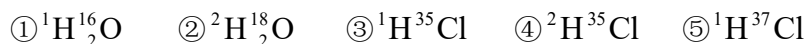


气体摩尔体积、阿伏伽德罗定律



知识温习

1. (2010·上海模拟) 下列化学式代表的物质种类、元素种类和原子种类, 正确的是 ()



- A. 2、3、6 B. 2、6、6 C. 5、3、6 D. 5、6、6

【答案】A

2. (2010·上海模拟) 某元素构成的双原子分子有三种, 相对分子质量分别为 70、72、74, 若此三种单质的物质的量之比为 9:6:1, 由此推断正确的结论是 ()

- A. 此元素有三种同位素
B. 其中一种同位素的质量数为 36
C. 其中质量数为 37 的同位素原子占总原子数的百分率为 25%
D. 此元素的相对摩尔质量为 72

【答案】C

3. (2010·上海模拟) 某阳离子 $^A\text{R}^{n+}$, 核外共有 x 个电子, 则该原子核内质子数、中子数分别为 ()

- A. $(n+x)$ 、 $(A-n+x)$ B. $(A-n)$ 、 $(n-x-A)$
C. $(n+x)$ 、 $(A-n-x)$ D. $(x-n)$ 、 $(A-x+n)$

【答案】C

4. 重水的组成为 D_2O , 则

- (1) 0.2mol 中含有中子 _____ 个;
(2) 50g 重水中含有质子的物质的量为 _____ mol ;
(3) 100 个重水分子和 100 个普通水分子的质量之比为 _____ 电子数之比为 _____。

【答案】(1) $2N_A$; (2) 25; (3) 10:9; 1:1.



每识每课

理想气体状态方程

理想气体状态方程简称气体状态方程。理想气体指可以忽略分子本身所占空间和分子间作用力, 完全符合波义耳 (Boyle's Law) 的气体。空气、氢气、氧气、氮气等极难液化的气体, 在一般条

件下，可视为理想气体，较容易液化的气体，在压强很低或温度很高的情况下也可近似地看成理想气体。实际上，由于气体分子本身不仅有一定的体积，而且分子间也存在着一定的相互作用力，所以，理想气体仅是真实气体的一种近似。在高温、低压下，二者间近似的程度很高。

理想气体的压强、体积和温度（用热力学温度）与气体物质的量之间的关系为：

$$\frac{PV}{T} = nR \text{ 或 } PV = nRT$$

这个关系式即称为理想气体状态方程式。式中 P 为压强， V 为体积， n 为物质的量， T 为热力学温度（ $T=273+t^{\circ}\text{C}$ ）， R 为比例常数，亦称为气体常数， R 的数值由 P 、 V 的单位所决定。如果 P 用标准大气压， V 用升时，其数值为 0.082；若 P 用帕（Pa）， V 用立方米为单位时，其数值为 8.314。

理想气体状态方程式中的物质的量 n 可以用气体质量（ m ）和气体的摩尔质量（ M ）之比表示，即 $n=m/M$ 。所以也可以将理想气体状态方程，写成：

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

利用这个关系式，当气体的质量、温度、压强、体积为已知时，即可求得气体的摩尔质量（ M ），从而得出气体的相对分子质量。



新知精讲

一、气体摩尔体积

1. 引入

(1) 关于固体、液体物质的体积

| 物质 | 状态 | 1mol 物质所含微粒数 | 1mol 物质的质量 (g) | 密度 (20°C) (g/cm ³) | 体积 (20°C) (cm ³) |
|--------------------------------|----|-----------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|
| Fe | 固 | 6.02×10^{23} | 56 | 7.8 | 7.2 |
| Al | 固 | 6.02×10^{23} | 27 | 2.7 | 10 |
| Pb | 固 | 6.02×10^{23} | 207 | 11.3 | 18.3 |
| H ₂ O | 液 | 6.02×10^{23} | 18 | 1 (4°C) | 18 |
| H ₂ SO ₄ | 液 | 6.02×10^{23} | 98 | 1.83 | 53.6 |

【结论】相同条件下，1 摩尔不同固体或液体物质的体积是_____的。

不同；

(2) 1mol 不同气体的体积比较

| 气体物质 | 1mol 物质 所含分子数 | 1mol 气体的质 量 (g) | 密度 (标准状况) (g/L) | 体积 (标准状 况) (L) |
|-----------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| H ₂ | 6.02×10^{23} | 2.016 | 0.0899 | 22.4 |
| O ₂ | 6.02×10^{23} | 32.00 | 1.429 | 22.4 |
| CO ₂ | 6.02×10^{23} | 44.01 | 1.977 | 22.3 |

【结论】在标准状况下，1mol 任何_____所占的体积_____，约为_____L

气体；相同；22.4

(3) 物质的体积主要由以下因素决定的：

①微粒数：微粒数的多少可以决定物质的体积大小，其他条件相同的情况下，微粒数多的物质体积大。

②微粒的大小：微粒的大小可以决定物质的体积大小，其他条件相同的情况下，微粒大的物质体积大。

③微粒间的距离：微粒间的距离可以决定物质的体积大小，其他条件相同的情况下，微粒间距离大的物质体积大。

2. 概念

在**标准状况**（指 0°C，101.3kPa，符号 S.T.P.）下，1mol 任何气体所占的体积都约是 22.4L，这个体积叫做**气体摩尔体积**。符号是 V_m ，单位为 L/mol。**22.4L/mol** 是在**标准状况**下气体摩尔体积的物理常数。

(1) 公式：_____；单位：_____

(2) 原因：

①相同状况下，决定物质体积大小的因素：_____、_____
_____、_____。

②气态时微粒间的距离特别大，比一般微粒分子的直径大 15-20 倍，所以微粒的大小可忽略不计。

③许多科学实验证明，在相同状况下不同气体分子间的平均距离几乎相等。

(3) 气体摩尔体积的解析：

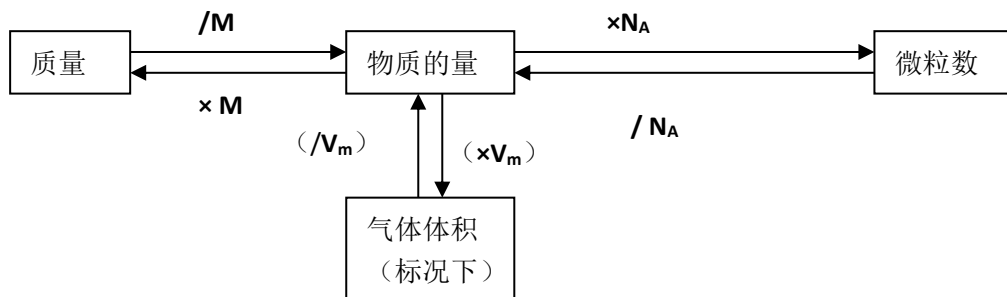
①1mol 任何气体，微粒数相等；相同状况下，分子间平均距离相等；微粒大小忽略不计。所以，气体所占的体积相等。其具体数值时通过标准状况下的科学计算而得。

②体积是大约值，不能绝对化。

③注意前提条件是在标准状况下。

【答案】 $V_m = \frac{V}{n}$ L/mol；构成物质的微粒数；微粒的大小；微粒间的距离。

3. 建构知识体系



从三个公式可以得出，1mol 任何气体的微粒数相同，都是 N_A 个；同理，1mol 任何气体的体积相同。反之，体积相同的任何气体，其物质的量是相同的。

【练一练】

1. 在标准状况下，相同质量的下列气体中体积最大的是 ()

- A. O_2 B. Cl_2 C. N_2 D. CO_2

【答案】C

2. 在相同条件下，22g 下列气体中跟 22g CO_2 的体积相等的是 ()

- A. N_2O B. N_2 C. SO_2 D. CO

【答案】A

3. 判断下列说法是否正确

- (1) 17g 氨气所含电子数目为 $10N_A$ ()
(2) 常温常压下，18.0 g 重水 (D_2O) 所含的电子数约为 $10 \times 6.02 \times 10^{23}$ ()
(3) 10g 甲烷所含有的电子数目为 $10N_A$ ()
(4) 常温常压下，4g 氦气所含有的中子数目为 $4N_A$ ()
(5) 9g 重水所含有的电子数为 $5N_A$ ()
(6) $1molCH_3^+$ (碳正离子) 中含有电子数为 $10N_A$ ()
(7) 标准状况下 22.4L H_2 中含中子数为 $2N_A$ ()

【答案】 $\checkmark \times \times \times \times \times \times$

二、气体摩尔体积的常见应用

1. 根据摩尔质量的概念求算：

相对分子质量的数值与该物质的摩尔质量数值相等，求出气体的摩尔质量，其数值就是气体的相对分子质量。

$$\text{摩尔质量}(M, \text{ g/mol}) = \frac{\text{质量}(m, \text{ g})}{\text{物质的量}(n, \text{ mol})}$$

例：标准状况下，448mL 某气体的质量是 0.88g，该气体的式量是_____

【答案】44

2. 根据标准状况下气体的密度（ ρ ）求算：

$$\text{摩尔质量}(M, \text{ g/mol}) = 22.4(\text{L/mol}) \times \rho(\text{g/L})$$

3. 根据相同状况下同体积气态物质的质量比（又称相对密度）求算：

设：有 A 和 B 两种气体， $m(A)$ 和 $m(B)$ 分别表示这两种气体在相同状况下同体积的质量， n 是他们的物质的量， $M(A)$ 和 $M(B)$ 表示他们的相对分子质量，则有：

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{n \cdot M(A)}{n \cdot M(B)} = \frac{M(A)}{M(B)}, \text{ 即 } M(A) = \frac{m(A)}{m(B)} \cdot M(B)$$

其中 $m(A)/m(B)$ 就是气体 A 对气体 B 的相对密度，即 $M(A) = \rho_{\text{m}}(\text{气体 A 对气体 B 的相对密度}) \cdot M(B)$.

例：同温同压下，某气体对空气的相对密度为 0.965，求这种气体的相对分子质量。

【答案】 $M = 0.965 \times 29 \approx 28.0$ (g/mol)

4. 根据混合气体中个组分气体的体积分数（或物质的量分数）求算混合气体的平均式量

设：有 A、B 两种气体组成混合气体， $M(A)$ 和 $M(B)$ 分别表示各自的相对分子质量， $n_A\%$ 和 $n_B\%$ 表示他们在混合气体中的体积分数(或物质的量分数)，混合气体的平均摩尔质量为：

$$\text{平均摩尔质量}(\bar{M}, \text{ g/mol}) = M(A) \cdot n_A\% + M(B) \cdot n_B\%$$

例：空气的成分按体积计算，大致是 O_2 ——21%， N_2 ——78%， CO_2 ——0.03%……试计算空气的相对平均式量（精确到个位）

【答案】 $\bar{M} = 32 \times 21\% + 28 \times 78\% + 44 \times 0.03\% \approx 29$ (g/mol)

三、阿伏加德罗定理及推论

1. 定义：在相同温度和压强下，相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。

注意：

①使用范围：该定律可适用于任何气体；可以是单一气体，也可以是混合气体。

②定律中的同温同压下，不一定指在标准状况下；气体摩尔体积为 22.4L/mol，只是一种特殊情况。

③定律中包含四同（同温、同压、同体积、同物质的量或微粒数），只要其中有任何三个相同，则必有第四个相同，即“三同”定“一同”；若只有两个相同，则另外两个必定成比例，即“二同”定“比例”。

2. 重要推论（仅适用于气体）：

理想气体状态方程：PV=nRT

| 相同条件 | | 结论 |
|--------|-------------------------------------|--------------------------|
| T、p 相同 | $\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$ | 同温同压下，气体的体积与物质的量成正比 |
| T、V 相同 | $\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1}{n_2}$ | 温度体积相同的气体，其压强与物质的量成正比 |
| n、p 相同 | $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ | 物质的量，压强相同的气体，其体积与温度成正比 |
| n、T 相同 | $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$ | 物质的量相等，温度相同的气体，其压强与体积成反比 |

| 相同条件 | | 结论 |
|----------|---|--------------------------------|
| T、p 相同 | $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2}$ | 同温同压下，气体的密度与其相对分子质量（或是摩尔质量）成正比 |
| T、p、V 相同 | $\frac{M_1}{M_2} = \frac{m_1}{m_2}$ | 同温同压下，体积相同的气体，其相对分子质量与质量成正比 |
| T、p、m 相同 | $\frac{M_1}{M_2} = \frac{V_2}{V_1}$ | 同温同压下，等质量的气体，相对分子质量与其体积成反比 |
| V、m、T 相同 | $\frac{M_1}{M_2} = \frac{P_2}{P_1}$ | 同温同体积下，等质量的气体，相对分子质量与压强成反比 |

【练一练】

1. 常温下，在密闭容器里分别充入两种气体各 0.1mol，在一定条件下充分反应，恢复到原温度时，压强降低为开始时的 $\frac{1}{4}$ 。则原混合气体可能是 （ ）

A. H₂ 和 O₂ B. HCl 和 NH₃ C. H₂ 和 Cl₂ D. CO 和 O₂

2. 在相同的温度和压强下，4 个容器中分别装有 4 种气体。已知各容器中的气体和容器的容积分别是：a. CO₂、100mL；b. O₂、200mL；c. N₂、400mL；d. CH₄、600mL。4 个容器中气体质量由大到小的顺序是 （ ）

A. a>b>c>d B. b>a>d>c C. c>d>b>a D. d>c>a>b

【答案】1. A 2. C



课堂小憩

花露水为什么越陈越香？

花露水越陈越香，这是有一定科学根据的，因为花露水中所用的酒精与香精相互作用以后，香精的粗糙气味逐渐地变为和顺，时间愈长香味愈醇厚浓郁。另外由于日子久了，部分酒精挥发了，香精越来越浓，因而也就越陈越香。





例题解析

知识点 1：气体摩尔体积

题型 1：概念

【例 1】判断下列叙述正确的是 ()

- A. 标准状况下, 1mol 任何物质的体积都约为 22.4L
- B. 1mol 任何气体所含分子数都相同, 体积也都约为 22.4L。
- C. 在常温常压下金属从盐酸中置换出 1molH₂, 需要转移的电子数为 1.204×10^{24}
- D. 在同温同压下, 相同体积的任何气体单质所含原子数目相同。

【难度】★【答案】C

变式 1：下列说法中, 正确的是 ()

- A. 1mol 任何物质的体积都约是 22.4L
- B. 1mol 任何气体的体积都约是 22.4L
- C. 标准状况下, 16g 氧气的体积约是 22.4L
- D. 标准状况下, 18g 水的体积远小于 22.4L

【难度】★【答案】D

变式 2：下列说法中, 正确的是 ()

- A. 高温时, 某气体的体积一定比该气体在低温时的体积大
- B. 压强大时, 气体的体积一定比压强小时该气体的体积小
- C. 分子数相同的气体, 它们的体积一定相等
- D. 同温同压时, 体积相同的两种气体, 它们的物质的量一定相等

【难度】★【答案】D

变式 3：下列有关气体摩尔体积的描述中正确的是 ()

- A. 单位物质的量的气体所占的体积就是气体摩尔体积
- B. 通常状况下的气体摩尔体积约为 22.4L
- C. 标准状况下的气体摩尔体积约为 22.4L
- D. 相同物质的量的气体摩尔体积也相同

【难度】★★【答案】A

题型 2：气体摩尔体积与物质的量的计算

【例 1】标准状况下, 下列气体所占体积最大的是 ()

- A. 80g SO₃
- B. 16g O₂
- C. 32g H₂S
- D. 2g H₂

【难度】★【答案】D

变式1: 同温、同压下, 相同质量的下列气体所占体积最大的是 ()

- A. O_2 B. CO_2 C. CO D. H_2

【难度】★【答案】D

变式2: 在273K和101kPa的条件下, 将0.4g氢气、1.40g氮气和1.60g氧气混合, 该混合气体的体积是 ()

- A. 6.72L B. 7.84L C. 10.08L D. 13.44L

【难度】★★【答案】A

【例2】在标准状况下, 67.2L CO_2 是_____mol, 质量为_____g, 含有_____个 CO_2 分子, 其中含有_____mol 氧原子。

【难度】★【答案】3; 132; $3N_A$; 6

变式1: 某气态氧化物化学式为 RO_2 , 在标准状况下, 1.28g 该氧化物的体积是448mL, 则氧化物的摩尔质量为_____, R 的相对原子质量为_____。

【难度】★【答案】64g/mol; 32

变式2: 在标准状况下, 1 L 氮气约含有的氮分子数为_____, 跟0.5 mol 氯化钠分子数目相同的氮气的质量是_____g, 在标准状况下, 这些氮气的体积为_____L。

【难度】★【答案】 2.7×10^{22} ; 14; 11.2

题型3: 与 N_A 有关的计算

【例1】设 N_A 代表阿伏加德罗常数。下列说法正确的是 ()

- A. 18g 水所含的电子数目为 N_A
B. 32g 氧气所含的原子数目为 N_A
C. 在常温常压下11.2L 氯气所含的原子数目为 N_A
D. 2.3g 金属钠变为钠离子时失去的电子数目为 $0.1N_A$

【难度】★【答案】D

变形1: 设 N_A 为阿伏伽德罗常数, 下列说法不正确的是 ()

- A. N_A 个 H_2O 分子和 1.5mol H_2 所含的原子个数相等
B. 氧气的式量与 $2N_A$ 个氧原子的质量 (以克为单位) 在数值上相等
C. 常温常压下, 11.2L 氧气含有的原子数目为 N_A
D. N_A 并不等于 6.02×10^{23}

【难度】★★【答案】C

变式2: 设 N_A 为阿伏加德罗常数, 下面不正确的说法是 ()

- A. 标准状况下 1.12L 二氧化碳含 $0.1N_A$ 个氧原子
B. 2.4g 镁原子变成镁离子失去 $0.1N_A$ 个电子
C. 500mL 0.2mol/L $Ba(NO_3)_2$ 溶液含 $0.1N_A$ 个 Ba^{2+}

D. 0.1molHClO 含 $2.6N_A$ 个质子

【难度】★【答案】B

变形3: 某氯原子质量为 ag , ^{12}C 原子质量为 bg , 用 N_A 表示阿佛加德罗常数, 下列说法错误的是 ()

- A. 氯元素的相对原子质量一定是 $12a/b$ B. xg 该氯原子的物质的量一定是 $\frac{x}{a \cdot N_A} \text{ mol}$
- C. 1mol 该氯原子的质量是 $aN_A g$ D. yg 该氯原子所含的电子数为 $\frac{17y}{a \cdot N_A}$

【难度】★★【答案】A

【例2】在标准状况下, 1L 的密闭容器中恰好可盛放 n 个 N_2 分子和 m 个 H_2 分子组成的混合气体, 则阿伏加德罗常数可近似表示为 ()

- A. $22.4(m+n)$ B. $22.4 \times 6.02 \times 10^{23}(m+n)$
- C. $\frac{22.4(m+n)}{6.02 \times 10^{23}}$ D. $m+n$

【难度】★★【答案】A

变形1: 标准状况下, 如果 0.5LH_2 含有 n 个分子, 则阿伏加德罗常数可表示为 ()

- A. $22.4n$ B. $44.8n$ C. $n/22.4$ D. $n/44.8$

【难度】★【答案】B

变形2: 1L 氧气 (标准状况) 有 n 个分子, 则阿伏伽德罗常数可表示为 ()

- A. $n/32$ B. $n/22.4$ C. $22.4n$ D. $32n$

【难度】★【答案】C

变形3: 如果 ag 某气体中含有分子数为 b , 则 cg 该气体在标准状况下的体积是 ()

- A. $\frac{22.4b}{acN_A} L$ B. $\frac{22.4ab}{cN_A} L$ C. $\frac{22.4ac}{bN_A} L$ D. $\frac{22.4bc}{aN_A} L$

【难度】★★【答案】D

题型4: 摩尔质量计算

【例1】同温同压下, 某容器充满 O_2 重 116g , 若充满 CO_2 重 122g , 现充满某气体重 124g , 则某气体的相对分子质量为 ()

- A. 4 B. 28 C. 32 D. 48

【难度】★★★★【答案】D

【解析】同温同压下, 气体的 V_m 相等, 相同容器中气体的体积相等, 则分子数、物质的量相等, 设容器的质量为 m , 则

$$\frac{116g - m}{32g/mol} = \frac{122g - m}{44g/mol}, m=100g,$$

设气体的摩尔质量为 M ,

$$\text{则 } \frac{122g - 100g}{44g/mol} = \frac{124g - 100g}{M}$$

$M=48g/mol$, 所以相对分子质量为 48

变形 1: 同温同压下, 某容器充满 O_2 重 116g, 若充满 CO_2 重 122g, 现充满某气体重 114g, 则某气体的分子量为 ()

- A. 28 B. 60 C. 32 D. 4

【难度】★★★【答案】A

【解析】 令气体的物质的量为 n , 容器质量为 m , 则:

$$m + n \times 32g/mol = 116g$$

$$m + n \times 44g/mol = 122g$$

解得, $n=0.5mol$, $m=100g$

充满气体 X 后的质量为 114g, 所以气体 X 的质量为 $114g - 100g = 14g$, 物质的量为 0.5mol

气体 X 的摩尔质量为 $\frac{14g}{0.5mol} = 28g/mol$

所以气体 X 的相对分子质量为 28

变形 2: 某状况下, $2g CO_2$ 气体的体积是 1120ml, $2g A$ 气体的体积是 770ml, 则 A 的相对分子质量 为 ()

- A. 48 B. 64 C. 72 D. 56

【难度】★★【答案】B

【例2】 $150^\circ C$ 时碳酸铵完全分解生成气态混合物, 该混合气体对 H_2 的相对密度是 ()

- A. 96 B. 48 C. 12 D. 32

【难度】★★【答案】C

变式 1: 固体 X 在一定条件下加热分解, 其化学方程式为 $2X \xrightarrow{\Delta} Y \uparrow + 2Z \uparrow + 2W \uparrow$, 测得生成的混合气体的密度是相同状况下 H_2 密度的 a 倍, 则 X 的相对分子质量为_____.

【难度】★★【答案】5a

变式 2: 已知 $NaHCO_3$ 在 $150^\circ C$ 下会发生分解反应: $2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O$, 则反应生成的混合气体对氢气的相对密度是 ()

- A. 15.5 B. 42 C. 31 D. 21

【难度】★★【答案】A

【例3】按体积比为4:2:3所组成的N₂、O₂、CO₂混合气体100g在标准状况下体积为_____。

【难度】★★★ 【答案】65.4L

【解析】根据阿伏加德罗定律，三种气体的体积比为4:2:3，物质的量之比也为4:2:3，可当作4mol，2mol，3mol

$$\overline{M} = \frac{28\text{g/mol} \times 4\text{mol} + 32\text{g/mol} \times 2\text{mol} + 44\text{g/mol} \times 3\text{mol}}{4\text{mol} + 2\text{mol} + 3\text{mol}} \\ = 34.2\text{g/mol}$$

$$\text{混合气体总物质的量为} \frac{100\text{g}}{34.2\text{g/mol}} = 2.92\text{mol}$$

$$\text{体积应为 } 2.92\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 65.4\text{L}$$

变式1：同温、同压下将H₂、O₂、Cl₂按9:4:1的体积比混合，在密闭容器中用电火花引燃，充分反应后，将产物冷却到室温，所得溶液的质量分数为（ ）

A、48.2% B、33.6% C、29.4% D、无法计算

【难度】★★★ 【答案】B

【解析】同温同压下H₂、O₂、Cl₂按9:4:1的体积比混合，同温同压下，气体体积之比等于物质的量之比，所以H₂、O₂、Cl₂的物质的量之比为9:4:1，设它们的物质的量分别是9mol、4mol、1mol，发生的反应为 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$ ，根据方程式知，氧气完全反应需要8mol氢气，剩余的1mol氢气和1mol氯气恰好反应生成2molHCl，则溶质为HCl，溶剂为H₂O，根据原子守恒得：

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{Cl}_2) = 2\text{mol}$$

$$m(\text{HCl}) = 2\text{mol} \times 36.5\text{g/mol} = 73\text{g}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 4n(\text{O}_2) = 8\text{mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 8\text{mol} \times 18\text{g/mol} = 144\text{g}$$

$$\text{溶液质量为: } m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{HCl}) = 144\text{g} + 73\text{g} = 217\text{g}$$

$$\text{则溶液质量分数为: } \frac{73\text{g}}{217\text{g}} \times 100\% = 33.6\%$$

变式2：N₂、O₂、CO₂按体积比为1:2:3组成的混合气体共50g，在标准状况下的体积为（ ）

A. 60L B. 30L C. 11.2L D. 112L

【难度】★★★ 【答案】B

题型5：综合计算

【例1】在含有 Na_2CO_3 和 Na_2SO_4 的溶液里加入足量的 BaCl_2 溶液，生成 43g 沉淀。把沉淀用足量的盐酸处理，在标准状况下放出 2.24 升 CO_2 气体，则原溶液中所含 Na_2CO_3 和 Na_2SO_4 的物质的量的比值是多少？

【难度】★★【答案】1: 1

【解析】 $n(\text{CO}_2)=2.24/22.4=0.1\text{mol}$ $m(\text{BaCO}_3)=0.1\times 197=19.7$
 $m(\text{BaSO}_4)=43-19.7=23.3$ $n(\text{Na}_2\text{CO}_3):n(\text{Na}_2\text{SO}_4)=0.1: 0.1=1:1$

变式1：19 世纪，化学家对氧化锆的化学式有争议，经测定锆的相对原子质量为 91，其氯化物蒸气的密度是同溶、同压下 H_2 密度的 116-117 倍，试判断与氯化物价态相同的氧化锆的化学式（
）

A. ZrO B. Zr_2O C. Zr_2O_3 D. ZrO_2

【难度】★★【答案】D

变式2：一种不纯的铁，已知它含有铜、铝、钙或镁等一种或几种金属杂质，5.6g 这样的铁跟足量的稀 H_2SO_4 作用，生成 H_2 2.24L（标准状况），则此铁块中一定含有的金属杂质是_____。

【难度】★【答案】铜

【方法提炼】对“1mol 任何气体所占的体积都约是 22.4L”的理解：

1) 气体分子间的平均距离比分子的直径大得多，因而气体体积主要决定于分子间的平均距离。在标准状况下，不同气体的分子间的平均距离几乎是相等的，所以任何气体在标准状况下气体摩尔体积都约是 22.4L/mol。

2) 标准状况：指 0°C 、 $1.01\times 10^5\text{Pa}$ 的状态。温度越高，体积越大；压强越大，体积越小。故在非标准状况下，其值不一定就是“22.4L”。但若同时增大压强，升高温度，或是降低压强和温度，1 摩尔任何气体所占的体积有可能为 22.4 升。

3) 1mol 气体在非标准状况下，其体积可能为 22.4L，也可能不为 22.4L。如在室温（ 20°C ，一个大气压）的情况下气体的体积是 24L。

4) 此概念应注意：①气态物质；②物质的量为 1mol；③气体状态为 0°C 和 $1.01\times 10^5\text{Pa}$ （标准状况）；④22.4L 体积是近似值；⑤ V_m 的单位为 L/mol 和 m^3/mol 。

5) 适用对象：纯净气体与混合气体均可。

知识点 2：阿伏加德罗定律及其推论

【例1】（双选）依照阿伏加德罗定律，下列叙述正确的是（ ）

- A. 同温同压下两种气体的体积之比等于摩尔质量之比
- B. 同温同压下两种气体的物质的量之比等于密度之比
- C. 同温同压下两种气体的摩尔质量之比等于密度之比
- D. 同温同体积下两种气体的物质的量之比等于压强之比

【难度】★★【答案】CD

变形 1: 在两个密闭容器中, 分别充有质量相同的甲、乙两种气体, 若它们的温度和密度均相同, 试根据甲、乙的摩尔质量 (M) 关系, 判断下列说法正确的是 ()

- A. 若 $M_{(甲)} > M_{(乙)}$, 则气体体积: 甲 < 乙
- B. 若 $M_{(甲)} < M_{(乙)}$, 则气体的压强: 甲 > 乙
- C. 若 $M_{(甲)} > M_{(乙)}$, 则气体的摩尔体积: 甲 < 乙
- D. 若 $M_{(甲)} < M_{(乙)}$, 则的分子数: 甲 < 乙

【难度】★★【答案】B

【解析】A. 两个密闭容器中, 分别充有等质量、等密度的甲、乙两种气体, 根据 $\rho = \frac{m}{V}$ 可知气体的体积相等, 故 A 错误;

B. 若 $M_{(甲)} < M_{(乙)}$, 根据 $n = \frac{m}{M}$, 则气体的物质的量: 甲 > 乙, 由 $PV = nRT$ 可知, 气体的压强: 甲 > 乙, 故 B 正确;

C. 根据 $n = \frac{m}{M}$, 若 $M_{(甲)} > M_{(乙)}$, 则气体的物质的量: 甲 < 乙, 根据 $V_m = \frac{V}{n}$, 故则气体的摩尔体积: 甲 > 乙, 故 C 错误;

D. 根据 $n = \frac{m}{M}$, 若 $M_{(甲)} < M_{(乙)}$, 则 $n_{(甲)} > n_{(乙)}$, 则气体的分子数: 甲 > 乙, 故 D 错误。

变形 2: 依照阿伏加德罗定律, 下列叙述错误的是 ()

- A. 同温同压下两种气体的体积之比等于物质的量之比
- B. 同温同压下两种气体的物质的量之比等于密度之比
- C. 同温同压下两种气体的摩尔质量之比等于密度之比
- D. 同温同体积下两种气体的物质的量之比等于压强之比

【难度】★★【答案】B

【例 2】(2015·徐汇区一模) (双选) 在两个密闭容器中, 分别充有质量相同的甲、乙两种气体, 若两容器的温度和压强均相同, 且甲的密度大于乙的密度. 则下列说法正确的是 ()

- A. 物质的量: 甲 < 乙
- B. 气体体积: 甲 > 乙
- C. 摩尔体积: 甲 > 乙
- D. 相对分子质量: 甲 > 乙

【难度】★★【答案】AD

【解析】同温同压下, 气体摩尔体积相等, 根据 $\rho = \frac{M}{V_m}$ 知, 相同条件下, 气体密度与其摩尔质

量成正比, 甲的密度大于乙的密度, 说明甲的摩尔质量大于乙,

A. 根据 $n = \frac{m}{M}$ 知, 相同质量时其物质的量与摩尔质量成反比, 甲的摩尔质量大于乙, 则甲的物质的

量小于乙, 故 A 正确;

B. 根据 $V = \frac{m}{M} V_m$ 知, 相同温度、压强、质量时, 气体体积与摩尔质量成反比, 摩尔质量甲 > 乙,

则气体体积甲 < 乙, 故 B 错误;

C. 同温同压下, 气体摩尔体积相等, 故 C 错误;

D. 根据以上分析知, 摩尔质量甲 > 乙, 摩尔质量在数值上等于其相对分子质量, 所以相对分子质量甲 > 乙, 故 D 正确;

变形 1: 标况下, 两个容积相同的容器中, 一个盛有 NH_3 气体, 另一个盛有 N_2 和 H_2 的混合气体. 若两容器内的气体具有相等的电子数, 则混合气体中 N_2 和 H_2 的物质的量之比为 ()

A. 4: 1 B. 1: 2 C. 2: 1 D. 1: 4

【难度】★★【答案】C

变形 2: 在标准状况下①6.72L CH_4 ② 3.01×10^{23} 个 HCl 分子 ③13.6g H_2S ④0.2mol NH_3 , 下列对这四种气体的关系从大到小表达正确的是 ()

a. 体积② > ③ > ① > ④ b. 密度② > ③ > ④ > ①
c. 质量② > ③ > ① > ④ d. 氢原子个数① > ③ > ④ > ②

A. abc B. bcd C. abcd D. acd

【难度】★★【答案】C

【解析】①6.72L CH_4 物质的量为 $\frac{6.72\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.3\text{mol}$, ② 3.01×10^{23} 个 HCl 分子的物质的量为

0.5mol, ③13.6g H_2S 的物质的量为 $\frac{13.6\text{g}}{34\text{g/mol}} = 0.4\text{mol}$, ④0.2mol NH_3

a. 相同条件下, 气体的体积之比等于物质的量之比, 所以体积② > ③ > ① > ④, 故 a 正确;

b. 各物质的摩尔质量分别为① CH_4 为 16g/mol ② HCl 为 36.5g/mol ③ H_2S 为 34g/mol ④ NH_3 为 17g/mol, 相同条件下, 密度之比等于摩尔质量之比, 所以密度② > ③ > ④ > ①, 故 b 正确;

c. 各物质的质量分别为① CH_4 为 $0.3\text{mol} \times 16\text{g/mol} = 4.8\text{g}$ ② HCl 为 $0.5\text{mol} \times 36.5\text{g/mol} = 18.25\text{g}$ ③ H_2S 13.6g ④ NH_3 为 $0.2\text{mol} \times 17\text{g/mol} = 3.4\text{g}$, 所以质量② > ③ > ① > ④, 故 c 正确;

d. 各物质中 H 原子的物质的量分别为① CH_4 为 $0.3\text{mol} \times 4 = 1.2\text{mol}$ ② HCl 为 0.5mol ③ H_2S $0.4\text{mol} \times 2 = 0.8\text{mol}$ ④ NH_3 为 $0.2\text{mol} \times 3 = 0.6\text{mol}$, 所以氢原子个数① > ③ > ④ > ②, 故 d 正确.

【方法提炼】

我们可以利用阿伏加德罗定律以及物质的量与分子数目、摩尔质量之间的关系得到以下有用的推论:

(1) 同温同压时: ① $V_1: V_2 = n_1: n_2 = N_1: N_2$ ② $p_1: p_2 = M_1: M_2$ ③同质量时: $V_1: V_2 = M_2: M_1$

(2) 同温同体积时: ④ $P_1: P_2 = n_1: n_2 = N_1: N_2$ ⑤同质量时: $P_1: P_2 = M_2: M_1$

(3) 同温同压同体积时: ⑥ $p_1: p_2 = M_1: M_2 = m_1: m_2$

相对密度:

在同温同压下, 上面结论式②和式⑥中出现的密度比值称为气体的相对密度 $D = p_1: p_2 = M_1: M_2$.

注意: D 称为气体 1 相对于气体 2 的相对密度, 没有单位. 如氧气对氢气的密度为 16.



课后作业

1. 在相同的条件下, 两种物质的量相同的气体必然 ()

- A. 体积均为 22.4L B. 具有相同的体积
C. 是双原子分子 D. 具有相同的原子数目

【难度】★【答案】B

2. 下列物质中含分子个数最多的是 ()

- A. 1mol 氯气 B. 64g 氧气
C. 标准状况下 22.4L 二氧化碳 D. 9g 水

【难度】★【答案】B

3. (双选) 设 N_A 表示阿伏加德罗常数, 下列叙述中正确的是 ()

- A. 常温常压下, 11.2L 氧气所含的原子数为 N_A
B. 1.8g 的 NH_4^+ 离子中含有的电子数为 N_A
C. 常温常压下, 48g O_3 含有的氧原子数为 $3N_A$
D. 2.4g 金属镁变为镁离子时失去的电子数为 $0.1N_A$

【难度】★【答案】BC

4. 将等质量的 Fe、Zn、Al、Na 分别投入到足量的盐酸中, 置换出的氢气由多到少的顺序是 ()

- A. Zn Fe Al Na B. Al Na Fe Zn
C. Na Al Fe Zn D. Zn Fe Na Al

【难度】★【答案】B

5. 在标准状况下, 将 1g 氢气, 11g 二氧化碳和 4g 氧气混合, 该混合气体的体积约为 ()

- A. 8.4L B. 11.2L C. 14.0L D. 16.8L

【难度】★★【答案】C

6. 若 7.2g 某元素组成的气体在标准状况时的体积是 3.36L, 已知该元素的相对原子质量是 16, 则该气体每个分子中所含原子的个数为 ()

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

【难度】★★【答案】C

7. 相同物质的量的下列物质, 在 300°C 时受热分解, 放出气体体积最大的是 ()

- A. HgO B. KClO_3 C. KMnO_4 D. NH_4HCO_3

【难度】★★【答案】D

8. 同温同压下, 质量相同的气体, 其密度与下列量的关系能成立的是 ()

- A. 跟其所占的体积成正比 B. 跟其物质的量成正比
C. 跟其物质的量成反比 D. 跟其摩尔质量成反比

【难度】★★【答案】C

9. 同温同压下, 1L 氧气与 1L 氢气的质量比为 ()

- A. 2 : 1 B. 4 : 1 C. 16 : 1 D. 32 : 1

【难度】★【答案】C

10. (双选) 标准状况下有①0.112 L 水 ② 3.01×10^{23} 个氯化氢分子 ③13.6 g H_2S 气体 ④0.2 mol 氨气, 下列对这四种物质的关系由小到大排列正确的是 ()

- A. 体积: ①④③② B. 密度: ④①③②
C. 质量: ①④③② D. 氢原子数: ②④③①

【难度】★★【答案】AD

11. 标况下, 下列物质中, 含氮原子数最小的是 ()

- A. 0.1mol 硫酸铵 B. 8g 硝酸铵 C. 11.85g 碳酸氢铵 D. 2.8L 氨气

【难度】★【答案】D

12. 下列各组物质中, 含有相同氧原子数的一组物质是 ()

- A. 标准状况下 6.72L 氧气和 4.48L 臭氧
B. 0.3mol 一氧化氮和 9.8g 磷酸
C. 9.6g 硫酸根和 12.4g 硝酸根
D. 12.04×10^{22} 个二氧化碳分子和 3.01×10^{23} 个次氯酸分子

【难度】★【答案】A

13. 同温同压下, 同体积的 A, B 两种气体, 经测定 A 的质量是 2.0g, B 的质量是 0.50g, 已知 A 的相对分子质量为 64, 则 B 的分子式是 ()

- A. NH_3 B. O_2 C. SO_2 D. CH_4

【难度】★★【答案】D

14. 下列数量的各物质: ①0.5mol 氨气, ②标准状况下 22.4L 氦, ③ 4°C 时 9ml 水, ④0.2mol 磷酸钠。它们所含原子个数按由大到小顺序排列的是 ()

- A. ①④③② B. ④③②① C. ②③④① D. ①④②③

【难度】★【答案】A

15. 电解含有重水的某种水,在两极共收集到气体 33.6L(标准状况),测得这些气体的质量是 18.5g,则这些气体中氘和氧的原子个数之比是 ()

A. 1:1 B. 2:1 C. 3:1 D. 4:1

【难度】★★【答案】C

16. 在标准状况下,11.2LNO_x气体的质量是 23g,则 x 的值为 ()

A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

【难度】★★【答案】B

17. 在相同状况下,20ml 气体 X₂跟 10ml 氧气完全化合,生成 20ml 由 X 和氧元素组成的新气体,则该新气体的分子式为 ()

A. XO B. X₂O C. XO₂ D. X₂O₃

【难度】★【答案】B

18. 有一只集气瓶,当充满空气时,质量为 152.34g;若充满氧气时,质量为 152.37g,则充满二氧化碳时,质量应为 ()

A. 152.04g B. 152.43g C. 152.46g D. 152.49g

【难度】★★★★【答案】D

19. 在标准状况下,1mol 下列物质中,有一种物质的体积不同于其他三种物质,则这种物质是 ()

A. H₂O B. H₂S C. CO₂ D. SO₂

【难度】★【答案】A

20. 在标准状况下,1.806×10²³个氧分子和 1.204×10²³个臭氧分子的体积之比是 ()

A. 1:1 B. 2:3 C. 3:2 D. 9:4

【难度】★【答案】C

21. 在标准状况下,是 11g 二氧化碳所占体积三倍的二氧化硫的质量为 ()

A. 11g B. 24g C. 33g D. 48g

【难度】★【答案】D

22. 在标准状况下,7.5g 某气体 A 与 4g 甲烷气体的体积相同,则 A 气体在标准状况时的密度是 ()

A. 0.334g/L B. 0.67 g/L C. 0.71 g/L D. 1.34 g/L

【难度】★【答案】D

23. 在 11g 某化合物 X₂S 中,含 S²⁻离子 3.2g,则 X 的相对原子质量为 ()

A. 23 B. 24 C. 39 D. 40

【难度】★【答案】C

24. 将 $A\text{g}$ 某金属 R 溶于盐酸, 产生氢气的体积为 BL (标准状况), 生成的氯化物化学式是 RCl_2 , 这种金属的相对原子质量是 ()

A. $2A/B$ B. $22.4A/B$ C. $22.4B/A$ D. B/A

【难度】★★【答案】B

25. 在相同状况下, 等质量的两种气体 A 、 B , 若测得 $V(A) < V(B)$, 则下列说法正确的是 ()

①摩尔质量: $A < B$ ②摩尔质量: $A > B$ ③物质的量: $A > B$ ④物质的量: $A < B$

A. ①③ B. ②④ C. ①④ D. ②③

【难度】★★【答案】B

26. 在标准状况下, 有① 10mL 水, ② 100mL Cl_2 , ③ 220mL 氖气, ④ 120mL CO_2 , 这四种物质中所含原子数由多到少的顺序是 ()

A. ①②③④ B. ①④③② C. ③④②① D. ④③②①

【难度】★【答案】D

27. 在一定温度下, 物质 W 分解, 其反应方程式 $4W \xrightarrow{\Delta} X_3(g) + 2Y(g)$, 测得生成物组成的混合气体与 H_2 的相对密度为 18 , 则 W 的式量为 ()

A. 27 B. 18 C. 36 D. 126

【难度】★★【答案】A

28. 在密闭容器内有 $a\text{ mol CO}$ 和 $b\text{ mol O}_2$ 点燃反应后, 容器内碳原子数和氧原子数之比为 ()

A. a/b B. $a/2$ C. $a/(a+2b)$ D. $a/2(a+b)$

【难度】★★【答案】C

29. 相同状况下, 1mol H_2 和 1mol O_2 的体积 ()

A. 都约为 22.4L B. 绝对相等 C. 基本相等 D. 不相等

【难度】★【答案】C

30. (双选) 标准状况下, 下列物质所含微粒个数接近于 6.02×10^{22} 个的是 ()

A. 0.1g H_2 B. 2.24L CH_4 C. $2.7\text{mol H}_2\text{O} (4^\circ\text{C})$ D. 0.1mol HBr

【难度】★【答案】BD

31. 下列物质中含分子数最多的是 ()

A. 标准状况下 134.4L 氨气 B. 55g CO_2
C. 标准状况下 90mL 水 D. 6.02×10^{24} 个氢分子

【难度】★【答案】D

32. 已知阿伏加德罗常数为 N_A , 下列说法正确的是 ()

A. 2mol 重水含有 N_A 个 D_2O 分子

- B. 1 g 氢气含有 N_A 个 H_2 分子
C. 2 mol 钠与过量稀盐酸反应生成 N_A 个 H_2 分子
D. 22.4 L 水含有 N_A 个 H_2O 分子

【难度】★【答案】C

33. 8.4g A 与 3.65g B 完全反应，生成 5.85g C 和 1.8g D 及一种气体，其体积于标准状况下为 2.24L，则此气体的密度为相同条件下 H_2 密度的 ()
A. 22 倍 B. 24 倍 C. 2.2 倍 D. 44 倍

【难度】★★【答案】A

34. 同温同压下某瓶充满 O_2 时重 116g，充满 CO_2 时重 122g，充满某气体时重 132g，则该未知气体的分子量为 ()
A. 28 B. 64 C. 32 D. 44

【难度】★【答案】B

35. 判断下列说法是否正确？如不正确，指出错误的原因。

- (1) 1mol 任何气体的体积都是 22.4L。 ()
(2) 1mol H_2 的质量是 1g，它所占的体积是 22.4L/mol。 ()
(3) 1mol 任何物质在标准状况时所占的体积都约为 22.4L。 ()
(4) 22.4L O_2 一定含有 6.02×10^{23} 个 O_2 。 ()
(5) 在标准状况下，某气体的体积为 22.4L，则该气体分子的物质的量为 1mol，所含的分子数目约为 6.02×10^{23} 。 ()
(6) 当温度高于 $0^\circ C$ 时，一定量任何气体的体积都大于 22.4L。 ()
(7) 当压强大于 101 kPa 时，1mol 任何气体的体积都小于 22.4L。 ()

【难度】★【答案】××××√××

36. 计算

- (1) 在标准状况下，0.5 摩尔 O_2 占有的体积是多少？
(2) 44.8 升 H_2 的物质的量是多少？
(3) STP.下 14 克 CO 的体积是多少？
(4) 5.5g 氨在标准状况时体积是多少升？

【难度】★【答案】(1) $V=0.5 \times 22.4=11.2L$ ；(2) $n=44.8/22.4=2mol$ ；(3) $V=22.4 \times (14/28)=11.2L$ ；
(4) $V=22.4 \times (5.5/17)=7.2L$

37. 在A容器中盛有80% H_2 和20% O_2 （体积分数）的混合气体。

- (1) H_2 和 O_2 的分子个数比为_____，质量比为_____；
(2) 混合气体的平均相对分子质量为_____，标准状况下混合气体的密度为_____；
(3) 当温度高于 $100^\circ C$ 时引燃A容器内的混合气体，反应完全后（仍高于 $100^\circ C$ ），此时A容器

中气体的平均相对分子质量为_____。

【难度】★【答案】(1) 4:1; 1:4; (2) 8; 0.36g/L; (3) 10

38. 等物质的量的 CO 和 CO₂ 中, 碳原子数之比为_____, 氧原子数之比为_____; 等质量的 CO 和 CO₂ 中, 碳原子数之比为_____, 氧原子数之比为_____, 两种气体在相同条件下的体积比为_____; 生成等质量的 CO 和 CO₂, 消耗碳的质量比为_____, 消耗 O₂ 的体积比为_____。

【难度】★★

【答案】1:1; 1:2; 11:7; 11:14; 11:7; 11:7; 11:14