

## 第二课时 气体摩尔体积

### 【课程标准要求】

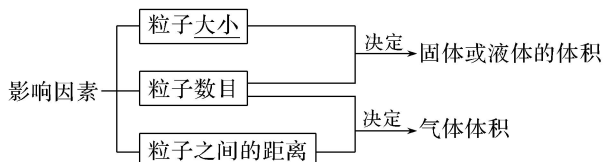
1. 了解气体摩尔体积及其相关物理量的含义和应用，体会定量研究对化学科学的重要作用。
2. 能基于物质的量认识物质组成及其化学变化，运用物质的量、气体摩尔体积之间的相互关系进行简单计算。

### 新知自主预习

夯基固本

#### 一、影响物质体积大小的因素

##### 1. 影响物质体积大小的因素



2. 1 mol 任何物质中的粒子数目都是相同的，均为  $N_A$ ，因此，在粒子数目相同时，物质体积的大小取决于构成物质的粒子的大小和粒子之间的距离。
3. 对于气体来说，粒子之间的距离远远大于粒子本身的直径。当粒子数目相同时，气体的体积主要取决于气体分子之间的距离。
4. 在相同温度和压强下，任何气体分子之间距离可看成是相等的，因此，分子数相同的任何气体都具有相同的体积。

### 【微自测】

1. 下列描述中，正确的打“√”，错误的打“×”。
  - (1) 一定温度、压强下，气体体积由其分子的大小和数目决定 (×)
  - (2) 固体物质和液体物质的体积取决于粒子大小和粒子的数目 (√)
  - (3) 同温同压下，若两种气体所占体积不同，其主要原因是气体分子间平均距离不同 (×)
  - (4) 相同数目的不同固体物质，其体积不同的原因是粒子之间的距离不同 (×)
  - (5) 不同的气体，若体积不同，则它们所含的粒子数一定不同 (×)

#### 二、气体摩尔体积和阿伏加德罗定律

##### 1. 气体摩尔体积

### (1) 概念

单位物质的量的气体所占的体积叫做气体摩尔体积，用符号  $V_m$  表示，常用的单位是  $L/mol$  (或  $L \cdot mol^{-1}$ )。

(2) 定义式:  $V_m = \frac{V}{n}$ 。

### (3) 影响因素

气体摩尔体积的数值不是固定不变的，它取决于气体所处的温度和压强。

### (4) 特例

在标准状况 ( $0\text{ }^\circ\text{C}$  和  $101\text{ kPa}$ ) 下，气体摩尔体积约为  $22.4\text{ L/mol}$ 。

## 2. 阿伏加德罗定律

在相同的温度和压强下，相同体积的任何气体都含有相同数目的粒子。

### 【微自测】

2. 下列说法正确的是 ( )

- A. 1 mol 任何气体的气体摩尔体积都约为  $22.4\text{ L/mol}$
- B.  $20\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$  时，同体积的  $O_2$  与  $CO_2$  含有相同的分子数
- C. 当 1 mol 气态物质的体积为  $22.4\text{ L}$  时，该气体一定处于标准状况
- D. 2 mol 气体的体积约为  $44.8\text{ L}$

答案 B

## 课堂互动探究

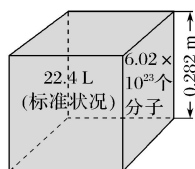
启迪思维

### 一、气体摩尔体积

#### 【活动探究】

#### 情境素材

(1) 感知  $22.4\text{ L}$  气体体积的大小:



(2) 对一定量气体体积的探究。

已知 1 mol 不同气体在不同条件下的体积:

化学式	条件	1 mol 气体体积/L
H <sub>2</sub>	0 °C, 101 kPa	22.4
O <sub>2</sub>	0 °C, 101 kPa	22.4
CO	0 °C, 101 kPa	22.4
H <sub>2</sub>	0 °C, 202 kPa	11.2
CO <sub>2</sub>	0 °C, 202 kPa	11.2
N <sub>2</sub>	273 °C, 202 kPa	22.4
NH <sub>3</sub>	273 °C, 202 kPa	22.4

### 问题探究

1. 标准状况下, 1 mol 任何气体的体积都约为多少? 它们体积相等的原因是什么?

提示: 22.4 L; 它们体积相等的原因主要是气体粒子数目相同, 粒子间的距离相同。

2. 仔细分析表格中的数据, 影响 1 mol 气体体积大小的因素有哪些?

提示: 温度和压强。

3. 22.4 L 气体的物质的量一定是 1 mol 吗? 为什么?

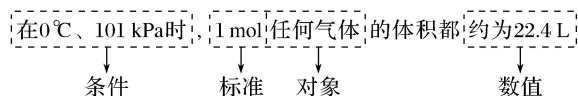
提示: 不一定是 1 mol; 气体粒子之间的距离取决于温度和压强; 若气体处于标准状况下, 22.4 L 气体的物质的量为 1 mol; 若气体处于其他温度和压强下, 则 22.4 L 气体的物质的量不一定是 1 mol。

4. 标准状况下, 1 mol 水的体积是 22.4 L 吗? 计算标准状况下, 11.2 L H<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 混合气体的物质的量是多少? 所含的原子数是多少?

提示: 不是 22.4 L; 原因是在标准状况下, 水不是气体。0.5 mol;  $N_A$

### 【核心归纳】

#### 1. 标准状况下的气体摩尔体积



(1) 1 个条件: 必须为标准状况。非标准状况下, 1 mol 气体的体积不一定是 22.4 L。因此在使用气体摩尔体积时, 一定要看清气体所处的状况。

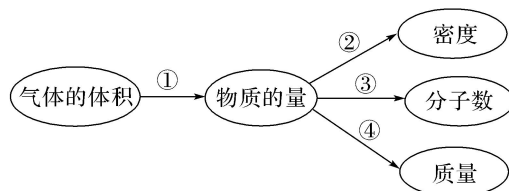
(2) 1 种状态: 必须为气体。如水、酒精、CCl<sub>4</sub>、苯等物质在标准状况下不是气体。

(3) 2 个数据：“1 mol”、“约 22.4 L”。

## 2. 气体摩尔体积的适用范围

气体摩尔体积的适用范围是气体，可以是单一气体，也可以是混合气体。需要注意的是混合气体中气体之间不能发生化学反应。

## 3. 气体摩尔体积的计算



① 气体的物质的量  $n = \frac{V}{V_m}$ ;

② 气体的密度  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{n \cdot V_m} = \frac{M}{V_m}$ ;

③ 气体的分子数  $N = n \cdot N_A = \frac{V}{V_m} \cdot N_A$ ;

④ 气体的质量  $m = n \cdot M = \frac{V}{V_m} \cdot M$ 。

⑤ 气体的摩尔质量  $M = \frac{m}{n} = \rho \text{ (g/L)} \times 22.4 \text{ (L/mol)}$

### 【实践应用】

1. 下列说法正确的是 ( )

- A. 22.4 L 任何气体的物质的量均为 1 mol
- B. 0.2 mol H<sub>2</sub> 和 0.8 mol CO<sub>2</sub> 组成的混合气体在标准状况下的体积约为 22.4 L
- C. 标准状况下, 1 mol 任何物质的体积必定是 22.4 L
- D. 22.4 L CO<sub>2</sub> 和 18 g H<sub>2</sub>O 所含的分子数相等

答案 B

解析 没有指明标准状况, A 项错误; 气体摩尔体积适用于单一气体, 也可以是混合气体, 只要符合物质的量为 1 mol, 且为标准状况下, 体积都约为 22.4 L, B 项正确; 标准状况下, 1 mol 任何气体的体积都约为 22.4 L, C 项错误; 18 g H<sub>2</sub>O 是 1 mol H<sub>2</sub>O, 但 22.4 L CO<sub>2</sub> 不一定是 1 mol, 因为其所处条件不确定, D 项错误。

2. (2021·三亚高一检测) 下列说法中正确的是 ( )

- A. 1 mol O<sub>2</sub> 和 1 mol N<sub>2</sub> 所占的体积约为 22.4 L

- B. 标准状况下,  $\text{H}_2$  的气体摩尔体积约为 22.4 L
- C. 在标准状况下, 1 mol  $\text{H}_2$  和 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  所占的体积都约为 22.4 L
- D. 在标准状况下, 22.4 L 由  $\text{N}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  组成的混合气体中所含有的 N 原子的物质的量约为 2 mol

答案 D

解析 A 项未指明温度、压强; B 项气体摩尔体积单位为  $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$ ; C 项标准状况下, 水为非气态, 不适用于气体摩尔体积; 标准状况下, 22.4 L 混合气体中分子总数为  $N_A$ ,  $\text{N}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}$  每个分子都含有两个 N, 则混合气体中所含有的 N 原子的数目为  $2N_A$ , 物质的量为 2 mol, D 正确。

3. 下列说法正确的是 ( )

- A. 常温常压下, 22.4 L  $\text{CO}_2$  中含有  $N_A$  个  $\text{CO}_2$  分子
- B. 标准状况下, 4.48 L CO 含有  $0.2N_A$  个原子
- C. 22.4 L  $\text{Cl}_2$  中含有  $N_A$  个  $\text{Cl}_2$  分子
- D. 标准状况下, 1.12 L  $\text{O}_2$  和 1.12 L  $\text{CO}_2$  均含  $0.1N_A$  个氧原子

答案 D

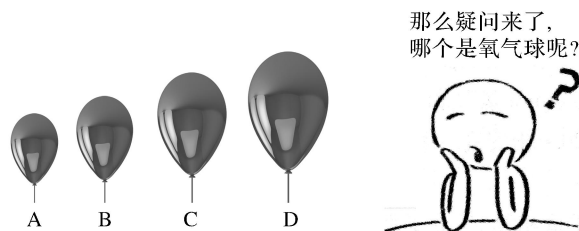
解析 A 项, 常温常压下, 22.4 L  $\text{CO}_2$  的物质的量不是 1 mol; B 项, 因 CO 为双原子分子应含有  $0.4N_A$  个原子; C 项未指明标准状况; D 项, 标准状况下, 1.12 L 气体物质的量为 0.05 mol, 一个  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  分子中均含 2 个氧原子, 则氧原子的个数均为  $0.1N_A$ 。

## 二、阿伏加德罗定律及其推论

### 【活动探究】

#### 情境素材

某同学在元旦晚会上表演的化学节目为猜气球——他先在实验室中用等质量的  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{SO}_2$  分别吹出四个气球, 然后在晚会的现场让同学猜测气球是用哪种气体吹起的。



■ 问题探究 -----

1. 上述 A、B、C、D 四个气球中，体积最大和体积最小的气球中吹入的气体分别是什么？为什么？

**提示：**  $\text{CH}_4$ 、 $\text{SO}_2$ ，在相同的温度和压强下，等质量的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CH}_4$  的物质的量  $\text{SO}_2 < \text{CO}_2 < \text{O}_2 < \text{CH}_4$ ，则气体体积  $\text{SO}_2 < \text{CO}_2 < \text{O}_2 < \text{CH}_4$ ，故体积最大的气球中吹入的气体是  $\text{CH}_4$ ，体积最小的气球中吹入的气体是  $\text{SO}_2$ 。

2. 等质量的  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{SO}_2$  的物质的量大小顺序如何？含有的分子数大小顺序如何？

**提示：**  $\text{CH}_4 > \text{O}_2 > \text{CO}_2 > \text{SO}_2$   $\text{CH}_4 > \text{O}_2 > \text{CO}_2 > \text{SO}_2$  由  $n = m/M$  知，等质量的物质摩尔质量越大，物质的量越小，含有的分子数越少。

3. 若在上述气球中通入等物质的量的四种气体，气球的体积如何？

**提示：** 相等。在相同的温度和压强下，气体的物质的量相等，气体的体积相等。

4. 分析上述气球中气体的密度最大的是哪一种气体？由此可以得出什么结论？

**提示：** 上述气体质量相等，但充入  $\text{SO}_2$  的气球的体积最小，故密度最大。由此得出，在相同的温度和压强下，气体的密度之比等于气体的摩尔质量之比（或相对分子质量之比）。

————— 【核心归纳】 —————

1. 阿伏加德罗定律

(1) 适用范围

阿伏加德罗定律适用于气体，可以是单一气体，也可以是混合气体，但对于固体和液体则不适用。

(2) 剖析

三同  $\left\{ \begin{array}{l} \text{同温} \\ \text{同压} \\ \text{同体积} \end{array} \right. \xrightarrow{\text{决定}} \text{同分子数}$   
 (但原子数不一定相同)

2. 阿伏加德罗定律的三条重要推论

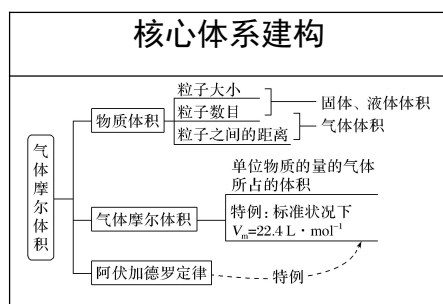


$= \frac{m}{64} \text{ mol}$ ,  $n(\text{SO}_3) = \frac{m}{80} \text{ mol}$ , 所以二者物质的量之比为  $\frac{m}{64} : \frac{m}{80} = 80 : 64 = 5 : 4$ ,

B 错误; 根据  $V = n \cdot V_m$  可知, 同温同压下, 气体的体积之比等于物质的量之比, 所以两种气体的体积之比为  $5 : 4$ , C 错误; 根据分子组成可知, 两种气体的原子数之比为  $(5 \times 3) : (4 \times 4) = 15 : 16$ , D 错误。

## 课堂小结 · 即时达标

建体系 · 固双基



### ■ 即时达标

- 下列物质的体积约为 22.4 L 的是 ( )
  - 标准状况下 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$
  - 20 °C、101 kPa 时 36.5 g HCl
  - 常温常压下 17 g  $\text{NH}_3$
  - 标准状况下 0.4 mol  $\text{H}_2$  和 0.6 mol  $\text{O}_2$  的混合气体

答案 D

解析 A 项中水在标准状况下为液态, B、C 中气体都为 1 mol, 但不处于标准状况下。

- 下列说法中正确的是 ( )
  - 32 g  $\text{O}_2$  占有的体积约为 22.4 L
  - 22.4 L  $\text{N}_2$  含阿伏加德罗常数个氮分子
  - 在标准状况下, 22.4 L 水的质量约为 18 g
  - 22 g 二氧化碳与标准状况下 11.2 L HCl 含有相同的分子数

答案 D

解析 A、B 项都没有指明在标准状况下, 因而是错误的; C 项在标准状况下水是液体; D 项中 22 g  $\text{CO}_2$  的物质的量与标准状况下的 11.2 L HCl 的物质的量相等, 所含分子数也相等。

- (2021·徐州高一检测) 设  $N_A$  表示阿伏加德罗常数的值, 下列叙述中正确的是

( )

- A. 常温常压下, 11.2 L  $\text{CO}_2$  所含的原子数为  $1.5N_A$
- B. 常温常压下, 48 g  $\text{O}_3$  含有的氧原子数为  $3N_A$
- C. 标准状况下, 22.4 L  $\text{H}_2\text{O}$  所含分子数为  $N_A$
- D. 标准状况下, 22.4 L  $\text{H}_2$  所含原子数为  $N_A$

答案 B

解析 常温、常压(非标准状况)下, 11.2 L  $\text{CO}_2$  的物质的量不是 0.5 mol, 所含原子数不是  $1.5N_A$ ; 48 g  $\text{O}_3$  的物质的量为 1 mol, 所含氧原子数为  $3N_A$ ; 标准状况下  $\text{H}_2\text{O}$  为液态, 不能应用气体摩尔体积计算其物质的量; 标准状况下 22.4 L  $\text{H}_2$  的物质的量为 1 mol, 所含氢原子数为  $2N_A$ 。

4. 下列各组中, 两种气体的分子数一定相等的是 ( )

- A. 温度相同, 体积相同的  $\text{O}_2$  和  $\text{N}_2$
- B. 温度相等, 压强相等的  $\text{CO}$  和  $\text{N}_2$
- C. 压强相同, 质量相同的  $\text{O}_2$  和  $\text{O}_3$
- D. 体积相同, 密度相等的  $\text{CO}$  和  $\text{N}_2$

答案 D

解析 根据  $N = nN_A$  知, 分子数与物质的量成正比, 所以只要二者物质的量相等其分子数就一定相等。压强情况未知, 分子数不一定相等, A 错误; 体积未知, 分子数不一定相等, B 错误; 质量相同的  $\text{O}_3$  和  $\text{O}_2$ , 二者摩尔质量不等, 分子数不等, C 错误; 体积相同, 密度相等的  $\text{CO}$  和  $\text{N}_2$ , 其质量相等, 二者摩尔质量相等, 所以其物质的量相等, 分子数相等, D 正确。

5. (1) 标准状况下, 33.6 L  $\text{Cl}_2$  的物质的量是\_\_\_\_\_, 16 g  $\text{O}_2$  所占体积约是\_\_\_\_\_。

(2) 标准状况下, 含有 1.5 mol  $\text{H}_2$  和 0.5 mol  $\text{O}_2$  的混合气体所占体积约是\_\_\_\_\_。

(3) 标准状况下, 34 g  $\text{NH}_3$  的物质的量是\_\_\_\_\_, 所占体积约是\_\_\_\_\_, 所含的  $\text{NH}_3$  分子数是\_\_\_\_\_。

答案 (1) 1.5 mol 11.2 L (2) 44.8 L (3) 2 mol 44.8 L  $1.204 \times 10^{24}$

## 课时训练

检测效果

一、选择题(本题包括 12 小题, 每小题只有一个选项符合题意)









## 二、非选择题（本题包括3小题）

13. (1) 质量之比为 16 : 7 : 6 的三种气体  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{NO}$ , 分子数之比为\_\_\_\_\_；氧原子数之比为\_\_\_\_\_；相同条件下的体积之比为\_\_\_\_\_。

(2) 某气体氧化物的化学式为  $\text{RO}_2$ , 标准状况下, 1.28 g 该氧化物的体积为 448 mL, 则该氧化物的摩尔质量为\_\_\_\_\_, R 的相对原子质量为\_\_\_\_\_。

**解析** (1) 质量之比为 16 : 7 : 6, 说明  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{NO}$  的物质的量之比为  $\frac{16}{64} : \frac{7}{28} : \frac{6}{30} = 5 : 5 : 4$ , 所以其分子数之比为 5 : 5 : 4, 氧原子数之比为

10 : 5 : 4, 相同条件下的体积之比为 5 : 5 : 4。(2) 标准状况下, 1.28 g 该氧化物的体积为 448 mL, 其物质的量为  $0.448 \text{ L} \div 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.02 \text{ mol}$ , 摩尔质量为  $1.28 \text{ g} \div 0.02 \text{ mol} = 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , R 的相对原子质量为  $64 - 16 \times 2 = 32$ 。

**答案** (1) 5 : 5 : 4 10 : 5 : 4 5 : 5 : 4

(2)  $64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  32

14. (1) 在标准状况下, 1.7 g 氨气所占的体积为\_\_\_\_\_ L, 它与标准状况下 L 硫化氢含有相同数目的氢原子。

(2) 已知  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  的混合气体质量共 16.0 g, 标准状况下体积为 8.96 L, 则可推知该混合气体中含  $\text{CO}$ \_\_\_\_\_ g, 所含  $\text{CO}_2$  在标准状况下的体积为 L。

(3) 同温同压下,  $\text{SO}_2$  与氦气的密度之比为\_\_\_\_\_；若质量相同, 两种气体的体积比为\_\_\_\_\_ W。

**答案** (1) 2.24 3.36 (2) 2.80 6.72 (3) 16 : 1 1 : 16

**解析** (1) 1.7 g 氨气的物质的量为  $\frac{1.7 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ , 其体积为  $0.1 \text{ mol} \times 22.4$

$\text{L/mol} = 2.24 \text{ L}$ , 设它与标准状况下  $V \text{ L}$  硫化氢含有相同数目的氢原子, 则  $0.1 \text{ mol} \times 3 = \frac{VL}{22.4 \text{ L/mol}} \times 2$ , 解得  $V = 3.36$ ; (2) 标准状况下体积为 8.96 L, 则混合

气体的物质的量为  $\frac{8.96 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.4 \text{ mol}$ , 设  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  的物质的量分别为  $x \text{ mol}$ 、 $y$

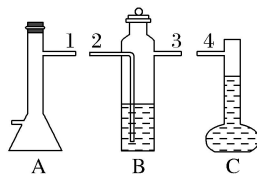
$\text{mol}$ , 则

$$\begin{cases} x + y = 0.4 \\ 28x + 44y = 16.0 \end{cases}, \text{解得 } x = 0.1, y = 0.3,$$

$\text{CO}$  的质量为  $0.1 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol} = 2.80 \text{ g}$ ,  $\text{CO}_2$  在标准状况下的体积为 0.3

$\text{mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 6.72 \text{ L}$ ; (3) 同温同压下, 气体的密度之比等于摩尔质量之比, 则  $\text{SO}_2$  与氢气的密度之比为  $64 \text{ g/mol} : 4 \text{ g/mol} = 16 : 1$ , 相同质量时, 体积与摩尔质量成反比, 则质量相同, 两种气体的体积比为  $4 \text{ g/mol} : 64 \text{ g/mol} = 1 : 16$ 。

15. 在“测定 1 mol 气体体积”的实验中, 我们通常选择的测量气体是氢气, 反应是镁和稀硫酸反应。下图中的 A、B、C 三部分能组成气体摩尔体积测定装置:



- (1) C 装置的名称是\_\_\_\_\_。
- (2) A、B、C 装置接口的连续顺序是\_\_\_\_\_。
- (3) 本实验中有两次针筒抽气, 需要记录的是第\_\_\_\_\_次抽出气体的体积。

下表是某同学记录的实验数据: 温度:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , 气压:  $101.3 \text{ kPa}$

实验次数	镁带质量 (g)	硫酸体积 (mL)	C 瓶读数(mL)	抽出气体的体积 (mL)
1	0.115	10.0	124.8	7.0
2	0.110	10.0	120.7	6.2

- (4) 计算两次实验 1 mol 氢气的体积的平均值 = \_\_\_\_\_ L (保留一位小数, 镁的相对原子质量为 24.3)。
- (5) 已知实验温度下, 1 mol 氢气的体积的理论值为  $24.5 \text{ L}$ , 实验误差 = \_\_\_\_\_ % (保留三位有效数字)。

**答案** (1) 液体量瓶 (2) 1324 (3) 2 (4) 25.8 (5) 5.31

**解析** (1) C 装置的名称是液体量瓶; (2) A 为气体发生器用来制备氢气, B 为储液瓶, 用来盛放所排液体, C 为液体量瓶, 用来量取液体体积, 要通过排液法测量氢气体积, 应先产生气体, 然后通过储液瓶, 再利用液体量瓶量取液体体积, 所以正确的顺序为 1324; (3) 每次做实验时, 用注射器在 A 瓶加料口抽气, 使 B 瓶导管内液体持平 (B 瓶内气体压强与外界大气压相等), 注意注射器拔出时要把针头拔出, 此时进入测定起始状态; 再次抽气调压, 用注射器在 A 瓶加料口处抽气, 使 B 瓶中液面持平, 与起始状态相同, 读出注射器中抽出气体的体积, 记录数值; (4) 1 中气体体积 =  $124.8 \text{ mL} - 10 \text{ mL} + 7 \text{ mL} = 121.8 \text{ mL}$ ; 2 中气体体积 =  $120.7 \text{ mL} - 10 \text{ mL} + 6.2 \text{ mL} = 116.9 \text{ mL}$ ; 实验 1 测定体积为  $121.8$

mL, 计算得到 1 mol 氢气的体积 =  $\frac{0.1218 \text{ L}}{\frac{0.115 \text{ g}}{24.3 \text{ g/mol}}} \times 1 \text{ mol} = 25.74 \text{ L}$ ; 实验 2 测定氢气

的体积 = 116.9 mL, 计算得到 1 mol 氢气的体积 =  $\frac{0.1169 \text{ L}}{\frac{0.110 \text{ g}}{24.3 \text{ g/mol}}} \times 1 \text{ mol} = 25.82 \text{ L}$ ;

两次测定的平均值 =  $\frac{25.74 + 25.82}{2} \text{ L} = 25.8 \text{ L}$ ; (5) 实验误差 =

$\frac{\text{实验值} - \text{理论值}}{\text{理论值}} \times 100\% = \frac{25.8 - 24.5}{24.5} \times 100\% = 5.31\%$ 。