор проявляет валентность 3, а в возбужденном – 5. Таким образом, фосфор может образовать соединение PCl_5 . Электронное строение атома фосфора:

невозбужденное состояние P – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 3d^0$, $V = 3$;

возбужденное состояние P – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^1$,



Задача № 3. Представить схемы образования химических связей в молекулах: а) Li_2 ; б) Na_2 ; в) Cl_2 ; г) Br_2 – по методу валентных связей (МВС) и по методу молекулярных орбиталей (ММО).

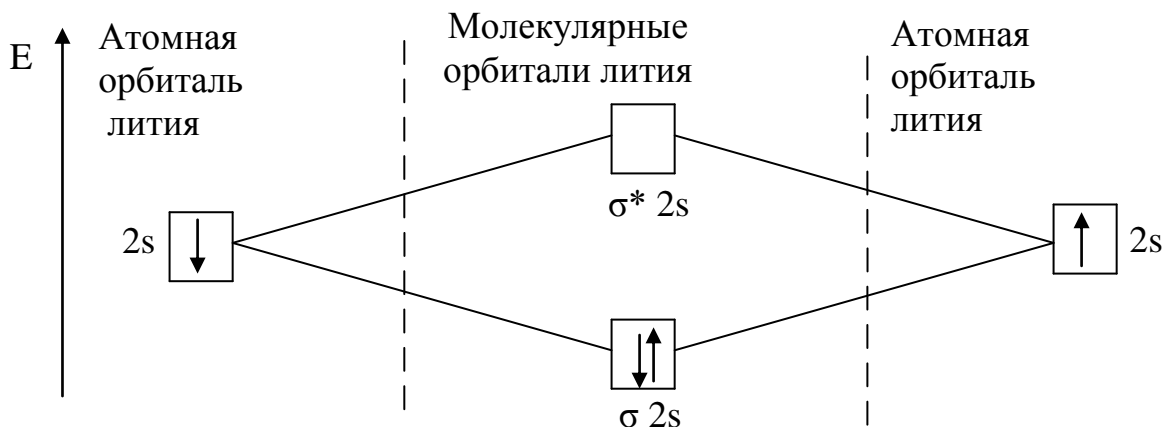
Пример. Представить схему образования химической связи в Li_2 по МВС и по ММО.

Решение. Согласно методу валентных связей схема молекулы Li_2 следующая:



Согласно методу молекулярных орбиталей схема образования молекулы Li_2 : $2\text{Li} [2s^1] \rightarrow \text{Li}_2 [(\sigma 2s)^2] + Q$.

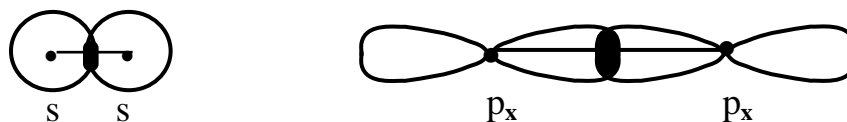
Энергетическая схема образования молекулы Li_2 по ММО:



Задача № 4. Рассмотрите перекрытие: s-s-, p_x - p_x -, p_y - p_y -, p-d- и d-d-орбиталей. В каких случаях образуются σ - и π -связи?

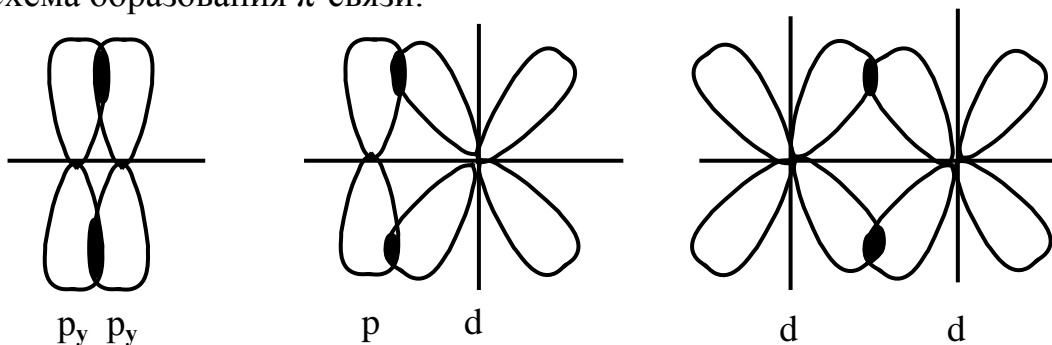
Решение. При перекрытии s-s- и p_x - p_x -орбиталей образуется σ -связь.

Схема образования σ -связи:



При перекрытии p_y - p_y -, p-d- и d-d-орбиталей образуется π -связь.

Схема образования π -связи:



Задача № 5. Укажите типы химических связей в молекулах следующих соединений: NH_3 , Cl_2 , H_2S , CaF_2 , N_2 , H_2O , LiBr .

Решение. Определим разность электроотрицательностей взаимодействующих атомов в соединениях:

NH_3 : $\Delta\text{ЭО} = \text{ЭО}_{(\text{N})} - \text{ЭО}_{(\text{H})} = 3 - 2,1 = 0,9$ – связь ковалентная полярная.

Cl_2 : $\Delta\text{ЭО} = \text{ЭО}_{(\text{Cl})} - \text{ЭО}_{(\text{Cl})} = 0$ – связь ковалентная неполярная.

H_2S : $\Delta\text{ЭО} = \text{ЭО}_{(\text{S})} - \text{ЭО}_{(\text{H})} = 2,5 - 2,1 = 0,4$ – связь ковалентная полярная.