物质的状态

气体

状态参量

气体实验定律

液体

表面张力

毛细现象

固体

晶体

非晶体

单晶体

玻意耳定律

查理定律

盖·吕萨克定律

探究

建模

建模

多晶体

小

结

基本概念和基本规律

**玻意耳定律**：一定质量的气体在温度不变时，压强与体积成反比。

**查理定律**：一定质量的气体在体积不变时，压强与热力学温度成正比。

**盖·吕萨克定律**：一定质量的气体在压强不变时，体积与热力学温度成正比。

**理想气体**：一种理想化的物理模型，完全忽略气体分子自身体积大小和分子间相互作用力，在任何压强、任何温度下都遵循气体实验定律。

**表面张力**：使液体表面具有收缩趋势的作用力。

**毛细现象**：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。

基本方法

通过建立气体状态参量的过程，感受类比联想的方法。

通过研究气体实验定律的过程，感受数据获取、分析和处理过程中的控制变量法、图像法。

通过理想气体模型、晶体空间点阵结构模型以及等温、等容等理想过程的学习，感受模型建构的方法。

知识结构图

**复习 巩固**

**与**

1. 判断下列哪些现象与液体表面张力有关。

（1）雨滴几乎成球形。

（2）肥皂泡的形成。

（3）毛笔蘸水后，笔头聚拢。

（4）船舶能漂浮在水面上。

1. 关于晶体和非晶体，判断下列说法是否正确，并简述理由。

（1）铜可以制成各种粗细的铜丝，也可以制成各种形状的铜块，所以铜是非晶体。

（2）雪花有规则的几何形状，所以是晶体；冰块没有规则的几何形状，所以是非晶体。

（3）石英玻璃和天然水晶的化学成分都是二氧化硅，所以它们都是晶体。

（4）石墨和金刚石都是由碳原子组成的，虽然结构不同，但都是晶体。

1. 一定质量的气体，当温度恒定时，压强随体积的减小而增大；当体积恒定时，压强随温度的升高而增大。从微观角度来分析这两种压强增大的过程的差异。
2. 中医上常用“拔火罐”来治疗某些疾病。将点燃的纸片放入一个小罐内，当纸片烧完时，迅速将火罐开口端紧压在皮肤上，火罐就会紧紧地被“吸”在皮肤上。简述这一现象的成因。
3. 如图 11 – 53 所示，一端封闭的玻璃管倒插在汞槽中，其上端封闭了少量空气。现保持温度不变，将玻璃管稍向上提起一段距离，判断管内空气柱长度 *l*、管内外汞面高度差 *h* 如何变化，并简述理由。

*B*

图 11 – 55

*A*

软管

图 11 – 54

图 11 – 53

*l*

*h*

1. 如图 11 – 54 所示，质量为 *m* 的汽缸放在水平地面上，活塞连同手柄的质量为 *m*0，活塞的截面积为 *S*，大气压强为 *p*0，起初活塞静止在距离汽缸底部高为 *h* 的位置。现将活塞缓慢向上提，若不计摩擦和气体温度的变化，活塞向上提多少距离可以将汽缸提离地面。
2. 如图 11–55 所示，在烧瓶口插入细玻璃管，管的另一端与汞压强计相连，烧瓶中

封闭着一定质量的气体，气压计 U 形管两臂内的汞面一样高。现将烧瓶浸入热水中，为保持气体的体积不变，应如何移动 *A* 管？为保持气体的压强不变，又该如何移动 *A* 管？

1. 估算标准状态下氢气中分子的体积占气体体积的百分比。若保持温度不变，将压强升至原来的 100 倍，估算此时气体中分子体积的占比。此时是否仍然能将气体视作理想气体？说明理由。
2. 在“探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系”的实验中，某同学利用实验中采集的数据，建立 *V* – 坐标系，获得了 *V* – 的函数图像及其函数表达式，结果如图 11 – 56 所示。他又收集了其他几个小组的实验数据，进行了同样的数据处理后，发现了一个共同的现象：图线都没有过坐标原点，并且都与 *V* 轴负半轴相交。

（1）分析实验图像不经过坐标原点的原因。

（2）根据上述分析，设计一个测量一颗绿豆体积的实验方案。

图 11 – 56

30

20

10

*O*

0.002

0.004

0.006

0.008

0.010

0.012

*V*/mL

/(kPa−1)

*V* = 2 001.2 − 0.209 3

1. 17 世纪时伽利略曾设计过一个温度计，其结构如图 11 – 57 所示。一根几十厘米长、麦秆粗细的玻璃管，一端与一鸡蛋大小的玻璃泡相连，另一端竖直插在水槽中，并使玻璃管内吸入一段水柱。根据管中水柱高度的变化可测出相应的温度。根据以上信息回答下列问题。

图 11 – 57

（1）管中水柱的高度随着温度的升高如何变化？

（2）关于温度变化时玻璃泡内的气体经历的变化，甲同学认为可近似看作等容变化，乙同学认为应该近似地看作等压变化。评价这两种看法，并说明理由。

（3）这个温度计的设计有哪些不足之处？

### 复习与巩固解读

1．参考解答：与表面张力有关的现象是：（1）（2）（3）。

船舶能漂浮在水面上，此现象是因为船舶排开一定量的水，受到了水的浮力，而不是水的表面张力托起了船。

命题意图：用液体表面张力知识解释生活中的现象，培养物理观念。

主要素养与水平：物质观（Ⅱ）；运动与相互作用观（Ⅱ）。

2．参考解答：（1）错 （2）错 （3）错 （4）对

提示：铜、冰块尽管没有规则的形状，但它们有固定的熔点，所以都是晶体；石英玻璃没有固定的熔点，所以不是晶体。

命题意图：巩固对晶体、多晶体、非晶体的认识。

主要素养与水平：物质观（Ⅱ）；科学论证（Ⅱ）。

3．参考解答：从微观角度看，气体的压强是由分子撞击器壁的速率和单位时间内撞击器壁单位面积的分子数共同决定的。温度恒定、一定质量的气体体积减小时，分子撞击器壁的速率保持不变，单位时间内撞击嚣壁单位面积的分子数增大，从而导致压强增大。体积恒定、一定质量的气体温度升高时，分子运动的平均速率增大，撞击器壁时的速率就会增大，同时单位时间内分子来回运动的次数增多会造成单位时间内撞击器壁单位面积上的分子数增多，以上两个因素导致压强增大。

命题意图：能用分子动理论和统计观点解释气体压强和气体实验定律。

主要素养与水平：科学推理（Ⅱ）。

4．参考解答：当火罐开口端紧压在皮肤上时，罐内封闭了一定质量较高温度的空气，随着温度的降低，罐内空气的压强减小，内外空气的压力差使火罐紧紧地被“吸”在皮肤上。

命题意图：能用气体实验定律解释生活中的现象。

主要素养与水平：物质观（Ⅱ）；运动与相互作用观（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

5．参考解答：都增大

初始状态时，汞柱受力平衡，有 *p*1 = *p*0 – *ρgh*1。将玻璃管稍向上提起一段距离，若汞柱不动，则管内空气柱长度变大；根据玻意耳定律，管内气体压强会变小，此时汞柱受力不再平衡，向上的力大于向下的力，汞柱向上运动，有更多汞进入玻璃管，所以管内外汞面高度差会增大。重新达到平衡后，有 *p*2 = *p*0 – *ρgh*2，因为 *h*2 > *h*1，所以 *p*2 < *p*1，根据玻意耳定律，管内空气柱长度 *l* 增大。

命题意图：能用玻意耳定律定性分析物理问题。

主要素养与水平：运动与相互作用观（Ⅱ）；科学推理（Ⅲ）。

6．参考解答：*h*

初始状态时以活塞为对象讨论其受力平衡，可写出封闭气体的压强为 *p*1 = *p*0 + ；末状态时以气缸为对象讨论其受力平衡，可得 *p*2 = *p*0 − 。根据 *p*1*Sh* = *p*2*Sh*2 可求得末状态时活塞距离底部的距离 *h*2，进一步可求出上提距离 *h*2 – *h*。

命题意图：能结合共点力平衡的知识，用玻意耳定律解决物理问题。

主要素养与水平：运动与相互作用观（Ⅱ）；科学推理（Ⅲ）。

7．参考解答：为保持气体的体积不变，应向上移动 A 管；为保持气体的压强不变，应向下移动 A 管。

命题意图：能结合共点力平衡的知识，用气体实验定律解决物理问题。

主要素养与水平：运动与相互作用观（Ⅱ）；科学推理（Ⅲ）。

8．参考解答：标准状态时占比为 ，压强增大为原来 100 倍时占比为 ，此时已不适合将气体视为理想气体。

1 个氢气分子的直径 *d* = 10−10 m，设分子为球形，其体积为 π*d*3 ≈ 10−30 m3，1 mol 氢气中分子的总体积为 6.02×1023×10−30 m3 = 6.02×10−7 m3；标准状态下 1 mol 氢气的体积为 22.4 L = 2.24×10−2 m3，分子体积占比约为 ；当压强升至原来的 100 倍时，气体体积变为原来的 ，分子体积占比变为约 ，此时，气体分子间距离较近，彼此间的相互作用影响变大，且相互间的碰撞变得频繁，所以与标准状态相比，已不太适合再视作理想气体。

命题意图：通过计算体会分子的体积与气体体积的差别。

主要素养与水平：物质观（Ⅱ）；模型建构（Ⅱ）；科学论证（Ⅲ）。

9．参考解答：（1）实验中体积的测量是通过注射器针筒上的刻度读出来的，仔细观察教材图 11 – 10 中的装置可以发现在注射器和压强传感器之间有一段软管，管内有气体，而读出的体积不包括这部分气体，即所有的体积测量值都比真实值小了 Δ*V*，*V* 轴上负截距的绝对值即 Δ*V*。

（2）将绿豆放入注射器，再次进行实验。按相同方法处理数据。两次图线在 *V* 轴上的截距变化量即绿豆的体积。

命题意图：培养分析数据、发现其中特点并用已有知识做出解释的能力。

主要素养与水平：证据（Ⅲ）；解释（Ⅲ）。

10．参考解答：

（1）管中水柱的高度随着温度升高而减小。

（2）温度变化时，管内水面下降会引起封闭气体的体积、压强都变化。设水面下降 Δ*h*，体积的变化量为 Δ*V* = Δ*hS*，压强的变化量为 Δ*p* = *ρ*水*g*Δ*h*。

因为玻璃泡的容积与鸡蛋大小接近，整根玻璃管长几十厘米，Δ*h* 约为几厘米，与气体原来的体积相比，Δ*V* 不能忽略，因此将气体的变化看作等容过程不合适。

大气压强可以支持约 10 m 高的水柱，所以密闭气体的压强比大气压强略小，几厘米的水面下降引起的气体压强变化与密闭气体的压强相比完全可以忽略，所以可以将气体的变化视为等压过程。

因此甲同学的观点错误，乙同学的观点正确。

（3）这个温度计测量温度范围小，0 ℃ 以下就不能测量了；温度读数受大气压影响。

命题意图：让学生能从实际情境中抽象出合理的物理过程模型，能基于分析、推理获得结论，能对已有的装置提出问题或建议。

主要素养与水平：模型建构（Ⅳ）；科学思维（Ⅳ）；科学论证（Ⅳ）；质疑创新（Ⅱ）。