# 第十一章 气体、液体和固体

## 第一节 气体的状态

1．关于气体的体积，判断下列说法是否正确，若不正确请说明理由。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 若不正确请说明理由 |
| 气体的体积与气体的质量成正比 |  |  |
| 气体的体积与气体的密度成反比 |  |  |
| 气体的体积就是所有气体分子体积的总和 |  |  |
| 气体的体积是指气体分子所能达到的空间的大小 |  |  |

2．关于某气体的温度，下列说法正确的是（ ）。

A．气体的温度越高，每个分子的无规则运动越剧烈

B．气体的温度越高，分子的平均速率越大

C．气体的温度越高，每个分子的速率越大

D．在国际单位制中，气体温度的单位是摄氏度

3．关于密闭容器中气体的压强，判断下列说法是否正确，若不正确请说明理由。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 若不正确请说明理由 |
| 气体压强是由于气体分子受到重力产生的 |  |  |
| 气体压强是由于气体分子间的相互作用力（吸引和排斥）产生的 |  |  |
| 气体压强是大量气体分子频繁碰撞容器壁产生的 |  |  |
| 当密闭容器自由下落时，内部气体压强将减小为零 |  |  |

4．一密闭玻璃瓶内的气体处于平衡态，压强是 1 Pa，那么（ ）。

A．每个分子产生的压强是 1 Pa

B．每个分子平均产生的压强是 1 Pa

C．瓶内任何地方的压强都是 1 Pa

D．瓶的内表面 1 cm2 面积上气体产生的压力是 1 N

5．热力学温标将\_\_\_\_\_\_\_\_\_℃ 作为零点。273 ℃ 即\_\_\_\_\_\_\_\_\_K，273 K 即\_\_\_\_\_\_℃。气体温度从 − 10 ℃ 升高到 10 ℃，如果用热力学温度表示，气体温度升高了\_\_\_\_\_\_\_\_K。

6．如图 11 – 1 所示，若用活塞将一定质量的气体分别封闭在三个内壁光滑的容器内，其中图（b）中活塞上放置一质量为 *M* 的重物，图（c）中对活塞施加竖直向上的外力 *F*。设大气压强为 *p*0。活塞面积为 *S*，活塞质量为 *m*，求三个容器中封闭气体处于平衡态时的压强。

*p*1

(a)

*p*2

*M*

(b)

*p*3

(c)

*F*

7．在图 11 – 2 中，封闭气体均处于平衡态，液体的密度为 *ρ*、长度为 *l*，求图中封闭气体的压强。（已知大气压强为 *p*0）



### 参考解答

1．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 若不正确请说明理由 |
| 气体的体积与气体的质量成正比 | 错误 | 根据 *ρ* = ，只有当密度一定时，气体的体积与质量成正比 |
| 气体的体积与气体的密度成反比 | 错误 | 根据 *ρ* = ，只有当质量一定时，气体的体积与密度成反比 |
| 气体的体积就是所有气体分子体积的总和 | 错误 | 气体的体积包括所有气体分子的体积总和以及所有分子之间的空间的体积 |
| 气体的体积是指气体分子所能达到的空间的大小 | 正确 |  |

2．B

组成气体的每个分子的运动剧烈程度是不同的，气体的温度越高，分子运动的平均速率越大，所以 A、C 错误，B 正确。在国际单位制中，温度的单位是开尔文，摄氏度是常用单位，所以 D 错误。

3．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 若不正确请说明理由 |
| 气体压强是由于气体分子受到重力产生的 | 错误 | 密闭容器内的气体压强是由于大量分子做无规则运动导致频繁碰撞容器壁而产生的，并非重力所致 |
| 气体压强是由于气体分子间的相互作用力（吸引和排斥）产生的 | 错误 | 组成气体的分子间距离很大，分子间的相互作用力可以忽略，压强不可能因此而产生 |
| 气体压强是大量气体分子频繁碰撞容器壁产生的 | 正确 |  |
| 当密闭容器自由下落时，内部气体压强将减小为零 | 错误 | 容器自由下落时，内部分子仍在做无规则运动，仍频繁碰撞容器壁，所以压强依然存在 |

4．C

气体压强是由大量分子无规则运动造成的，从单个分子角度讨论压强无意义，A、B 错误；1 Pa 表示瓶内 1 cm2 面积上气体产生的压力是 1×10−4 N，D 错误；气体处于平衡态时各处压强相等，故 C 正确。

5．− 273，546，0，20

6．*p*1 = *p*0，*p*2 = *p*0 + ，*p*3 = *p*0 +

根据各种情况下活塞的受力平衡列出等式，即可求出封闭气体的压强。

7．*p*0，*p*0 – *ρgl*，*p*0 − *ρgl*，*p*0 −*ρgl*，*p*0 + *ρgl*

各种情况下液体柱受力平衡，列出等式，即可求出封闭气体的压强。

## 第二节 气体的等温变化

1．一定质量的气体在等温变化过程中，下列物理量是否发生变化？说明理由或举例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 物理量 | 是否变化 | 说明理由或举例 |
| 分子的平均速率 |  |  |
| 单位体积内的分子数 |  |  |
| 单位时间内撞击容器壁的分子数 |  |  |
| 容器壁单位面积上受到的压力 |  |  |

2．如图 11 – 3 所示，一个内壁光滑、粗细均匀、左端封闭的玻璃管水平放置，一定质量的气体被活塞封闭在玻璃管内，活塞可在玻璃管内无摩擦地滑动。已知玻璃管的横截面积为 10 cm2，开始时管内空气柱的长度为 20 cm，压强与大气压强相同，为 1.0×105 Pa。现用一水平推力缓慢推动活塞使其向左移动 4 cm，求此时：

20 cm

（1）管内气体的压强；

（2）作用在活塞上的推力。

3．一定质量的气体被质量为 *m*、横截面积为 *S* 的活塞封闭在质量为 *M* 的气缸内，活塞与气缸之间无摩擦且不漏气。当气缸水平放置时，空气柱长为 *L*0，如图 11 – 4（a）所示。若将气缸按图 11 – 4（b）所示竖直悬挂，则静止时空气柱的长度为多少？（已知大气压强为 *p*0，且气体温度保持不变）

*L*0

(a)

(b)

4．如图 11 – 5 所示，气压式保温瓶内密封空气体积为 *V*，瓶内水面与出水口的高度差为 *h*。设水的密度为 *ρ*，大气压强为 *p*0，此时瓶内空气的压强为\_\_\_\_\_\_\_\_，欲使水从出水口流出，瓶内空气的压缩量 Δ*V* 至少为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

*h*

5．如图 11 – 6 所示，将一只倒置的试管竖直插入盛水的容器内，试管内原有的空气被压缩，此时试管内外水面的高度差为 *h*。若使试管插入水中的深度增大一些，则试管内外水面的高度差将如何变化？试说明理由。

*h*

6．图 11 – 7 是医院静脉滴注的示意图，倒置的输液瓶上方有一气室 A，密封瓶口处的橡胶塞上插有两根细管，其中 a 管与大气相通，b 管为输液软管。B 管中间有一气室 B，下方 c 端连接针头。

（1）若气室 A、B 中的压强分别为 *p*A、*p*B，请比较它们与大气压强 *p*0 的大小关系。

（2）在输液瓶悬挂高度与输液软管内径确定的情况下，随着瓶内药液的减少，药液滴注的速度会如何变化？

### 参考解答

1．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 物理量 | 是否变化 | 说明理由或举例 |
| 分子的平均速率 | 不变 | 一定质量的气体在等温变化过程中温度不变，分子的平均速率就不变 |
| 单位体积内的分子数 | 变化 | 一定质量的气体在等温变化过程中，体积变化导致单位体积内分子数变化 |
| 单位时间内撞击容器壁的分子数 | 变化 | 单位体积内分子数变化引起单位时间内撞击容器壁的分子数发生变化 |
| 容器壁单位面积上受到的压力 | 变化 | 单位时间内撞击容器壁的分子数发生变化，导致容器壁单位面积上受到的压力（即压强）变化 |

2．（1）1.25×105 Pa

（2）25 N

封闭气体的初状态 *p*1 = *p*0，*V*1 = *Sl*1；末状态 *p*2 未知，*V*2 = *Sl*2，其中 *l*1 = 20 cm，*l*2 = 16 cm。根据玻意耳定律即可求出 *p*2，再根据活塞受力平衡 *p*2*S* = *p*0*S* + *F* 即可求出 *F*。

3．封闭气体的初状态：*p*1 =*p*0，*V*1 = *SL*0；末状态：气缸受力平衡，故 *p*2*S* + *Mg* = *p*0*S*，可求出 *p*2 = *p*0 − ，另有 *V*2 = *SL*。根据玻意耳定律即可求出 *L* = 。

4．*p*0，

封闭气体的初状态：*p*1 = *p*0，*V*1 = *V*；末状态：*p*2 = *p*0 + *ρgh*，*V*2 = *V* – Δ*V*。根据玻意耳定律即可求出 Δ*V* = 。

5．增大初始状态时封闭气体压强 *p* 与外界大气压 *p*0 间的关系为 *p* = *p*0 + *ρgh*。若试管插入水中深度增大，可先假设内外水面高度差保持不变，则封闭气体体积会减小，根据玻意耳定律可以推断封闭气体的压强会增大，导致 *p*′ > *p*0 + *ρgh*，这个压强关系的变化会导致试管内的水面下降，重新达到平衡时管内外的水面高度差将会比初始状态大。

6．（1）*p*A < *p*0 < *p*B

a 管管口处的压强即 *p*0，根据气室 A、B 以及 a 管管口的高度位置即可确定三处的压强大小关系。

（2）保持不变

在其他条件不变的情况下，药液滴注的速度取决于气室 B 内的压强，而气室 B 内的压强 *p*B = *p*0 + *ρgh*，*h* 为 a 管管口与 B 气室的高度差，保持不变。

## 第三节 气体的等容变化和等压变化

1．一定质量的气体，从一个状态变化到另一个状态，在图 11 – 8 所示的四幅图中，描述的变化过程可能相同的是图\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，这个过程叫做\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

*p*

*O*

*T*

(a)

*p*

*O*

*V*

(b)

*V*

*O*

*T*

(c)

*V*

*O*

*T*

(d)

2．在冬季，盛有半瓶热水的热水瓶（图11 – 9）静置一晚后，早晨拔瓶口的软木塞时觉得很紧，不易拔出来。其中主要原因是（ ）。

A．软木塞受潮膨胀

B．瓶口因温度降低而收缩变小

C．白天气温升高，大气压强变大

D．瓶内气体因温度降低而压强减小

3．如图 11 – 10 所示．一定质量的理想气体，从状态 A 变化到状态 B，再变化到状态 C。已知在状态 A 时气体温度 *t*A = 127 ℃，求气体在状态 B 和状态 C 时的温度 *t*B 和 *t*C。

3

2

1

*O*

2

*V*/L

*p*/×105 Pa

*A*

*C*

*B*

4

6

4．氧气瓶在车间里充气后，瓶内气体压强为 1.5×107 Pa，运输到工地上时发现瓶内气体压强降为 1.35×107 Pa。已知车间里的温度为 27 ℃，工地上的温度为 – 3 ℃。试判断氧气瓶在运输途中是否漏气（氧气瓶本身的热胀冷缩忽略不计），并说明理由。

5．房间里的温度升高 3 ℃ 时，房间内的空气将有 1 % 溢出到房间外。请由此估算房间内原来的温度。

6．如图 11 – 11 所示，室温下，两端封口的 U 形管中装有汞，左右两端都封闭有空气，两边汞面的高度差为 *h*。把 U 形管竖直浸没在热水中，两边汞面的高度差将如何变化？说明判断的理由。

*h*

7．如图 11 – 12 所示，向一个空的铝制易拉罐中插入一根透明吸管，接口处用石蜡密封，并在吸管内引入一小段油柱（长度可忽略）。如果不计大气压强的变化，这就是一个简易的气温计。已知铝罐的容积是 360 cm3；吸管内部粗细均匀，横截面积为 0.2 cm2，罐外长度为 20 cm。当温度为 25 ℃ 时，油柱离管口 10 cm。

（1）吸管上标刻温度值时，刻度是否均匀？说明理由。

（2）计算这个气温计的测量范围。

### 参考解答

1．（a），（c），气体的等容变化

图（a）中压强与热力学温度成正比，是等容变化过程，图（c）可直观看出是一个等容变化过程，而图（b）可能是等温变化过程，图（d）是等压变化过程。

2．D

半瓶热水上方封闭有一定气体，气体压强随温度降低而减小，内外气体产生压力差导致软木塞不易拔出。

3．*t*B = − 73 ℃，*t*C = 327 ℃

由图可知 *p*A = 2×105 Pa、*p*B = *p*C = 1×105 Pa，*V*A = *V*B = 1 L、*V*C = 3 L，另已知 *T*A = 400 K。气体从状态 A 变化到状态 B 为等容过程，由 = 可求出 *T*B = 200 K；从状态 B 变化到状态 C 为等压过程，由 = 可求出 *T*C = 600 K。

4．不漏气

瓶内气体初状态时 = ，末状态时 = ，经计算可得 = ，瓶内气体在体积不变的情况下，压强与热力学温度的比保持不变，符合查理定律，由此可确定气体的质量不变，即没有漏气。

5．27 ℃

将原来室内的空气作为一定质量的气体，升温的过程可视为等压过程。设初始状态的体积为 *V*0，温度为 *T*0，则末状态的体积为 *V*0 + 1%*V*0 = 1.01*V*0，温度为 *T*0 + 3 K，由 = 可求出 *T*0 = 300 K。

6．假设两边汞面均不动，则两边气体各自经历等容过程

= = ，= =

另有 *p*左 < *p*右，*T*左 = *T*右，Δ*T*左 = Δ*T*右

故 Δ*p*左 < Δ*p*右，右边汞面下降，左边汞面上升，重新平衡后两边汞面的高度差增大。

7．封闭气体的状态变化可近似看作等压过程。

（1）刻度是均匀的

由 = 可得 Δ*V* = Δ*T*，所以 Δ*V* ∝ Δ*T*，又因为吸管内部粗细均匀，所以 Δ*l* ∝ Δ*T*（Δ*l* 为吸管上的刻度间距），因此刻度是均匀的。

（2）测量范围为 23.35 ~ 26.35 ℃

测量最小值时，油柱在吸管最左端；测量最大值时，油柱在吸管最右端。根据 = = ，将 *V*0 = 360 cm3 + 0.2×10 cm3 = 362 cm3、*V*max = 360 cm3 + 0.2×20 cm3= 364 cm3、*V*min = 360 cm3、*T*0 = 298 K 代入，即可求出 *T*max = 299.65 K，*T*min = 296.35 K，即测量范围为 23.35 ~ 26.65 ℃。

## 第四节 液体的基本性质

1．图 11 – 13 中，静止在水面上的回形针，受到与重力平衡的力是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；静止在水面上的木块，受到与重力平衡的力是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。



2．若不考虑空气阻力，雨滴自由下落时的形状应该是图 11 – 14 中的（ ）。

A．

B．

C．

D．

3．下列现象中哪些与毛细现象有关？若与毛细现象无关，请说明此现象产生的原因。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 现象 | 是否与毛细现象有关 | 若与毛细现象无关，说明此现象产生的原因 |
| 温度升高时，酒精温度计中的酒精能沿着玻璃管上升 |  |  |
| 煤油灯中油能沿着灯芯上升 |  |  |
| 水能顺着树干上升 |  |  |
| 托里拆利实验中管内的汞面高于管外的汞面 |  |  |

4．将两根用不同材料做成的细管 P、Q 插入同种液体中，一段时间后液面稳定如图 11 – 15 所示，则（ ）。

A．该液体对细管 P 管壁是浸润的

B．该液体对细管 Q 管壁是浸润的

C．细管 P 内发生的是毛细现象，细管 Q 内发生的不是毛细现象

D．细管 P 和细管 Q 内发生的都是毛细现象

### 参考解答

1．表面张力，浮力

2．A

雨滴自由下落时处于完全失重状态，在表面张力作用下表面积趋于最小，呈球形。

3．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 现象 | 是否与毛细现象有关 | 若与毛细现象无关，说明此现象产生的原因 |
| 温度升高时，酒精温度计中的酒精能沿着玻璃管上升 | 无关 | 玻璃泡中的酒精体积随温度升高而变大 |
| 煤油灯中油能沿着灯芯上升 | 有关 |  |
| 水能顺着树干上升 | 有关 |  |
| 托里拆利实验中管内的汞面高于管外的汞面 | 无关 | 管外大气压强大于管内气体压强 |

4．AD

与 P 管壁接触的液面有扩展的趋势，与 Q 管壁接触的液面有收缩的趋势，所以液体对 P 管壁浸润、对 Q 管壁不浸润；浸润液体在细管中上升和不浸润液体在细管中下降的现象都是毛细现象。

## 第五节 固体的基本性质

1．在两块不同材料的薄片 P、Q 上均匀涂上一层石蜡，然后用灼热的金属针尖接触薄片的另一面，结果得到如图 11 – 16 所示的两种图样。下列说法正确的是（ ）。

（a）

（b）

P

Q

A．薄片 P、Q 一定都是晶体

B．薄片 P、Q 一定都是非晶体

C．薄片 P 可能是非晶体，薄片 Q 一定是晶体

D．薄片 P 一定是晶体，薄片 Q 可能是非晶体

2．判断下列关于物体是否为晶体的说法是否正确，并说明理由或举例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 玻璃块具有规则的几何外形，所以玻璃是晶体 |  |  |
| 石蜡没有固定的熔点，所以不是晶体 |  |  |
| 熔化的锡可以凝固成任意形状，所以不是晶体 |  |  |

3．判断下列关于晶体和非晶体性质的说法是否正确，并说明理由或举例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 凡是晶体，其物理性质一定表现为各向异性 |  |  |
| 凡是非晶体，其物理性质一定表现为各向同性 |  |  |
| 物理性质表现出各向异性的物体，一定是晶体 |  |  |
| 物理性质表现出各向同性的物体，一定是非晶体 |  |  |

4．判断下列关于晶体的空间点阵的说法是否正确，并说明理由或举例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 同种元素组成的物质，其空间点阵是唯一的 |  |  |
| 晶体有规则的外形是由晶体的空间点阵决定的 |  |  |
| 晶体的各向异性是由晶体的空间点阵决定的 |  |  |
| 组成空间点阵的物质微粒是电子 |  |  |

5．液晶属于（ ）。

A．固态 B．液态

C．气态 D．固态和液态之间的中间态

### 参考解答

1．D

薄片 P 上的图样说明 P 在各个方向上的导热性能是不同的，具有各向异性，所以 P 是晶体。而 Q 显现出各向同性，非晶体和多晶体都表现为各向同性，所以 Q 可能是非晶体，也可能是多晶体。

2．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 玻璃块具有规则的几何外形，所以玻璃是晶体 | 错误 | 玻璃的几何外形是人工切割出来的，并不是天然形成的，而晶体的几何外形是天然形成的 |
| 石蜡没有固定的熔点，所以不是晶体 | 正确 | 是否具有固定的熔点是判断晶体和非晶体的依据 |
| 熔化的锡可以凝固成任意形状，所以不是晶体 | 错误 | 凝固的锡是多晶体，不能用是否具有规则的几何外形来区分多晶体和非晶体 |

3．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 凡是晶体，其物理性质一定表现为各向异性 | 错误 | 多晶体是晶体，但其物理性质表现为各向同性 |
| 凡是非晶体，其物理性质一定表现为各向同性 | 正确 | 所有非晶体都表现为各向同性 |
| 物理性质表现出各向异性的物体，一定是晶体 | 正确 | 只有单晶体才会表现出各向异性，所以表现出各向异性的物体一定是晶体 |
| 物理性质表现出各向同性的物体，一定是非晶体 | 错误 | 物理性质表现出各向同性的物体，可能是非晶体，也可能是多晶体 |

4．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 同种元素组成的物质，其空间点阵是唯一的 | 错误 | 石墨、金刚石都是由碳原子组成的，但具有不同的空间点阵 |
| 晶体有规则的外形是由晶体的空间点阵决定的 | 正确 | 组成晶体的微粒规则排列，使晶体具有规则的外形 |
| 晶体的各向异性是由晶体的空间点阵决定的 | 正确 | 空间点阵中沿不同方向物质微粒的数目、间距不同，导致晶体各向异性 |
| 组成空间点阵的物质微粒是电子 | 错误 | 组成空间点阵的微粒应该是分子、原子、粒子或它们的团簇，而不是电子 |

5．D

## 第六节 材料及其应用简介

1．关于纳米，下列说法正确的是（ ）。

A．纳米是近几十年来人们发现的一种新物质

B．与米、微米等一样，纳米是一个长度单位

C．金属、陶瓷等都可以用来制作纳米材料

D．物质的颗粒小到纳米数量级后，其性质会发生很多变化

2．2021 年 5 月 15 日，“天问一号”探测器在火星乌托邦平原南部预选着陆区成功着陆，在火星上首次留下中国印迹，迈出了我国星际探测征程的重要一步。火星的环境非常恶劣，在“天问一号”探测器成功着陆火星表面的背后，有哪些新材料扮演了重要角色？请通过查阅资料找出其中的一种新材料，并简要说明它的特点以及所起的作用。

3．了解我国芯片产业的现状及发展前景，写一篇 200 字左右的感想。

### 参考解答

1．BCD

2．答案供参考，合理即可。

① 超轻质蜂窝增强烧蚀防热材料。密度约为 0.36 g/cm3，防热效率为每平方米可承受 1.5 MW 的热流环境，可以通过变厚度优化设计，保证探测器拐角部位能够耐受更严苛的气动载荷，能承受高低温交变。

② 连续纤维增强中密度防热材料。密度略高，但强度更大，用于探测器大底及背罩防热结构的舱盖、封边环、埋件、螺塞等零部件。

③ 超轻质烧蚀防热涂层材料。密度仅为 0.28 g/cm3，热导率低至约 0.06 W/(m·K)，用于着陆器侧面，热性能优良，也能给着陆器减重。

④ 新型 SiC 增强铝基复合材料。结构材料质量轻、强度高、刚性好、宽温度范围下尺寸稳定。

⑤ 基于形状记忆聚合物智能复合材料。用于太阳能电池系统。该系统基于复合材料力学理论、结构精细化设计和形状记忆聚合物复合材料结构，可以实现柔性太阳能电池的锁紧、释放和展开，以及展开后高刚度可承载等功能。

3．略