

专题1

化学计量

1-1 物质的量

基础速览

(一) 物质的量与阿伏加德罗常数

1. 物质的量：

- (1) 定义：表示含有一定数目粒子集合体的物理量，用于计量微观粒子，符号 n 。
- (2) 单位：摩尔，符号 mol 。
- (3) 计量对象：原子、分子、离子等微观粒子，必须指明微观粒子的名称、符号或化学式，不得表示宏观物质，如 1 mol 氢原子、 1 mol 氧气分子、 2 mol 钠离子。

2. 阿伏加德罗常数：

- (1) 定义： 1 mol 任何粒子的数目，符号 N_A 。

(2) 数值：约 6.02×10^{23} 。

(3) 单位：每摩尔，符号 mol^{-1} 。

(4) 关系式： $n = \frac{N}{N_A}$ ，已知其中两个量，可求第三个量。

(二) 摩尔质量、气体摩尔体积

1. 摩尔质量：

- (1) 概念：单位物质的量的物质所具有的质量，符号 M 。

(2) 单位：常用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ （或 g/mol ）。

(3) 关系式： $n = \frac{m}{M}$ ，已知其中两个量，可求第三个量。

(4) 数值特点：以 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为单位时，摩尔质量的数值等于粒子相对分子(或原子)质量，如水的摩尔质量约为 $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

2. 气体摩尔体积：

(1) 概念：单位物质的量气体所占体积，符号 V_m 。

(2) 单位： $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (或 L/mol)、 $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ (或 m^3/mol)。

(3) 数值：标准状况(0°C 、 101 kPa)下约为 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(4) 关系式： $n = \frac{V}{V_m}$ 。

(5) 影响因素：温度和压强。

(三) 标准状况下气体摩尔体积的概念剖析

1. 四个限定条件：

(1) 温度： 0°C ，影响气体分子热运动。

(2) 压强： 101 kPa ，决定分子间距离和相互作用。

(3) 物质的量基准： 1 mol ，统一衡量尺度。

(4) 研究对象：气体，包括单一气体或不反应的混合气体。

2. 核心结论：标准状况下， 1 mol 任何气体体积约为 22.4 L ，方便气体体积计算。

3. 定律延伸：同温同压下，同体积气体所含分子数相同，即“四同”，遵循阿伏加德罗定律。

4. 理想气体状态方程： $pV=nRT$ ，其中， p 为气体压强，单位为 Pa ； V 为气体体积，单位为 m^3 ； n 为气体的物质的量，单位为 mol ； T 为热力学温度，单位为 K ； R 为理想气体常数，数值为 $8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

基础训练

情境	问题	知识
人教版《普通高中教科书·化学·必修·第一册》中①物质的量；②气体摩尔体积；③阿伏加德罗常数；④摩尔质量	(1) 物质的量概念辨析及相关计算，涉及题目：1、3、4、6、8、9、10； (2) 阿伏加德罗常数相关计算，涉及题目：1、3、4、6、7、8、9、10； (3) 气体摩尔体积、理想气体状态方程相关计算，涉及题目：2、4、5、6、7、8、9、10； (4) 摩尔质量相关计算，涉及题目：1、2、3、7、8、9	(1) 计算、分析等方法； (2) 物质的量、阿伏加德罗常数、摩尔质量概念及计算； (3) 气体摩尔体积概念、适用范围及相关计算； (4) 理想气体状态方程及其变形公式应用； (5) 物质微观结构的分析； (6) 水溶液中离子数目计算(考虑弱电解质的水解、电离)； (7) 氧化还原反应中电子转移计算

1. 下列说法中,不正确的是()。
- A. “物质的量”表示含有一定数目粒子的集合体,单位是“摩尔”
 - B. 0.5 mol N₂ 含有的分子数约为 3.01×10^{23}
 - C. 1 mol CO₂ 中含有的原子数为 N_A
 - D. 一个水分子的质量约为 $\frac{18}{6.02} \times 10^{-23}$ g
2. 据央视新闻报道,在政府工作报告中指出,建设一批光网城市,推进5万个行政村通光纤,让更多城乡居民享受数字化生活。光缆的主要成分为 SiO₂。下列叙述正确的是()。
- A. SiO₂ 的摩尔质量为 60
 - B. 标准状况下,15 g SiO₂ 的体积为 5.6 L
 - C. SiO₂ 中 Si 与 O 的质量比为 7 : 8
 - D. 相同质量的 SiO₂ 和 CO₂ 中含有的氧原子数相同
3. 科学家屠呦呦因发现青蒿素和双氢青蒿素治疗疟疾的新疗法而获得诺贝尔生理学或医学奖。双氢青蒿素的化学式为 C₁₅H₂₄O₅,相对分子质量为 284。下列关于双氢青蒿素的说法正确的是()。
- A. N_A 个双氢青蒿素分子的质量为 284 g · mol⁻¹
 - B. 数目均为 N_A 的 C、H、O 三种原子的质量比为 6 : 1 : 8
 - C. 14.2 g 双氢青蒿素分子中含有的原子总数为 $2.2N_A$
 - D. 含有 N_A 个碳原子的双氢青蒿素的物质的量为 1 mol
4. 一定温度和压强下,30 L 某种气态纯净物中含有 6.02×10^{23} 个分子,这些分子由 1.204×10^{24} 个原子组成,下列有关说法中不正确的是()。
- A. 该温度和压强可能是标准状况
 - B. 标准状况下该纯净物若为气态,其体积约是 22.4 L
 - C. 每个该气体分子含有 2 个原子
 - D. 若 O₂ 在该条件下为气态,则 1 mol O₂ 在该条件下的体积也为 30 L
5. 向三个密闭容器中分别充入 Ne、H₂、O₂ 三种气体,下列有关这三种气体的叙述中正确的是()。
- A. 温度、压强相同时,三种气体的密度关系: $\rho(H_2) > \rho(Ne) > \rho(O_2)$
 - B. 质量、温度、压强均相同时,三种气体的体积关系: $V(O_2) > V(Ne) > V(H_2)$

- C. 温度、密度相同时,三种气体的压强关系: $p(\text{H}_2) > p(\text{Ne}) > p(\text{O}_2)$
- D. 温度、压强、体积均相同时,三种气体的质量关系: $m(\text{H}_2) > m(\text{Ne}) > m(\text{O}_2)$
6. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是()。
- A. 1 mol CHCl₃ 含有 C—Cl 键的数目为 $3N_A$
- B. 1 L 1.0 mol · L⁻¹ 的盐酸含有阴离子总数为 $2N_A$
- C. 11.2 L NO 与 11.2 L O₂ 混合后的分子数目为 N_A
- D. 23 g Na 与足量 H₂O 反应生成的 H₂ 分子数目为 N_A
7. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是()。
- A. 1.8 g ¹⁸O 中含有的中子数为 N_A
- B. 28 g C₂H₄ 分子中含有的 σ 键数目为 $4N_A$
- C. 标准状况下,22.4 L HCl 气体中 H⁺ 数目为 N_A
- D. pH=12 的 Na₂CO₃ 溶液中 OH⁻ 数目为 0.01 N_A
8. N_A 为阿伏加德罗常数的值,下列说法正确的是()。
- A. 25 ℃、101 kPa 下,28 L 氢气中质子的数目为 $2.5N_A$
- B. 2.0 L 1.0 mol · L⁻¹ AlCl₃ 溶液中,Al³⁺ 的数目为 $2.0N_A$
- C. 0.20 mol 苯甲酸完全燃烧,生成 CO₂ 的数目为 $1.4N_A$
- D. 电解熔融 CuCl₂,阴极增重 6.4 g,外电路中通过电子的数目为 $0.10N_A$
9. N_A 是阿伏加德罗常数的值。下列说法错误的是()。
- A. 22.4 L(标准状况)氟气所含的质子数为 $18N_A$
- B. 1 mol 碘蒸气和 1 mol 氢气在密闭容器中充分反应,生成的碘化氢分子数小于 $2N_A$
- C. 电解饱和食盐水时,若阴、阳两极产生气体的总质量为 73 g,则转移电子数为 N_A
- D. 1 L 1 mol · L⁻¹ 溴化铵水溶液中 NH₄⁺ 与 H⁺ 离子数之和大于 N_A
10. N_A 为阿伏加德罗常数的值,下列说法正确的是()。
- A. pH=13 的 NaOH 溶液中含有 OH⁻ 的数目为 $0.1N_A$
- B. 在 1 L 0.1 mol · L⁻¹ CH₃COONa 溶液中,阴离子的总数大于 $0.1N_A$
- C. 1 mol 羟基与 1 mol 氢氧根离子所含电子数均为 $9N_A$
- D. 标准状况下,2.24 L 乙醇中碳氢键的数目为 $0.5N_A$

1-2 物质的量浓度

基础速览

(一) 物质的量浓度

1. 定义:

单位体积溶液里所含溶质B的物质的量,反映溶质在溶液中的相对含量,符号c。

2. 单位:

常用 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (或 mol/L),体现溶质物质的量与溶液体积之间的关系。

3. 表达式:

$$c_B = \frac{n_B}{V}, \text{已知其中两个量,可求第三个量。}$$

4. 物质的量浓度与质量分数的换算: 已知溶液密度为 $\rho \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 溶质的摩尔质量为 $M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

假定取1 L(即1 000 mL)该溶液,其溶液质量 $m_{\text{液}} = \rho V = 1 000\rho \text{ g}$, 溶质质量 $m_{\text{质}} = m_{\text{液}} \omega =$

$1 000\rho\omega \text{ g}$, 溶质物质的量为 $\frac{1 000\rho\omega}{M} \text{ mol}$, 则物质的量浓度 $c = \frac{n}{V} = \frac{1 000\rho\omega}{M} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(二) 一定物质的量浓度溶液的配制

1. 容量瓶的使用:

(1) 容量瓶: 用于配制一定物质的量浓度溶液的精确仪器,有50 mL、100 mL、250 mL等规格。

(2) 使用方法及注意事项:

① 检查漏液: 装水盖塞,倒立检漏,正立旋转瓶塞180°后再倒立检漏。

② 使用限制: 不能直接在瓶中进行溶解或稀释操作,不作反应或长期储液容器,不加入过冷过热液体,只能配制对应规格体积溶液。

2. 配制溶液所需主要仪器(固体溶质):

托盘天平(带砝码)、药匙、量筒、烧杯、玻璃棒、容量瓶、胶头滴管。

3. 配制步骤(以100 mL 1.00 mol · L⁻¹ NaCl溶液为例):

计算、称量、溶解、冷却、转移、洗涤、定容、摇匀、装瓶贴标签。

4. 误差分析(以配制 NaOH 溶液为例):

能引起误差的操作	溶质质量 m	V/mL	物质的量浓度 $c/(mol \cdot L^{-1})$
砝码与物品位置颠倒(用游码)	减小	不变	偏小
称量时间过长	减小	不变	偏小
移液时少量流出	减小	不变	偏小
未洗涤烧杯和玻璃棒	减小	不变	偏小
定容水加多后吸出	减小	不变	偏小
定容摇匀后加水	不变	增大	偏小
定容仰视刻度线	不变	增大	偏小
未冷却定容	不变	减小	偏大
定容俯视刻度线	不变	减小	偏大
称量前烧杯有水	不变	不变	不变
定容摇匀液面下降	不变	不变	不变

分析误差依据为 $c = \frac{n}{V}$; V 的准确与否取决于定容过程, 待液面至容量瓶刻度线 1~2 cm 处, 需要用胶头滴管滴加蒸馏水直至凹液面最低处与刻度线相切。

对于固体溶质, 由于 $n = \frac{m}{M}$, n 的准确与否取决于①是否准确称量溶质, ②是否将溶质全部转移到容量瓶中, 因此需要对烧杯和玻璃棒进行洗涤。稀释浓溶液时(例如, 用浓硫酸配制稀硫酸), 需用量筒量取一定体积的浓溶液。量筒在设计时已考虑残留量, 因此无须洗涤量筒, 否则所配制溶液浓度偏高。

基础训练

情境	问题	知识
人教版《普通高中教科书·化学·必修·第一册》中①物质的量浓度; ②配制一定物质的量浓度的溶液	(1) 物质的量浓度概念辨析, 涉及题目: 1、11; (2) 物质的量浓度相关计算(包括: 溶液混合、溶液稀释等), 涉及题目: 3、4、7、8、11、12; (3) 物质的量浓度与质量分数的换算, 涉及题目: 2、7、11; (4) 配制一定物质的量浓度的溶液实验操作与误差分析, 涉及题目: 5、6、9、10、12	(1) 实验、计算、分析等方法; (2) 物质的量浓度定义及计算; (3) 溶液配制、溶液混合、溶液稀释过程中物质的量浓度的计算; (4) 物质的量浓度与质量分数的换算; (5) 配制一定物质的量浓度的溶液所用仪器、实验操作与误差分析; (6) 基于氧化还原反应的滴定实验知识

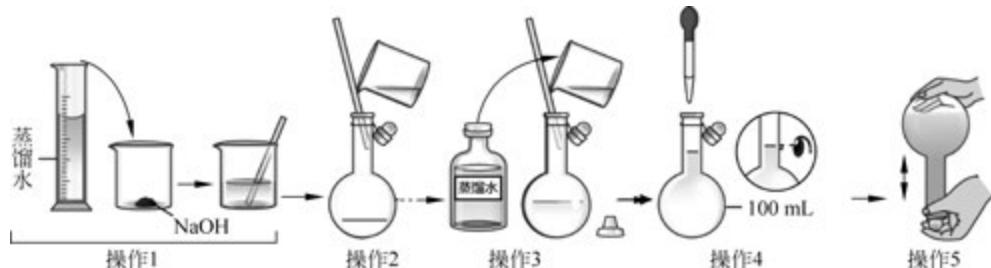
1. 下列所得溶液的物质的量浓度为 $0.1 mol \cdot L^{-1}$ 的是()。

- A. 将 $0.1 mol$ 氨充分溶解在 $1 L$ 水中
B. 将 $10 g$ 质量分数为 98% 的硫酸与 $990 g$ 水混合

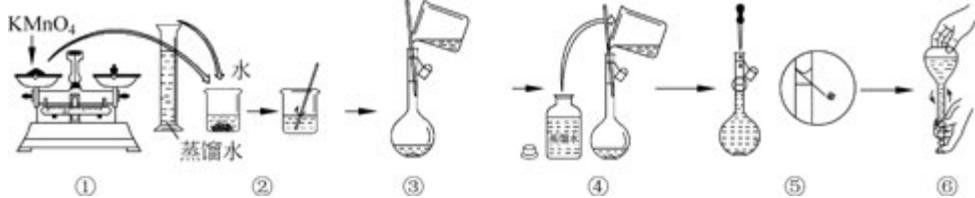
- C. 将 25.0 g 胆矾溶于水配成 1 L 溶液
 D. 将 10 mL 1 mol · L⁻¹ 的盐酸与 90 mL 水充分混合
2. 标准状况下, V L 氨气溶解在 1 L 水中(水的密度近似为 1 g · mL⁻¹), 所得溶液的密度为 ρ g · mL⁻¹, 质量分数为 w , 物质的量浓度为 c mol · L⁻¹, 则下列关系式中不正确的是()。
 A. $\rho = \frac{17V + 22400}{22.4 + 22.4V}$
 B. $w = \frac{17c}{1000\rho}$
 C. $w = \frac{17V}{17V + 22400}$
 D. $c = \frac{1000\rho V}{17V + 22400}$
3. V mL Al₂(SO₄)₃ 溶液中含有 Al³⁺ m g, 取 $\frac{V}{4}$ mL 该溶液用水稀释至 4V mL, 则 SO₄²⁻ 物质的量浓度为()。
 A. $\frac{125m}{36V}$ mol · L⁻¹
 B. $\frac{125m}{9V}$ mol · L⁻¹
 C. $\frac{125m}{54V}$ mol · L⁻¹
 D. $\frac{125m}{18V}$ mol · L⁻¹
4. 取 100 mL 0.3 mol · L⁻¹ 和 300 mL 0.25 mol · L⁻¹ 的硫酸混合并稀释配成 500 mL 溶液, 该混合溶液中 H⁺ 的物质的量浓度是()。
 A. 0.21 mol · L⁻¹
 B. 0.42 mol · L⁻¹
 C. 0.56 mol · L⁻¹
 D. 0.26 mol · L⁻¹
5. 用 98% 的浓 H₂SO₄(密度为 1.84 g · mL⁻¹) 配制 100 mL 1 mol · L⁻¹ 的稀 H₂SO₄, 配制过程中可能用到下列仪器: ①100 mL 量筒; ②10 mL 量筒; ③50 mL 烧杯; ④托盘天平; ⑤100 mL 容量瓶; ⑥胶头滴管; ⑦玻璃棒。按使用的先后顺序排列正确的是()。
 A. ②⑥③⑦⑤⑥
 B. ④③⑤⑦⑥
 C. ①③⑦⑤⑥
 D. ②⑤⑦⑥
6. 配制一定物质的量浓度的溶液是一个重要的定量实验, 下列有关说法正确的是()。
 A. 容量瓶用蒸馏水洗净后, 必须干燥才能用于配制溶液
 B. 配制 1 L 0.1 mol · L⁻¹ 的 NaCl 溶液时, 用托盘天平称量 NaCl 固体时药品砝码左右位置颠倒, 对实验结果无影响
 C. 配制一定物质的量浓度的溶液时, 定容时仰视刻度线会导致所配溶液浓度偏高
 D. 用浓盐酸配制稀盐酸, 量取浓盐酸时仰视量筒的刻度线会导致所配溶液浓度偏高
7. 20 ℃时, 饱和 NaCl 溶液的密度为 ρ g · cm⁻³, 物质的量浓度为 c mol · L⁻¹, 则下列说法错误

的是()。

- A. 温度低于 20 ℃时,饱和 NaCl 溶液的浓度小于 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 20 ℃时,饱和 NaCl 溶液中 NaCl 的质量分数为 $\frac{58.5c}{1000\rho} \times 100\%$
- C. 20 ℃时,将 58.5 g NaCl 溶解在 1 L 水中,所得溶液的浓度为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. 20 ℃时,NaCl 的溶解度为 $\frac{5850c}{1000\rho - 58.5c} \text{ g}$
8. 把 300 mL 含有 BaCl₂、MgCl₂、Mg(NO₃)₂ 的混合溶液分成 3 等份,分别逐滴加入 Na₂SO₄ 溶液、AgNO₃ 溶液、NaOH 溶液,直至不再产生沉淀。此时消耗 $a \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$ 、 $b \text{ mol AgNO}_3$ 、 $c \text{ mol NaOH}$,则该混合溶液中 NO₃⁻ 的浓度为()。
- A. $10(2a-b+c) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. $\frac{10(2a-b+c)}{3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. $10(2a+b+c) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. $\frac{10(2a-b+2c)}{3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
9. 配制 100 mL 1.0 mol · L⁻¹ NaOH 溶液的操作如下所示。下列说法正确的是()。



- A. 操作 1 前需用称量纸称取质量为 4.0 g 的 NaOH
- B. 操作 1 确认 NaOH 完全溶解后,应立刻进行操作 2
- C. 操作 4 如果俯视,则 NaOH 溶液浓度偏大
- D. 操作 5 后液面下降,需补充少量水至刻度线
10. 使用容量瓶配制溶液时,操作不当会引起误差,下列情况会使所配溶液浓度偏低的是()。
- ① 用天平称量时所用砝码生锈
- ② 用量筒量取所需浓溶液时,仰视读数
- ③ 定容时,俯视容量瓶的刻度线
- ④ 转移溶液前容量瓶内有少量蒸馏水
- ⑤ 溶液转移到容量瓶后,烧杯及玻璃棒未用蒸馏水洗涤

- ⑥ 定容后摇匀,发现液面降低,又补加少量水,重新达到刻度线
 A. ②④ B. ②⑤⑥ C. ①③⑥ D. ⑤⑥
11. 下列实验过程能引起结果偏高的是()。
 ① 配制 100 g 10% CuSO_4 溶液,称取 10 g 硫酸铜晶体溶于 90 g 水中
 ② 测定硫酸钠晶体中结晶水的百分含量时,所用的晶体已经受潮
 ③ 配制一定物质的量浓度的硫酸溶液,定容时俯视容量瓶的刻度线
 ④ 质量分数为 10% 和 90% 的两种硫酸等质量混合配制 50% 的硫酸溶液
 ⑤ 质量分数为 10% 和 30% 的两种乙醇溶液等体积混合配成 20% 乙醇
 A. ①⑤ B. ②④ C. ②③ D. ④⑤
12. 人体血液里 Ca^{2+} 的浓度一般采用 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-3}$ 来表示。抽取一定体积的血样,加适量的草酸铵 [$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$] 溶液,可析出草酸钙 (CaC_2O_4) 沉淀,将此草酸钙沉淀洗涤后溶于强酸可得草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$),再用酸性 KMnO_4 溶液滴定即可测定血液样品中 Ca^{2+} 的浓度。某研究性学习小组设计如下实验步骤测定血液样品中 Ca^{2+} 的浓度。
 I. 配制酸性 KMnO_4 标准溶液: 如图所示是配制 50 mL 0.020 mol \cdot L $^{-1}$ 酸性 KMnO_4 标准溶液的过程示意图。
- 
- (1) 请你观察图示并判断其中不正确的操作有_____ (填序号)。
 (2) 其中确定 50 mL 溶液体积的容器是_____ (填名称)。
 (3) 在其他操作均正确的情况下,如果按照图示的操作配制溶液,配制溶液的浓度将_____ (填“偏大”或“偏小”)。
- II. 测定血液样品中 Ca^{2+} 的浓度: 取血液样品 20.00 mL, 经过上述处理后得到草酸,再用 0.020 mol \cdot L $^{-1}$ 酸性 KMnO_4 溶液滴定,使草酸转化成 CO_2 逸出,这时共消耗 12.00 mL 酸性 KMnO_4 溶液。
 (4) 已知草酸与酸性 KMnO_4 溶液反应的离子方程式为 $5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{x+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$, 则式中的 $x =$ _____。
 (5) 滴定时,根据现象: _____, 即可确定反应达到终点。
 (6) 经过计算,血液样品中 Ca^{2+} 的浓度为 _____ $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

专题2

化学物质及其变化

2-1 物质的组成、性质和分类

基础速览

(一) 物质的组成、性质与变化

1. 物质的组成：

(1) 宏观：物质由元素组成；单质是由同种元素组成的纯净物（如 O_2 ），化合物是由不同种元素组成的纯净物（如 H_2O ）。

(2) 微观：物质由分子、原子、离子构成，例如，水由水分子构成，铁由铁原子构成， $NaCl$ 由 Na^+ 和 Cl^- 构成。

(3) 分子与原子：分子是保持物质化学性质的最小微粒；原子是化学变化中的最小微粒，原子由原子核和核外电子构成，其中原子核包含质子和中子（氢原子除外）。

2. 同素异形体：

(1) 定义：由同种元素形成的性质不同的单质。

(2) 性质：物理性质和化学性质有差异，相互转化是化学变化，如石墨转化为金刚石。

(3) 常见例子：氧(O_2 、 O_3)、碳(金刚石、石墨、 C_{60})、磷(白磷、红磷)。

3. 物质的性质与变化：

(1) 性质：

① 物理性质：无须化学变化即可表现出的性质，如颜色、状态等。

② 化学性质：化学变化中表现出的性质，如酸碱性、氧化性等。

(2) 变化：

① 物理变化：状态或形状改变，无新物质生成，如冰融化。

② 化学变化：生成新物质，在物质变化的同时还伴随能量变化，如铁生锈。