

中学教学参考资料

化学计算题解



陕西省渭南地区教学研究室

说 明

《全日制十年制学校中学化学教学大纲（试行草案）》对化学计算的教学明确地指出：“进行化学计算能使学生从量的方面来理解物质及其变化规律，并获得化学计算的基本技能。在教学中教师要有目的、有计划地布置适当数量、富有启发性的综合题，并加强解题指导，……”。因此，加强化学计算的基本训练，是提高化学教学质量的重要内容之一。

化学计算是中学化学内容的重要组成部分。为了便于教师进行教学和培养学生分析问题和解决问题的能力，我们根据《全日制十年制学校中学化学教学大纲（试行草案）》和新编中学化学课本内容，在深度和广度上，遵照略微加深和加宽的原则，分类归纳编写了《化学计算题解》。

这本书比较全面地、系统地选择了各种类型的计算题，并从“双基”入手，力求一题多解，解题程序清楚。由于水平有限，时间仓促，一定有不少缺点和错误，请批评指正。

本书由我室王伯农同志编写。在编写过程中，得到铜川市文教局教研室张宏廉同志的帮助，由渭南地区化学教学研究会两位会长孙友生和王乾桢同志审阅，在此表示感谢。

陕西省渭南地区教学研究室

一九八〇年二月

目 录

一、原子和分子的计算	1
(一) 有关原子量的计算	1
(二) 有关常用原子量的计算	2
(三) 有关原子结构微粒的计算	3
(四) 有关分子的计算	4
二、根据分子式的计算	7
(一) 根据分子式计算分子量	7
(二) 计算分子中所含元素的质量	8
(三) 根据分子式计算各元素的百分组成	11
(四) 计算混合物里元素的百分含量	14
三、摩尔的计算	16
(一) 有关原子的摩尔计算	17
(二) 有关分子的摩尔计算	19
(三) 有关气体摩尔体积的计算	22
四、非标准状况下气体的体积计算	25
五、溶解度的计算	33
(一) 求溶质在一定温度时的溶解度	33
(二) 根据溶解度, 计算一定质量饱和溶液中所含溶质的量	34

(三) 根据溶解度计算饱和溶液析出的晶体·····	34
(四) 关于气体溶解度的计算·····	38
六、溶液的质量百分比浓度的计算·····	38
(一) 根据溶质和溶剂的质量, 计算百分比浓度·····	39
(二) 根据溶液的百分比浓度, 计算溶质和溶剂的量·····	40
(三) 根据溶解度, 计算溶液的百分比浓度·····	41
(四) 根据百分比浓度计算溶解度·····	43
(五) 关于溶质是结晶水合物时的百分比浓度计算·····	43
(六) 关于溶液增浓的计算·····	44
七、 $P P m$ 浓度的计算·····	45
八、溶液的摩尔浓度计算·····	46
(一) 根据溶质的质量和溶液的体积计算摩尔浓度·····	47
(二) 关于结晶水合物的摩尔浓度计算·····	47
(三) 根据摩尔浓度计算溶质的量·····	48
(四) 关于气体溶液的摩尔浓度的计算·····	49
(五) 百分比浓度与摩尔浓度的换算·····	50
(六) 稀释定则的应用·····	52
(七) 关于同一种不同摩尔浓度溶液混合的计算·····	53
(八) 有关利用毫摩尔的计算·····	56
(九) 有关离子摩尔浓度的计算·····	58
九、当量浓度的计算·····	59
(一) 根据溶质的质量和溶液体积计算当量浓度·····	60
(二) 关于结晶水合物的当量浓度的计算·····	61

(三) 根据当量浓度计算溶质的量	62
(四) 根据溶质的量和当量浓度计算溶液的体积	63
(五) 百分比浓度与当量浓度的换算	64
(六) 摩尔浓度与当量浓度之间的换算	66
(七) 有关应用当量定律的计算	67
(八) 有关当量浓度的综合计算	70
十、利用十字交叉法的计算	75
(一) 对百分比浓度溶液的计算	76
(二) 对摩尔浓度溶液和当量浓度溶液的计算	79
十一、原子结构和元素周期表的计算	81
(一) 关于原子结构的计算	83
(二) 关于元素周期表的计算	85
十二、根据化学方程式的计算	92
(一) 关于确定元素和原子量的计算	93
(二) 根据反应物的量计算生成物的量	101
(三) 根据生成物的量计算反应物的量	114
(四) 根据一种反应物的量计算另一种反应物的量	144
(五) 关于热化学方程式的计算	154
十三、不纯原料和产品的计算	157
(一) 关于不纯反应物, 计算生成纯净物的量	157
(二) 关于不纯反应物和不纯生成物的计算	159
(三) 关于物质纯度的计算	159
(四) 关于理论产量和实际产量的计算	163

十四、化学反应速度和化学平衡的计算.....	166
(一)关于化学反应速度的计算.....	166
(二)关于化学平衡的计算.....	170
十五、电离度和电离常数的计算.....	184
(一)关于电离度的计算.....	184
(二)关于弱酸的电离常数的计算.....	185
(三)关于弱碱的电离常数的计算.....	188
十六、氢离子浓度和 PH 值的计算.....	191
(一)由氢离子浓度计算 PH 值.....	192
(二)由 PH 值计算氢离子浓度.....	194
(三)综合计算.....	195
十七、缓冲溶液的计算.....	202
十八、确定分子量与分子式的计算.....	210
(一)利用气体的密度计算分子量.....	210
(二)利用气体的相对密度计算分子量.....	211
(三)确定分子式的计算.....	214
十九、有机物的计算.....	228

附 表

附表一 主要元素的名称、读音、国际原子量表 (1975)	244
附表二 酸、碱和盐的溶解性表	246
附表三 常见酸、碱的百分比浓度与密度	247
附表四 一些弱电解质的电离常数	249

一、原子和分子的计算

原子量：国际规定，以 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子质量的 $\frac{1}{12}$ 作为标准，

其它原子的质量与此标准的比值，就是这种原子的原子量。

$$\frac{\text{某原子质量}}{\frac{{}^{12}_6\text{C的原子质量}}{12}} = \frac{\text{某原子质量}}{{}^{12}_6\text{C的原子质量}} \times 12 = \text{某原子量}$$

原子量是相对质量，不是绝对质量，无单位。

${}^{12}_6\text{C}$ 的绝对质量为 1.993×10^{-23} 克。

(一)有关原子量计算

例一。已知一个氧原子的质量为 2.657×10^{-23} 克，求出氧的原子量是多少？

解：代入公式计算

$$\frac{2.657 \times 10^{-23}}{1.993 \times 10^{-23}} \times 12 = 16$$

答：氧的原子量为16。

例二。已知铝的原子量为27，求出铝原子的绝对质量是多少？

解：根据上述公式推导

$$\frac{27 \times 1.993 \times 10^{-23}}{12} = 4.4843 \times 10^{-23} \text{ (克)}$$

答：铝原子绝对质量是 4.4843×10^{-23} 克。

(二) 有关常用原子量的计算

常用原子量是某一元素的所有天然同位素原子量的平均值。

例一. 已知碳的天然同位素 $^{12}_6\text{C}$ 的丰度 (或相对百分含量) 为 98.9%, $^{13}_6\text{C}$ 为 1.1%, 计算碳的原子量是多少?

解: $(12 \times 98.9\%) + (13 \times 1.1\%) = 12.011$

例二. 已知氧的天然同位素 $^{16}_8\text{O}$ 的丰度为 99.759%, 原子量为 15.994915, $^{17}_8\text{O}$ 的丰度为 0.037%, 原子量为 16.999133, $^{18}_8\text{O}$ 的丰度为 0.204%, 原子量为 17.9996。求出氧元素的常用原子量是多少?

解: $(15.994915 \times 99.759\%) + (16.999133 \times 0.037\%) + (17.99916 \times 0.204\%) = 15.9994$

答: 氧元素的常用原子量是 15.9994。

例三. 已知氖的天然同位素有 $^{20}_{10}\text{Ne}$ 和 $^{22}_{10}\text{Ne}$ 两种, 并且知道氖的原子量为 20.17, 计算两种同位素的丰度各是多少?

解: 设 $^{20}_{10}\text{Ne}$ 的丰度为 $x\%$,

则 $^{22}_{10}\text{Ne}$ 的丰度为 $(100 - x)\%$

$$(20 \times x\%) + [22 \times (100 - x)\%] = 20.17$$

$$x = 91.05$$

$$100 - x = 8.95$$

答： $^{20}_{10}\text{Ne}$ 丰度为91.05%、 $^{22}_{10}\text{Ne}$ 丰度为8.95%

(三)有关原子结构微粒的计算

实验测得 电子的质量	9.109×10^{-28} 克
中子的质量	1.6749×10^{-24} 克
质子的质量	1.6726×10^{-24} 克

例一. 已知电子的质量是 9.109×10^{-28} 克, 中子的质量是 1.6749×10^{-24} 克, 质子的质量是 1.6726×10^{-24} 克, 计算出三者的相对质量各是多少?

解: 提示: 结构微粒相对质量, 是结构微粒的绝对质量与 $^{12}_6\text{C}$ 原子质量的 $\frac{1}{12}$ 的比值。

$$\text{电子} \quad \frac{9.109 \times 10^{-28}}{1.993 \times 10^{-23}} \times 12 = 5.6 \times 10^{-4}$$

即万分之5.5, 也即 $\frac{1}{1818}$

$$\text{中子} \quad \frac{1.6749 \times 10^{-24}}{1.993 \times 10^{-23}} \times 12 = 1.009$$

$$\text{质子} \quad \frac{1.6726 \times 10^{-24}}{1.993 \times 10^{-23}} \times 12 = 1.007$$

答: 电子的相对质量为 $\frac{1}{1818}$, 中子为1.009, 质子为1.007。

例二. 已知电子的质量是 9.109×10^{-28} 克, 质子的质量是 1.6726×10^{-24} 克. 计算质子是电子质量的多少倍?

$$\text{解:} \quad \frac{1.6726 \times 10^{-24}}{9.109 \times 10^{-28}} = 1837$$

答: 质子质量是电子质量的1837倍。

例三. 计算 $^{16}_8\text{O}$ 的绝对质量是多少?

解: 提示: $^{16}_8\text{O}$ 说明原子核里有 8 个质子和 8 个中子。
其质量是两种微粒的质量之和, 核外电子质量可忽略不计。
$$(8 \times 1.6726 \times 10^{-24}) + (8 \times 1.6748 \times 10^{-24})$$
$$= 2.6779 \times 10^{-23} \text{ (克)}$$

答: $^{16}_8\text{O}$ 的绝对质量为 2.6779×10^{-23} 克。

例四. 以中子和质子的相对质量计算 $^{16}_8\text{O}$ 的原子量是多少?

解: $(8 \times 1.007) + (8 \times 1.009) = 16.120$

答: $^{16}_8\text{O}$ 的原子量是 16.120。

(四) 有关分子的计算

例一. 已知在 0°C 时, CCl_4 的密度是 1.600 克/〔厘米〕^3

① 计算 1 摩尔 CCl_4 的体积是多少立方厘米?

② 计算 1 个 CCl_4 分子的体积是多少立方厘米?

③ 假设分子是球形的, 计算一个 CCl_4 分子的半径 (近似值) 是多少埃?

解: ① 求出 1 摩尔 CCl_4 的体积

已知 1 摩尔 CCl_4 的质量是 154 克

1 摩尔 CCl_4 所占的体积是:

$$\frac{154 \text{ 克}}{1.600 \text{ 克/〔厘米〕}^3} = 96.25 \text{〔厘米〕}^3$$

② 求出 1 个 CCl_4 分子所占的体积

已知 1 摩尔 CCl_4 中, 含有 6.023×10^{23} 个分子。这些分

子共占有96.25立方厘米的体积，则每一个 CCl_4 分子所占的体积为：
$$\frac{96.25 \text{ 毫升}}{6.02 \times 10^{23}} = 1.598 \times 10^{-22} \text{ [厘米]}^3$$

③求出 CCl_4 分子的半径

已知球体的体积与半径的关系式为：

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\text{则 } R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$$

代入数值计算：

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \times 1.598 \times 10^{-22}}{4 \times 3.1416}}$$

$$= 3.365 \times 10^{-8} \text{ 厘米, 或等于 } 3.365 \times 10^{-10} \text{ 米,}$$

即等于3.365埃。

答：1摩尔 CCl_4 的体积为96.25 [厘米]³，一个 CCl_4 分子所占的体积为 1.598×10^{-22} [厘米]³， CCl_4 分子的半径是3.365埃

例二。通过某一实验发现185滴水的体积是10.0立方厘米，已知水的密度是1.000克/[厘米]³：

①计算每一滴水中含有多少个分子？

②计算每一个水分子占的体积是多少立方厘米？

③若水分子是球形的，计算水分子的半径约是多少埃？

解：①求出1滴水的体积

$$\frac{10 \text{ [厘米]}^3}{185} = 0.0541 \text{ [厘米]}^3$$

②求出10毫升水中的分子数

已知：水的1摩尔质量是18克，水的密度是1克/毫升，

则1摩尔水占的体积为:

$$\frac{18\text{克}}{1.000\text{克/〔厘米〕}^3} = 18\text{〔厘米〕}^3$$

10毫升水中的分子数为:

$$10\text{〔厘米〕}^3 \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{18\text{〔厘米〕}^3} = 3.344 \times 10^{23}$$

或列比例:

$$18\text{毫升} : 10\text{毫升} = 6.02 \times 10^{23}\text{个} : x\text{个}$$

$$x = 3.344 \times 10^{23}(\text{个})$$

③求出1滴水中的分子数

$$\frac{3.344 \times 10^{23}}{165} = 1.81 \times 10^{21}(\text{个})$$

④求出一个水分子占的体积

$$\frac{10\text{〔厘米〕}^3}{3.344 \times 10^{23}} = 2.99 \times 10^{-23}\text{〔厘米〕}^3$$

或: $\frac{1\text{滴水体积}}{1\text{滴水中分子数}} = 1\text{个水分子的体积}$

$$\frac{0.0541\text{〔厘米〕}^3}{1.81 \times 10^{21}} = \frac{54.1 \times 10^{-3}}{18.1 \times 10^{20}} \\ = 2.99 \times 10^{-23}\text{〔厘米〕}^3$$

⑤求出水分子的半径

已知球体的体积与半径的关系:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$$

代入数值计算：

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \times 2.99 \times 10^{-23}}{4 \times 3.1416}}$$

$= 1.923 \times 10^{-8}$ 厘米，或等于 1.923×10^{-10} 米，

即等于1.923埃

答：1滴水中含有 1.81×10^{21} 个，1个水分子的体积为 2.99×10^{-23} 立方厘米，一个水分子的半径约为1.923埃。

二、根据分子式的计算

(一)根据分子式计算分子量

分子量等于组成分子的全部原子量之和。分子量是相对质量，无单位。

例一．氧气的分子量是多少

解：已知氧的原子量是16，一个氧分子是由两个氧原子组成的，因此氧气的分子量是：

$$2 \times 16 = 32 \quad \text{答：氧气分子量是32。}$$

例二：已知葡萄糖的分子式是 $C_6H_{12}O_6$ ，计算葡萄糖的分子量是多少？

解：已知C、H、O的原子量分别是12、1、16，葡萄糖的分子量是：

$$(12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6) = 180$$

答：葡萄糖的分子量是180。

(二) 计算分子中所含元素的质量

例一. 氯化铜中氯与铜的质量比是多少?

解: 已知氯化铜的分子式是 CuCl_2

已知氯和铜的原子量分别是35.5和64, 所以铜与氯的质量比是:

$$\text{Cu} : 2\text{Cl} = 64 : 35.5 \times 2 = 64 : 71$$

答: 氯化铜中氯与铜的质量比是71 : 64。

例二. 葡萄糖分子中碳、氢、氧三种元素的质量比是多少?

解: 已知葡萄糖的分子式是 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$,

已知碳、氢、氧的原子量分别是12、1和16, 所以碳、氢、氧三种元素的质量比是:

$$6\text{C} : 12\text{H} : 6\text{O} = 12 \times 6 : 1 \times 12 : 6 \times 16$$

$$= 72 : 12 : 96$$

$$= \frac{72}{12} : \frac{12}{12} : \frac{96}{12} = 6 : 1 : 8$$

答: 葡萄糖分子中碳、氢、氧三种元素的质量比是6 : 1 : 8。

例三. 在25克的硝酸铵中含氮多少克?

解: 已知硝酸铵的分子式是 NH_4NO_3 , 分子量是80, 从分子式可知, 一分子 NH_4NO_3 中含有两个氮原子, 即80份质量的 NH_4NO_3 中含有28份质量的氮, 则25克硝酸铵中含氮为 x 克, 列比例:

$$80 : 25 = 28 : x$$

$$x = \frac{25 \times 28}{80} = \frac{700}{80} = 8.75 (\text{克})$$

答：25克硝酸铵中含氮8.75克。

例四。在20公斤40%的盐酸中，含氯多少公斤？

解：①计算出盐酸中纯氯化氢的质量

$$20 \text{ 公斤} \times 40\% = 8 \text{ 公斤}$$

②计算出氯的含量

已知氯化氢的分子式是HCl，Cl的原子量是35.5，HCl的分子量是36.5。

设8公斤氯化氢中含氯为X公斤，列比例：

$$36.5 : 35.5 = 8 : X$$

$$X = 7.73 \text{ (公斤)}$$

答：20公斤40%的盐酸中含氯7.78公斤。

例五。从含 Fe_2O_3 85%的赤铁矿100吨中，能炼出纯铁多少吨？

解：①求出纯 Fe_2O_3 的吨数

$$100 \text{ 吨} \times 85\% = 85 \text{ 吨}$$

②求出炼出纯铁的吨数

从 Fe_2O_3 的分子式可知，分子量是：

$$56 \times 2 + 16 \times 3 = 160$$

即160吨 Fe_2O_3 中含铁112，

设85吨 Fe_2O_3 中含铁为X吨，列比例：

$$160 : 112 = 85 : X$$

$$X = 59.5 \text{ (吨)}$$

答：能从100吨含85% Fe_2O_3 的赤铁矿中炼出59.5吨的纯铁。

例六. 有一硝酸银样品10.75克, 经化学分析的结果, 其中含银6.35克。求在此硝酸银样品中含杂质的百分比是多少?

解: ①求出纯 AgNO_3 的含量

已知 AgNO_3 的分子量为:

$$107.88 + 14 + 16 \times 3 = 169.88$$

由分子式和分子量可知, 含银107.88克时, 相当于含 AgNO_3 169.88克。

设含银6.35克, 相当于 AgNO_3 为 x 克, 列比例:

$$107.88 : 6.35 = 169.88 : x$$

$$x = 10(\text{克})$$

②求出含杂质的百分比

样品中含杂质的克数:

$$10.75 - 10 = 0.75(\text{克})$$

含杂质百分比是:

$$\frac{0.75}{10.75} \times 100\% = 6.98\%$$

答: 该样品中含杂质是6.98%。

例七. 500克纯胆矾中, 含有多少克的结晶水?

解: 已知胆矾的分子式是 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 分子量是

$$64 + 32 + 16 \times 4 + 18 \times 5 = 250, \text{由分子式和分子量}$$

可知, 250克胆矾中含结晶水为 $18 \times 5 = 90$ 克, 则500克中含 x 克, 列比例:

$$250 : 500 = 90 : x$$

$$x = 180(\text{克})$$

答：500克胆矾中含结晶水180克。

例八. 多少公斤纯度为95%的碳酸氢铵与50公斤纯度为90%的硫酸铵具有相等的肥效？

提示：含氮量相等的氮肥具有相等的肥效。

解：①求出 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的含氮量

$$50 \times 90\% \times \frac{2\text{N}}{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 50 \times 90\% \times \frac{2 \times 28}{132} = 19.1 (\text{公斤})$$

②求出 NH_4HCO_3 的公斤数

设 需 NH_4HCO_3 为 x 公斤

根据题意，两种氮肥的含氮量必定相等，即：

$$x \times 95\% \times \frac{\text{N}}{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = x \times 90\% \times \frac{28}{79} = 19.1$$

$$x = 56.7 (\text{公斤})$$

答：需纯度为95%的 NH_4HCO_3 56.7公斤

(三) 根据分子式计算各元素的百分组成

元素的质
量百分比 = $\frac{\text{某元素的原子量} \times \text{某元素的原子个数}}{\text{分子量}} \times 100\%$

例一. 求硝酸钾中各元素的百分组成是多少？

解：已知硝酸钾的分子式是 KNO_3 ，分子量是101.1，钾的百分含量是：

$$\frac{\text{K}}{\text{KNO}_3} \times 100\% = \frac{39.1}{101.1} \times 100\% = 38.67\%$$

氮的百分含量是：

$$\frac{\text{N}}{\text{KNO}_3} \times 100\% = \frac{14}{101.1} \times 100\% = 13.85\%$$