

第一章 分子动理论

1. 分子动理论的基本内容

1. 把铜块中的铜分子看成球形，且它们紧密排列，试估算铜分子的直径。铜的密度为 $8.9 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，铜的摩尔质量为 $6.4 \times 10^{-2} \text{kg/mol}$ 。

2. 标准状态下氧气分子间的平均距离是多少？氧气的摩尔质量为 $3.2 \times 10^{-2} \text{kg/mol}$ ， 1mol 气体处于标准状态时的体积为 $2.24 \times 10^{-2} \text{m}^3$ 。

3. 以下关于布朗运动的说法是否正确？说明理由。

(1) 布朗运动就是分子的无规则运动。

(2) 布朗运动证明，组成固体小颗粒的分子在做无规则运动。

(3) 向一锅水中撒一点胡椒粉，加热时发现水中的胡椒粉在翻滚。这说明温度越高布朗运动越剧烈。

(4) 在显微镜下可以观察到煤油中小粒灰尘的布朗运动，这说明煤油分子在做无规则运动。

4. 小张在显微镜下观察水中悬浮的细微粉笔末的运动。他把小颗粒每隔一定时间的位置记录在坐标纸上（图 1.1-8），于是得出结论：固体小颗粒的无规则运动证明水分子的运动是无规则的。小李不同意小张的结论，他认为：“小颗粒沿着笔直的折线运动，说明水分子在短时间内的运动是规则的，否则小颗粒怎么会沿直线运动？”对此，说说你的看法。

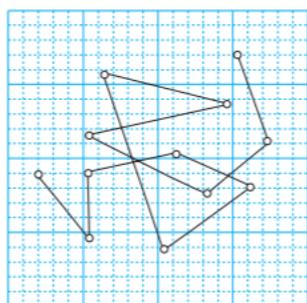


图 1.1-8

5. 请描述：当两个分子间距离由 r_0 逐渐增大，直至远大于 r_0 时，分子间的作用力表现为引力还是斥力？当两个分子间距离由 r_0 逐渐减小，分子间的作用力表现为引力还是斥力？

2. 实验：用油膜法估测油酸分子的大小

1. 把一片很薄的均匀塑料薄膜放在盐水中，调节盐水的密度，使薄膜能在盐水中悬浮，此时盐水的密度为 $1.2 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 。用天平测出尺寸为 $10 \text{cm} \times 20 \text{cm}$ 的这种塑料薄膜的质量是 36g ，请计算薄膜的厚度。

2. “用油膜法估测油酸分子的大小”实验，有两个非常巧妙的设计，请你借鉴这两个设计思路，完成以下实验：（1）现需要在烧杯中倒入 0.01g 食盐供以后做实验用，但现有的电子秤最小只能称 1g 的质量，怎么办？请定量地具体说明操作的步骤。（2）有一小捆粗细均匀的细铁丝，要较精确地测量细铁丝的横截面积，你认为应该怎样测量？说出所需的器材和测量方法。

3. 在做“用油膜法估测油酸分子的大小”实验时，每 10^3mL 油酸酒精溶液中有纯油酸 1mL 。用注射器测得 58 滴这样的溶液为 1mL 。把 1 滴这样的溶液滴入盛水的浅盘里，等油膜形状稳

定后，把玻璃板盖在浅盘上并描画出油膜的轮廓，如图 1.2-4 所示。图中正方形小方格的边长为 1cm。(1) 1 滴油酸酒精溶液中含有的纯油酸的体积是多少？(2) 油膜的面积是多少？(3) 按以上数据，估算油酸分子的大小。

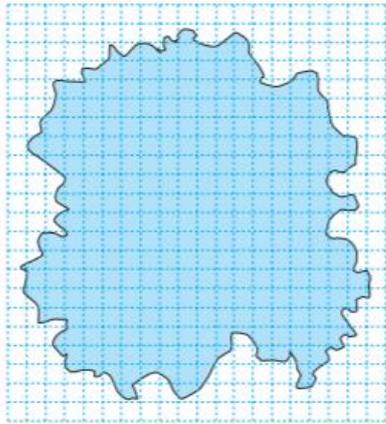


图 1.2-4

3. 分子运动速率分布规律

1. 从宏观上看，一定质量的气体体积不变仅温度升高或温度不变仅体积减小都会使压强增大。从微观上看，这两种情况有没有区别？

2. 体积都是 1L 的两个容器，装着质量相等的氧气，其中一个容器内的温度是 0°C ，另一个容器的温度是 100°C 。请说明：这两个容器中关于氧分子运动速率分布的特点有哪些相同？有哪些不同？

3. 有甲、乙、丙、丁四瓶氢气。甲的体积为 V ，质量为 m ，温度为 t ，压强为 p 。乙、丙、丁的体积、质量、温度如下所述。

(1) 乙的体积大于 V ，质量、温度和甲相同。

(2) 丙的温度高于 t ，体积、质量和甲相同。

(3) 丁的质量大于 m 、温度高于 t ，体积和甲相同。试问：乙、丙、丁的压强是大于 p 还是小于 p ？或等于 p ？请用气体压强的微观解释来说明。

4. 我们知道，大量随机事件的整体将表现出一定的规律性。例如，某一区域各辆共享单车的行驶方向是随机事件，但大量随机事件的统计结果就能显示出一定的规律。某人想利用共享单车的大数据为本市规划的几条公交线路提供设计思路。图 1.3-5 显示了共享单车停放位置的分布图，共享单车的数据系统中也能记录用户每次使用共享单车的时间、路程等信息（图 1.3-6）。据此可以统计“在某区域、某时段沿不同道路骑行的人数”“在某区域、某时段沿某道路骑行超过 1km、2km、3km 的人数”等。你认为还可以统计哪些对规划公交线路有价值的统计数据？请说出利用这些统计数据的思路。



图 1.3-5



图 1.3-6

4. 分子动能和分子势能

1. 在一个密闭容器内有一滴 15°C 的水，过一段时间后，水滴蒸发变成了水蒸气，温度还是 15°C 。它的内能是否发生了变化？为什么？
2. 在一个真空的钟罩中，用不导热的细线悬吊一个铁块，中午时铁块的温度是 28°C ，晚上铁块的温度是 23°C 。铁块的内能是否发生了变化？为什么？
3. 有人说：“在高速列车的速度由小变大的过程中，列车上所有物体的动能都在增大，组成这些物体的分子的平均动能也在增大。既然温度是分子平均动能的标志，因此在这个过程中列车上物体的温度是在升高的，只是升高得并不大，我们感觉不到而已。”你说对吗？为什么？
4. 有人说：“当我们把一个物体举高时，组成物体的每个分子的重力都做了负功，因此分子势能增大，这就导致物体的内能增大，我们举起物体所做的功，就等于物体内能的增加量。”你说对吗？为什么？

复习与提高 A 组

1. 为什么说任何物体都具有内能？物体的体积不变，温度升高时，它的内能怎样变化？
2. 当分子间距离为 r_0 时，分子间的作用力为 0。分析当分子间的距离从 $0.9r_0$ 增大到 $10r_0$ 的过程中，分子间的作用力及分子势能的大小是如何变化的？
3. 钻石是首饰和高强度的钻头、刻刀等工具中的主要材料。设钻石的密度为 ρ ，摩尔质量为 M ，阿伏加德罗常数为 N_A ，请写出质量为 m 的钻石所含有的分子数，推导钻石分子直径的表达式（计算时可认为组成钻石的分子是一个紧挨着一个小球）。
4. 气体分子间的空隙很大，可将单个气体分子平均占有的空间看作以下模型：将气体所占的整个空间分成若干个小立方体，气体分子位于每个小立方体的中心，小立方体的边长为相邻气体分子间的平均距离。请按这种模型，估算气体在标准状态下分子间的平均距离。

复习与提高 B 组

1. 地球到月球的平均距离为 $3.8 \times 10^5 \text{ km}$ 。已知铁的摩尔质量为 $5.6 \times 10^{-2} \text{ kg/mol}$ ，密度为 $7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。若把铁分子一个紧挨一个地单列排起来，筑成从地球通往月球的“分子大道”。求：
 - (1) 这条“分子大道”共需多少个铁分子？

(2) 这条“分子大道”的质量为多少？

2. 甲、乙、丙三位同学分别在三个实验小组做“用油膜法估测油酸分子的大小”实验，但都发生了操作错误。甲在配制油酸酒精溶液时，不小心把酒精倒多了一点，导致油酸酒精溶液的实际浓度比计算值小一些。乙在计算注射器滴出的每一滴油酸酒精溶液体积后，不小心拿错了一个注射器把溶液滴在水面上，这个拿错的注射器的针管比原来的粗，每滴油酸酒精溶液的体积比原来的大。丙在计算油膜面积时，把凡是半格左右的油膜都算成了一格，导致计算的面积比实际面积大一些。请分析：这三位同学的操作错误会导致实验测得的油酸分子直径偏大还是偏小？说明道理。
3. 全班每人都把 4 枚硬币握在手中，在桌面上随意投掷 10 次，统计 10 次投掷中有 0, 1, 2, 3, 4 枚硬币正面朝上的次数，并将所得数据按下表的要求记录下来。你发现有什么规律？

统计对象	统计项目				
	总共投掷的次数	4 枚硬币中正面朝上的硬币枚数			
		0	1	2	3
我的实验数据					
我所在小组 (3~4 人一组) 的数据					
我所在大组 (按座位划分) 的数据					
全班的数据					

第二章 气体、固体和液体

1. 温度和温标

1. “在测定某金属块的比热容时，先把质量 已知的金属块放在沸水中加热。经过一段时间 后把它迅速放入质量已知、温度已知的水中，并用温度计测量水的温度。当水温不再上升时，这就是金属块与水的共同温度。根据实验数据 就可以计算金属块的比热容。”在这样的叙述中， 哪个地方涉及了“热平衡”的概念？
2. 天气预报某地某日的最高气温是 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，它是多少开尔文？进行低温物理的研究时，热力学温度是 2.5 K ，它是多少摄氏度？
3. 已知某物理量 X 与热力学温度 T 成正比，请把这个关系式用等式表示出来。现在用摄氏温度 t 来表示温度，这个关系式又该怎么写？分别画出 $X-T$ 图像和 $X-t$ 图像的草图。
4. 图 2.1-5 甲表示某金属丝的电阻 R 随摄氏温度 t 变化的情况。把这段金属丝与电池、电流表串联起来 (图 2.1-5 乙)，用这段金属丝 做测温探头，把电流表的电流刻度改为相应的 温度刻度，就得到了一个简单的电阻温度计。请判断：如果电池的电动势和内阻都是不变的， 电流表上代表 t_1 、 t_2 的两点，哪个应该标在电 流比较大的刻度上？

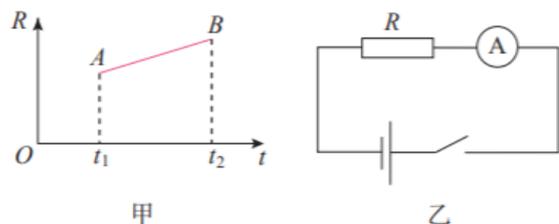


图 2.1-5

2. 气体的等温变化

1. 在做“探究气体等温变化的规律”的实验中，实验小组记录了一系列数据。但是，仅就以下表中的两组数据来看，小王和小李却有完全不同的看法：小王认为，这两组数据很好地体现了 p 跟 V 成反比的规律，因为两组数据 p 和 V 的乘积几乎相等；小李却认为，如果把这两组数据在纵坐标轴为 p 、横坐标轴为 V 的坐标系中描点，这两点连线的延长线将不经过坐标原点，因此这两组数据没有反映 p 跟 V 成反比的规律。对此你有什么看法？

序号	均匀玻璃管内空气柱的长度 l/cm	空气柱的压强 $p/10^5 \text{ Pa}$
1	39.8	1.024
2	40.3	0.998
...

2. 一定质量的气体，不同温度下的等温线是不同的。图 2.2-5 中的两条等温线，哪条等温线表示的是温度比较高时的情形？请你尝试给出判断，并说明理由。

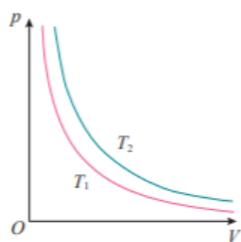


图 2.2-5

3. 一个足球的容积是 2.5L。用打气筒给这个足球打气，每打一次都把体积为 125mL、压强与大气压相同的气体打进足球内。如果在打气前足球就已经是球形并且里面的压强与大气压相同，打了 20 次后足球内部空气的压强是大气压的多少倍？你在得出结论时考虑到了什么前提？实际打气时的情况能够满足你的前提吗？

4. 水银气压计中混入了一个气泡，上升到水银柱的上方，使水银柱上方不再是真空。当实际大气压相当于 768mm 高的水银柱产生的压强时，这个水银气压计的读数只有 750mm，此时管中的水银面到管顶的距离为 80mm。当这个气压计的读数为 740mm 水银柱时，实际的大气压相当于多高水银柱产生的压强？设温度保持不变。

3. 气体的等压变化和等容变化

例题某种气体的压强为 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，体积为 1 m^3 ，温度为 200 K 。它经过等温过程后体积变为 2 m^3 。随后，又经过等容过程，温度变为 300 K ，求此时气体的压强。

1. 盛有氧气的钢瓶，在 17°C 的室内测得钢瓶内的压强是 $9.31 \times 10^6 \text{ Pa}$ 。当钢瓶搬到 -13°C 的工地上时，瓶内的压强变为 $8.15 \times 10^6 \text{ Pa}$ 。钢瓶是不是漏气？为什么？

2. “拔火罐”是我国传统医学的一种治疗手段。操作时，医生用点燃的酒精棉球加热一个小罐内的空气，随后迅速把小罐倒扣在需要治疗的部位，冷却后小罐便紧贴在皮肤上（图 2.3-4）。设加热后小罐内的空气温度为 80°C ，当时的室温为 20°C ，大气压为标准大气压，小罐开口部位的直径请按照照片中的情境估计。当罐内空气变为室温时，小罐对皮肤的压力大概有多大？不考虑因皮肤被吸入罐内导致空气体积变化的影响。



图 2.3-4

3.如图 2.3-5, 向一个空的铝制饮料罐中插入一根透明吸管, 接口用蜡密封, 在吸管内引入一小段油柱 (长度可以忽略)。如果不计大气压的变化, 这就是一个简易的气温计。已知罐的容积是 360cm^3 , 吸管内部粗细均匀, 横截面积为 0.2cm^2 , 吸管的有效长度为 20cm , 当温度为 25°C 时, 油柱离管口 10cm 。若给吸管上标刻温度值, 刻度是否均匀? 试估算这个气温计的测量范围。



图 2.3-5

4.一个容器内部呈不规则形状, 为测量它的容积, 在容器上插入一根两端开口的玻璃管, 接口用蜡密封。玻璃管内部横截面积为 S , 管内一静止水银柱封闭着长度为 l_1 的空气柱, 如图 2.3-6, 此时外界的温度为 T_1 。现把容器浸在温度为 T_2 的热水中, 水银柱静止时下方的空气柱长度变为 l_2 。实验过程中认为大气压没有变化, 请根据以上数据推导容器容积的表达式。



图 2.3-6

4. 固体

1.某人为了检验一块薄片物质是否为晶体, 做了一个实验。他以薄片的正中央 O 为坐标原点, 建立 Oxy 平面直角坐标系, 在两个坐标轴上分别取两点 x_1 和 y_1 , 使 x_1 和 y_1 到 O 点的距离相等。在 x_1 和 y_1 上分别固定一个测温元件, 再把一个针状热源放在 O 点, 发现 x_1 点和 y_1 点的温度在缓慢升高, 但两点温度的高低没有差异。于是得出结论: 这块薄片是非晶体。请说明: 以上结论科学吗? 为什么?

2.食盐晶体的结构可以用钠离子和氯离子空间分布的示意图表示 (图 2.4-8), 图中相邻离子的中心用线连起来了, 组成了一个大小相等的立方体。现在要估算相邻两个钠离子中心的距离, 除了知道食盐的密度 ρ 为 $2.17 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 外, 还要知道哪些数据? 请用字母表示这些已知数据, 推导出相邻两个钠离子中心距离的表达式。提示: 图中最小立方体的个数与离子数目相等。

3.内陆盐矿中开采的氯化钠称为岩盐, 岩盐的颗粒很大, 我们能清楚地看出它的立方体形状。

把大颗粒的岩盐敲碎后，小颗粒的岩盐仍然呈立方体形状。图 2.4-13 表示了岩盐晶体的平面结构：粉红点为氯离子，灰点为钠离子，如果把它们用直线连起来，将构成一系列大小相同的正方形，作分界线 AA_1 ，使它平行于正方形的对角线，作分界线 BB_1 ，使它平行于正方形的一边。在两线的左侧各取一个钠离子 M 和 N ，为了比较这两个钠离子所受分界线另一侧的离子对它作用力的大小，分别以 M 、 N 为圆心，作两个相同的扇形，不考虑扇形以外远处离子的作用。

(1) 如果 F 表示两个相邻离子之间引力的大小，问： M 、 N 所受扇形范围内的正负离子对它作用力的合力是 F 的多少倍？为使问题简化，设所有离子都是质点，而且它们之间的相互作用遵从“平方反比”规律。

(2) 根据计算结果解释：为什么敲碎的岩盐总是呈立方形状，而不会沿图中 AA_1 分界线断开？提示：实际晶体中的作用力要复杂得多，但这里的分析对理解自然现象还是有用的。

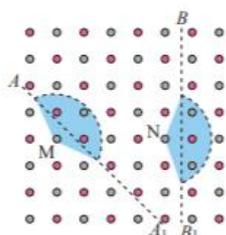


图 2.4-13 岩盐晶体的平面结构

5. 液体

1. 把玻璃管的裂口放在火焰上烧熔，它的尖端就会变钝（图 2.5-12）。这是什么缘故？



图 2.5-12

2. 在玻璃的蒸发皿中，较小的水银滴接近球形，较大的水银滴呈扁平形（图 2.5-13）。那么，在处于失重状态的宇宙飞船中，一大滴水银会呈什么形状？

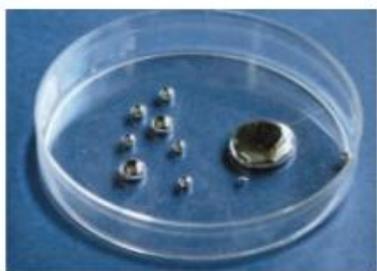


图 2.5-13

3. 把一枚缝衣针在手上蹭一蹭，然后放到一张餐巾纸上。用手把餐巾纸轻放在水面上。餐巾纸浸湿下沉，而缝衣针会停在水面。把针按入水下，针就不再浮起。做这个实验，并解释上述现象。

4. 要想把凝固在衣料上的蜡迹去掉，可以把两层棉纸分别放在蜡迹处衣服的上面和下面，然

后用热熨斗在棉纸上来回烫熨。为什么这样做可以去掉衣料上的蜡迹？

5.若你和家人要外出度假一段时间，家里的盆栽又需要时常浇少量的水。你能否利用毛细现象设计一种自动浇水装置呢？请绘制一个设计图。

6.在一次小发明讨论会上，某同学有一个创意。他发现厨房碗柜里酱油瓶的下面总是有黑乎乎的酱油痕迹，这是由于每次倒酱油的时候总会有一些酱油沿着瓶口流淌下来并渗透所造成的。他想，只要选择恰当的材料做酱油瓶的瓶口，就能保持瓶子清洁。于是，他把酱油分别滴在不同的材料上进行实验。请观察图 2.5-14，为实现上述目的，你认为应该选择哪一种材料？请解释这项创意的道理。



图 2.5-14

复习与提高 A 组

1.在完全失重的情况下气体对器壁是否还有压强？为什么？请设计实验验证你的猜想。

2.如图 2-1，某自动洗衣机洗衣缸的下部与一控水装置的竖直均匀细管相通，细管的上部封闭，并和一压力传感器相接。洗衣缸进水时，细管中的空气被水封闭，随着洗衣缸中水面的升高，细管中的空气被压缩，当细管中空气压强达到一定数值时，压力传感器使进水阀门关闭，达到自动控水的目的。假设刚进水时细管被封闭的空气柱长度为 50cm，当空气柱被压缩到 48cm 时压力传感器使洗衣机停止进水，此时洗衣缸内水位有多高？大气压取 105Pa， g 取 10m/s^2 。

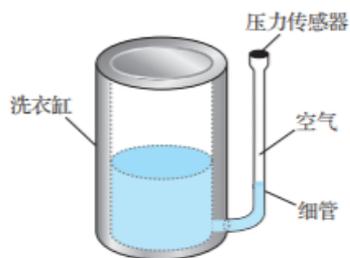


图 2-1

3.今有一质量为 m 的汽缸，用活塞封着一定质量的理想气体，当汽缸水平横放时，汽缸内空气柱长为 l_0 （如图 2-2 甲所示），现把活塞按如图乙那样悬挂，汽缸悬在空中保持静止。

求此时汽缸内空气柱长度为多少？已知大气压强为 p_0 ，活塞的横截面积为 S ，它与汽缸之间无摩擦且不漏气，气体温度保持不变。

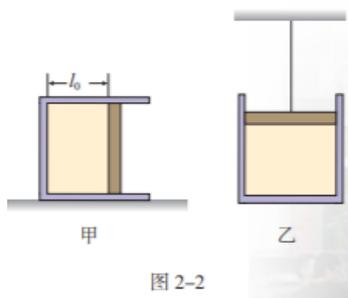


图 2-2

4. 一定质量的理想气体由状态 A 经状态 B 变为状态 C ，其中 $A \rightarrow B$ 过程为等压变化， $B \rightarrow C$ 过程为等容变化。已知状态 A 的体积 V_A 为 0.3m^3 ，状态 A 的温度 T_A 与状态 C 的温度 T_C 相同，都为 300K ，状态 B 的温度 T_B 为 400K 。

- (1) 求气体在状态 B 时的体积。
- (2) 说明 $B \rightarrow C$ 过程压强变化的微观原因。

5. 有一教室，上午 8 时温度为 17°C ，下午 2 时的温度为 27°C ，假定大气压强无变化，则下午 2 时与上午 8 时教室内的空气质量的比值为多大？

6. 在一次科学晚会上，胡老师表演了一个“马德堡半球实验”。他先取出两个在碗底各焊接了铁钩的不锈钢碗，在一个碗里烧了一些纸，然后迅速把另一个碗扣上，再在碗的外面浇水，使其冷却到环境温度。用两段绳子分别钩着铁钩朝相反的方向拉，试图把两个碗拉开（图 2-3）。当两边的人各增加到 5 人时，才把碗拉开。已知碗口的直径为 20cm ，环境温度为 15°C ，实验过程中碗不变形，也不漏气，设每人平均用力为 200N 。请你估算一下，两个不锈钢碗刚被扣上时，里面空气的温度是多少？



图 2-3

7. 如图 2-4 所示，一定质量的理想气体从状态 A 开始，经历两个状态变化过程，先后到达状态 B 和 C 。已知状态 A 的温度 T_A 为 300K ，求状态 C 的温度。

8. 菜农在一种蔬菜完全收割之后往往会将地翻松，在适合的时节再种植新的蔬菜。据菜农说，翻松的土层可以防止土壤中的水分散失，这是什么道理？

复习与提高 B 组

1. 有人设计了一种测温装置，其结构如图 2-5 所示。玻璃泡 A 内封有一定量气体，与 A 相连的 B 管插在水银槽中，管内水银面的高度 x 即可反映泡内气体的温度，即环境温度，并可由 B 管上的刻度直接读出。设 B 管的体积与 A 泡的体积相比可略去不计。

(1) 在标准大气压下对 B 管进行温度刻度（标准大气压相当于 76cm 高的水银柱所产生的压强）。当温度 t_1 为 27°C 时，管内水银面高度为 16cm ，此高度即为 27°C 的刻度线。问 t 为 -3°C 的刻度线在 x 为多少厘米处？

(2) 如果对以上 B 管标注 27°C 刻度线时，环境真实压强比标准大气压小（例如在高山上的实

验), 但实验者当成了标准大气压来设计。若此温度计显示为“ -3°C ”, 则显示温度比实际温度高还是低? 为什么? 认为环境大气压没有随温度变化。

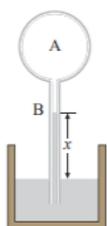


图 2-5

2. 超市中有一种“强力吸盘挂钩”如图 2-6 所示。图 2-7 是它的工作原理示意图。使用时, 按住锁扣把吸盘紧压在墙上(图 2-7 甲), 吸盘中的空气被挤出一部分。然后要把锁扣扳下(图 2-7 乙), 让锁扣以盘盖为依托把吸盘向外拉出。在拉起吸盘的同时, 锁扣对盘盖施加压力, 致使盘盖以很大的压力压住吸盘。为什么锁扣扳下后, 盘盖对吸盘会产生很大的压力?



图 2-6

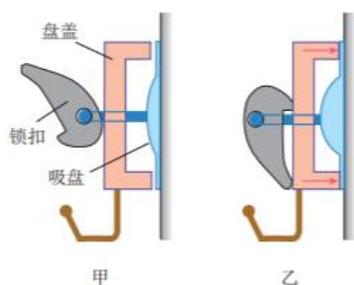


图 2-7

3. 为了测量一些形状不规则而又不便浸入液体的固体体积, 可用图 2-8 所示的装置测量。操作步骤和实验数据如下。a. 打开阀门 K , 使管 A 、容器 C 、容器 B 和大气相通。上下移动 D , 使左侧水银面到达刻度 n 的位置; b. 关闭 K , 向上举 D , 使左侧水银面达到刻度 m 的位置。这时测得两管水银面高度差为 19.0cm ; c. 打开 K , 把被测固体放入 C 中, 上下移动 D , 使左侧水银面重新到达位置 n , 然后关闭 K ; d. 向上举 D , 使左侧水银面重新到达刻度 m 处, 这时测得两管水银面高度差为 20.6cm 。已知容器 C 和管 A 的总体积为 1000cm^3 , 求被测固体的体积。

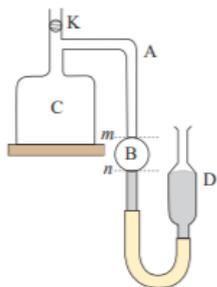


图 2-8

4. 汽车行驶时轮胎的胎压太高或太低容易造成安全隐患。已知某型号轮胎能在 $-40\sim 100^{\circ}\text{C}$ 温度下正常工作，为使轮胎在此温度范围内工作时的最高胎压不超过 $3.535\times 10^5\text{Pa}$ ，最低胎压不低于 $1.616\times 10^5\text{Pa}$ 。设轮胎容积不变，若在温度 t 为 20°C 时给该轮胎充气，充气后的胎压在什么范围内比较合适？

5. 图 2-9 是一定质量的理想气体由状态 A 经过状态 B 变为状态 C 的 $V-T$ 图像。已知气体在状态 A 时的压强是 $1.5\times 10^5\text{Pa}$ 。请你建立一个坐标系，并在该坐标系中，作出气体由状态 A 经过 B 变为 C 的 $p-T$ 图像，并标出 A 、 B 、 C 的坐标值。

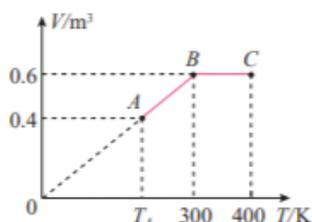


图 2-9

6. 细长玻璃管用长 l_0 为 6.8cm 的水银柱封闭一定质量的空气。当玻璃管开口向下竖直放置时，空气柱长度 l_1 为 33cm ；当玻璃管水平放置时，空气柱长度 l_2 为 30cm 。求玻璃管开口向上竖直放置时空气柱的长度。

7. 把上端 A 封闭、下端 B 开口的玻璃管插入水中。放掉适当的空气后放手，让玻璃管竖直地浮在水中， A 端露出在水面上，如图 2-10 所示。现将玻璃管往下压一点，放手后玻璃管会返回原来的平衡位置，请解释发生这种现象的原因。

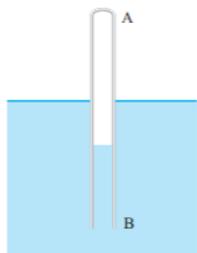


图 2-10

第三章 热力学定律

1. 功、热和内能的改变

1. 在图 3.1-1 和图 3.1-2 所示焦耳的两个实验中，各是什么形式的能转化为系统的内能？



图 3.1-1 焦耳的实验装置

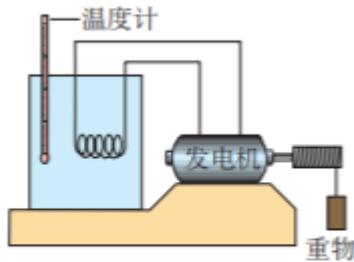
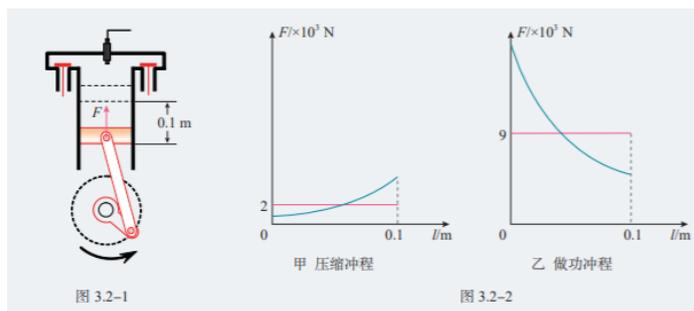


图 3.1-2 与焦耳实验原理相同的实验装置示意图

- 下列事件中，物体的内能怎样改变？（固体和液体的热膨胀很小，可不予考虑）（1）壶里的水被加热而温度升高。（2）一条烧红的铁棒逐渐冷却下来。
- 气体在绝热膨胀时它的温度会怎样变化？气体在绝热压缩时它的温度会怎样变化？为什么会发生这样的变化？请分别举一个绝热膨胀和绝热压缩时温度变化的实例。
- 铅弹以 200m/s 的速度射入木块后停在木块中，木块没有移动。若增加的内能的 80% 使铅弹的温度升高，铅弹的温度升高了多少？铅的比热容 c 为 $1.3 \times 10^2 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

2. 热力学第一定律

【例题】如图 3.2-1，一台四冲程内燃机，活塞在压缩冲程某段时间内移动的距离为 0.1m ，这段过程活塞对气体的压力逐渐增大，其做的功相当于 $2 \times 10^3 \text{J}$ 的恒力使活塞移动相同距离所做的功（图 3.2-2 甲）。内燃机工作时汽缸温度高于环境温度，该过程中压缩气体传递给汽缸的热量为 25J 。（1）求上述压缩过程中气体内能的变化量。（2）燃烧后的高压气体对活塞做功，气体推动活塞移动 0.1m ，其做的功相当于 $9 \times 10^3 \text{J}$ 的恒力使活塞移动相同距离所做的功（图 3.2-2 乙），该做功过程气体传递给汽缸的热量为 30J ，求此做功过程气体内能的变化量。



- 用活塞压缩汽缸里的空气，对空气做了 900J 的功，同时汽缸向外散热 210J ，汽缸里空气

的内能改变了多少？

2.如图 3.2-4,在汽缸内活塞左边封闭着一定量的空气,压强与大气压相同。把汽缸和活塞固定,使汽缸内空气升高一定的温度,空气吸收的热量为 Q_1 。如果让活塞可以自由滑动(活塞与汽缸间无摩擦、不漏气),也使汽缸内空气温度升高相同温度,其吸收的热量为 Q_2 。(1) Q_1 和 Q_2 哪个大些?

(2) 气体在定容下的比热容与在定压下的比热容为什么会有不同?

3.某风景区有一处约 20 层楼高的瀑布,甚为壮观。请估计:瀑布上、下水潭的水温因瀑布的机械能转化成内能而相差多少?水的比热容 c 为 $4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

4.奶牛的心脏停止跳动后,大约在 1h 内体温由 37.0°C 降低到 33.5°C 。请你由此估算,在这种环境下饲养奶牛,要维持一个体重 400kg 奶牛的内能不变,每天喂养奶牛的食物至少要能为它提供多少热量?计算时,可以认为奶牛体内绝大部分是水。水的比热容 c 为 $4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

3. 能量守恒定律

1.下面的设想符合能量守恒定律吗?请简述理由。

(1) 利用永久磁铁间的作用力,造一台永远转动的机械。

(2) 造一条没有动力系统的船在水面上行驶。

(3) 通过太阳照射飞机,使飞机不带燃料也能飞行。

2.有一瓶盛 500mL 的饮料罐,其标签上注有“180kJ/100mL”的能量参考值。请你估算这瓶饮料的能量相当于一个成年人爬多少层楼所做的功。

3.为测算太阳射到地面的辐射能,某校科技实验小组的同学把一个横截面积是 300cm^2 的矮圆筒的内壁涂黑,外壁用保温材料包裹,内装水 0.6kg。让阳光垂直圆筒口照射 2min 后,水的温度升高了 1°C 。请由此估算在阳光直射时地面上每平方米每分钟接收的太阳能量。水的比热容 c 为 $4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

4. 热力学第二定律

1.汽车行驶时,要消耗汽油。尽量详尽地说明:汽油燃烧时释放的化学能通过哪些途径最终转化成了周围环境的内能。

2.以下哪些现象能够发生、哪些不能发生?能够发生的现象是否违背热力学第二定律?(1)一杯热茶自然放置,茶会自动变得更热。(2)蒸汽机把蒸汽的内能全部转化成机械能。(3)桶中混浊的泥水在静置一段时间后,泥沙下沉,上面的水变清,泥、水自动分离。(4)电冰箱通电后把箱内低温物体的热量传到箱外高温物体。

3.一间密闭的房间里放置了一台电冰箱,为了使房间降温,有人出了一个主意,建议把冰箱接通电源,打开冰箱门,让冰箱的“冷气”进入房间中,房间就变冷了。这种方法可行吗?请说明道理。

复习与提高 A 组

1.远古时代,取火是一件困难的事,火一般产生于雷击或磷的自燃。随着人类文明的进步,出现了“钻木取火”的方法。其中的物理原理是什么?

2.冬天手冷的时候你有什么办法让手暖和起来?举出至少两种方法,并解释其中的物理原理。

3.如图 3-1, 一绝热容器被隔板 K 隔开成 A、B 两部分。已知 A 内有一定量的稀薄气体, B 内为真空。抽开隔板 K 后, A 内气体进入 B, 最终达到平衡状态。分析此过程中气体内能的变化情况。

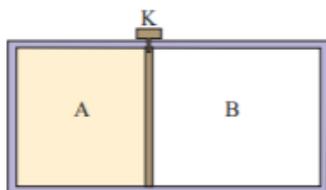


图 3-1

4.一个气泡从恒温水槽的底部缓慢向上浮起, 若不计气泡内空气分子个数和分子势能的变化, 在上浮过程中气泡的内能如何变化, 吸热还是放热?

5.如图 3-2, 固定汽缸内由活塞封闭一定质量的气体, 开始时活塞处于静止状态, 用电热丝对气体加热后活塞向左移动, 移动过程中活塞与汽缸的摩擦忽略不计, 且气体与外界环境没有热交换。试分析气体内能会如何变化。

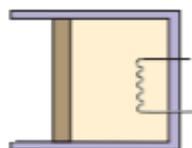


图 3-2

7.小李想估测燃气灶烧水时的效率。他在开水壶里装了 2.5L 的水, 测得烧水前的水温是 15°C , 水烧开后便停止加热。烧水前后燃气表的示数如图 3-3 所示。为了得出燃气灶烧水的效率, 他还要知道什么数据? 请用字母表示相关数据, 指出所用的单位, 列出计算效率的表达式。



图 3-3

复习与提高 B 组

1.根据热力学定律, 判断下列说法是否正确, 若不正确请说明理由。(1) 空调在制冷过程中, 从室内吸收的热量少于向室外放出的热量。(2) 海水降低温度可以放出大量的热量, 科技的不断进步使得人类有可能通过降低海水的温度来发电, 从而解决能源短缺的问题。(3) 即使没有漏气、摩擦、不必要的散热等损失, 热机也不可能把燃料产生的内能全部转化为机械能。

(4) 对能源的过度消耗使自然界的能量不断减少, 形成“能源危机”。

2.装着压缩气体的钢瓶, 打开阀门后会听到“哧——”的一声, 气体喷到外面。会不会有这样的现象: 外面的气体自发地进入钢瓶, 使瓶内的压强变大? 说出理由。

3.如图 3-4, 在竖直放置的圆柱形容器内用质量为 m 的活塞密封一部分气体, 活塞能无摩擦地滑动, 容器的横截面积为 S , 将整个装置放在大气压恒为 p_0 的空气中, 开始时气体的温度为 T_0 , 活塞与容器底的距离为 h_0 , 当气体从外界吸收热量 Q 后, 活塞缓慢上升 d 后再次平

衡。(1) 外界空气的温度是多少？(2) 在此过程中的密闭气体的内能增加了多少？

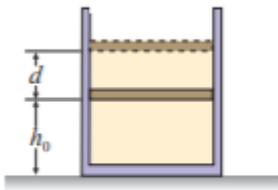


图 3-4

4. 如图 3-5, 一定质量的理想气体从状态 A 变化到状态 B, 已知在此过程中, 气体吸收了 300J 的热量, 则该过程中气体内能变化了多少?

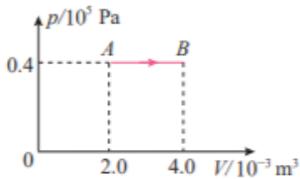


图 3-5

5. 如图 3-6, 内壁光滑的汽缸竖直放置在水平桌面上, 汽缸内封闭一定质量的气体。气体从状态 A (活塞在 A 处) 变为状态 B (活塞在 B 处) 时, 气体吸收热量 280J, 并对外做功 120J。

(1) 气体的内能改变多少? 是增加还是减少?

(2) 某人在上一问的基础上又接着提了后一个问题, 说: “有人使气体从上一问的 B 状态再回到 A 状态, 即回到原来 A 时的体积和温度, 气体放出的热量是 150J, 那么返回过程中气体对外做的功又是多少?” 请你对后一个问题进行评价。

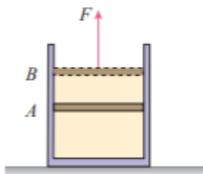


图 3-6

第四章 原子结构和波粒二象性

1. 普朗克黑体辐射理论

1. 可见光波长的大致范围是 400~760nm。400nm、760nm 电磁辐射的能量子 ϵ 的值是多少?

2. 在一杯开水中放入一支温度计, 可以看到开水的温度是逐渐降低的。根据能量量子化理论, 开水的能量是一份一份向外辐射的, 为什么它的温度不是一段一段地降低呢?

2. 光电效应

1. 在光电效应实验中, 如果入射光的波长确定而强度增加, 将产生什么结果? 如果入射光的频率增加, 将产生什么结果?

2. 金属 A 在一束绿光照射下恰能发生光电效应, 现用紫光或红光照射时, 能否发生光电效应? 紫光照射 A、B 两种金属都能发生光电效应时, 为什么逸出金属表面的光电子的最大速度大

小不同？

3. 铝的逸出功是 4.2eV ，现在将波长为 200nm 的光照射铝的表面。

- (1) 求光电子的最大初动能。
- (2) 求截止电压。
- (3) 求铝的截止频率。

4. 根据图 4.2-1 所示的电路，利用能够产生光电效应的两种（或多种）频率已知的光来进行实验，怎样测出普朗克常量？根据实验现象说明实验步骤和应该测量的物理量，写出根据本实验计算普朗克常量的关系式。

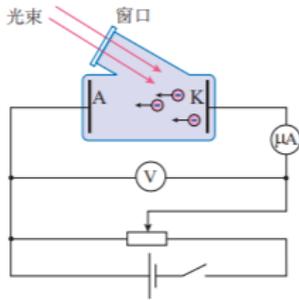


图 4.2-1 研究光电效应的电路图

5. 在日常生活中，我们不会注意到光是由光子构成的，这是因为普朗克常量很小，每个光子的能量很小，而我们观察到的光学现象中涉及大量的光子。如果白炽灯消耗的电功率有 15% 产生可见光，试估算 60W 的白炽灯泡 1s 内发出可见光光子数的数量级。

3. 原子的核式结构模型

1. 加在阴极射线管内两个电极之间的电压为 $4 \times 10^3\text{V}$ ，如果电子离开阴极表面时的速度为 0，试求电子到达阳极时的速度。

2. 一个半径为 $1.6 \times 10^{-4}\text{cm}$ 的带负电的油滴，在电场强度为 1.92V/m 、方向竖直向下的匀强电场中，如果油滴受到的库仑力恰好与重力平衡，问：这个油滴带有几个电子的电荷？已知油的密度为 $0.851 \times 10^3\text{kg/m}^3$ 。

3. 一种测定电子比荷的实验装置如图 4.3-5 所示。真空玻璃管内阴极 K 发出的电子经阳极 A 与阴极 K 之间的高压加速后，形成一细束电子流，以平行于平板电容器极板的速度进入两极板 C 、 D 间的区域，若两极板 C 、 D 间无电压，电子将打在荧光屏上的 O 点，若在两极板间施加电压 U ，则离开极板区域的电子将打在荧光屏上的 P 点；若再在极板间施加一个方向垂直于纸面向外、磁感应强度为 B 的匀强磁场，则电子在荧光屏上产生的光点又回到 O 点。已知极板的长度为 5.00cm ， C 、 D 间的距离为 1.50cm ，极板区的中点 M 到荧光屏中点 O 的距离为 12.50cm ，电压 U 为 200V ，磁感应强度 B 为 $6.3 \times 10^{-4}\text{T}$ ， P 点到 O 点的距离 y 为 3.00cm 。试求电子的比荷。

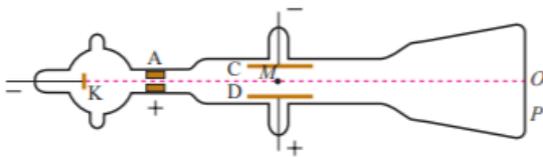


图 4.3-5

4. 卢瑟福提出的原子结构的模型是怎样的？他提出这种模型的依据是什么？

5. 按照原子的核式结构模型的比例，假如原子核有绿豆那么大，那么整个原子有多大？

6. α 粒子散射实验用的是金箔等重金属箔，而没有用轻金属箔，例如铝箔。除了金的延展性好，可以把金箔做得非常薄这个原因以外，你认为还有什么原因？

4. 氢原子光谱和玻尔的原子模型

1. 什么是线状谱，什么是连续谱？原子的发射光谱是怎样的光谱？不同原子的发射光谱是否有可能相同？
2. 参考图 4.4-6，用玻尔理论解释，当巴耳末公式 $n=5$ 时计算出的氢原子光谱的谱线，是哪两个能级之间的跃迁造成的？

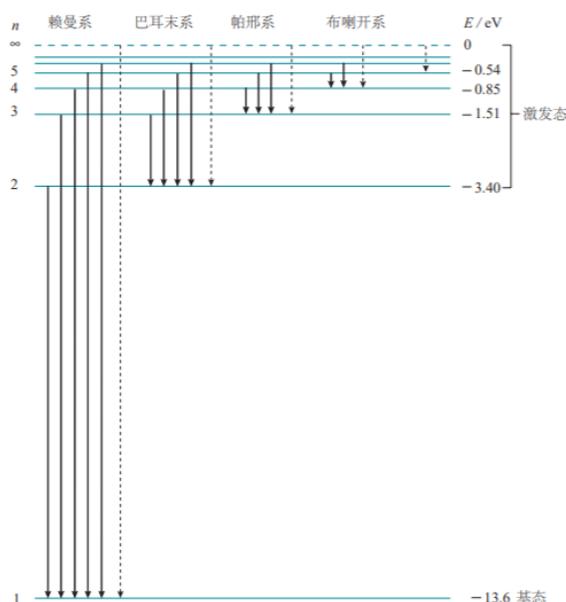


图 4.4-6 氢原子能级图

3. 根据巴耳末公式，指出氢原子光谱在可见光范围内波长最长的前两条谱线所对应的 n ，它们的波长各是多少？氢原子光谱有什么特点？
4. 如果大量氢原子处在 $n=3$ 的能级，会辐射出几种频率的光？其中波长最短的光是在哪两个能级之间跃迁时发出的？
5. 请用玻尔理论解释：为什么原子的发射光谱都是一些分立的亮线？
6. 要使处于 $n=2$ 的激发态的氢原子电离，它需要吸收的能量为多大？
7. 包含各种波长的复合光，被原子吸收了某些波长的光子后，连续光谱中这些波长的位置上便出现了暗线，这样的光谱叫作吸收光谱。请用玻尔理论解释：为什么各种原子吸收光谱中的每一条暗线都跟这种原子的发射光谱中的一条亮线相对应？

5. 粒子的波动性和量子力学的建立

1. 我们根据什么说光具有波粒二象性？
2. 一个电子和一个质子具有同样的动能时，它们的德布罗意波长哪个大？
3. 射击运动员射击时会因为子弹的波动性而“失准”吗？为什么？根据现实情况下子弹质量、速度的大小所对应的德布罗意波长来做定性说明。

复习与提高 A 组

1. 在光电效应实验中, 小明用同一光电管在不同实验条件下得到了三条光电流与电压之间的关系曲线 (甲、乙、丙), 如图 4-1 所示。回答下面问题, 并说明理由。

- (1) 甲、乙两种光的频率, 哪个大?
- (2) 乙、丙两种光的波长, 哪个大?
- (3) 乙、丙两种光所对应的截止频率, 哪个大?
- (4) 甲、丙两种光所产生光电子的最大初动能, 哪个大?

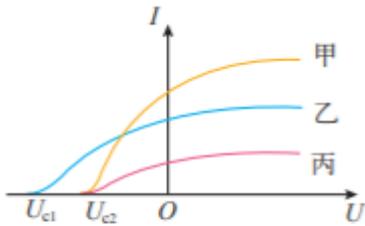


图 4-1

2. 一个电子与一个基态氢原子碰撞, 刚好使这个氢原子电离。这个电子的动能是多少?
3. 有些荧光物质在紫外线照射下会发出可见光, 大额钞票的荧光防伪标志就是一例。为什么任何物质都不会在红外线照射下发出可见光?
4. 估算运动员跑步时的德布罗意波长, 为什么我们观察不到运动员的波动性?
5. 钠光谱中两条黄色谱线的波长分别为 589.6nm 和 589.0nm。分别计算钠原子辐射这两种波长的光时核外电子跃迁前后的能级差。
6. 氢原子光谱中巴耳末系最小波长与最大波长之比为多少?
7. 图 4-2 是研究光电效应的实验装置, 某同学进行了如下操作。

- (1) 用频率为 ν_1 的光照射光电管, 此时电流表中有电流。调节滑动变阻器, 使微安表示数恰好变为 0, 记下此时电压表的示数 U_1 。
- (2) 用频率为 ν_2 的光照射光电管, 重复 (1) 中的步骤, 记下电压表的示数 U_2 。已知电子的电荷量为 e , 请根据以上实验, 推导普朗克常量实验测定值的计算式。

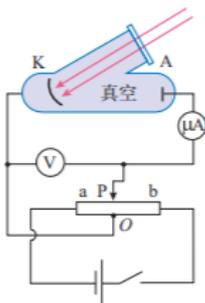


图 4-2

复习与提高 B 组

1. 用同一束单色光, 在同一条件下先后照射锌板和银板, 都能产生光电效应。在以上两次实验中, 对于下列四个物理量, 哪些是一定相同的? 哪些是可能相同的? 哪些是一定不同的?

- (1) 光子的能量。
- (2) 光电子的逸出功。
- (3) 光电子的动能。
- (4) 光电子的最大动能。

2.大量氢原子处于 $n=1, 2, 3, 4$ 的四个状态, 处于较高能级的原子可以向任意一个较低能级跃迁。这时我们可以观测到几种波长的光(包括不可见光)? 最短的波长是多少? 3.已知钠原子在 A、B、C、D、E 几个能级间跃迁时辐射的光的波长分别为: 589nm (B→A), 330nm (C→A), 285nm (D→A), 514nm (E→B)。试作出钠原子在这几个能量范围的能级图。作图时注意, 表示能级的横线间的距离和相应能级差成正比, 并在线旁以电子伏特为单位标出这个能级的值(设最高能级为 0)。

4.一个质子的动能是 10eV, 如果有一个电子的德布罗意波长和这个质子的德布罗意波长相等, 这个电子的动能是多少?

5.A、B 两种光子的能量之比为 2:1, 它们都能使某种金属发生光电效应, 且所产生的光电子最大初动能分别为 E_A 、 E_B 。求 A、B 两种光子的动量之比和该金属的逸出功。

6.人眼对绿光最为敏感, 如果每秒有 6 个绿光的光子射入瞳孔, 眼睛就能察觉。现有一个光源以 0.1W 的功率均匀地向各个方向发射波长为 530nm 的绿光, 眼睛最远在多大距离能够看到这个光源? 假设瞳孔在暗处的直径为 4mm, 且不计空气对光的吸收。

第五章原子核

1. 原子核的组成

1.有什么事实和理由可以说明放射性元素放出的射线来自原子核的内部? 天然放射现象的发现对物质微观结构的研究有什么意义?

2. α 射线、 β 射线和 γ 射线中哪种射线更像 X 射线? 为什么说 γ 射线是能量很高的电磁波, 它的波长就一定短?

3.一个验电器带正电, 因为空气干燥, 验电器金属箔的张角能维持很长的时间。现有一束 α 射线射向这个验电器上端的金属球, 验电器金属箔的张角将会怎样变化? 为什么?

4.当人们发现了质子, 并在很多原子核中打出了质子以后, 有什么理由可以认定原子核中一定还存在着另外不同种类的粒子?

5.用符号表示以下原子核, 并说出原子核的质子数、中子数。(1) α 粒子。(2) 质量数为 14 的碳原子核。(3) 电荷数为 8、质量数为 17 的氧原子核。(4) 质量数为 40 的钾原子核。(5) 电荷数为 86、核子数为 222 的氡原子核。

6.写出原子核中的中子数分别为 0、1、2 的三种氢的同位素符号。比较铀的三种同位素 $^{234}_{92}\text{U}$ 、 $^{235}_{92}\text{U}$ 、 $^{238}_{92}\text{U}$ 的异同。

2. 放射性元素的衰变

1. β 射线是高速电子流。原子核中没有电子, 为什么有些放射性元素的原子核会放出 β 粒子?

写出下列各放射性元素的 β 衰变方程。(1) $^{244}_{83}\text{Bi}$ (铋核)。(2) $^{210}_{84}\text{Po}$ (钋核)。

2.写出 $^{234}_{90}\text{Th}$ (钍核) 与 $^{66}_{29}\text{Cu}$ (铜核) 两种放射性元素的 α 衰变方程。 $^{238}_{92}\text{U}$ (铀核) 衰变为 $^{222}_{86}\text{Rn}$ (氡核) 要经过几次 α 衰变, 几次 β 衰变?

3.已知钍 234 的半衰期是 24d, 1g 钍 234 经过 120d 后还剩多少? 若已知铋 210 的半衰期是 5d, 经过多少天后, 20g 铋 210 还剩 1.25g?

4.原子核的人工转变与放射性元素的衰变有什么区别?

5.写出下列原子核人工转变的核反应方程。

(1) ${}_{11}^{23}\text{Na}$ (钠核) 俘获 1 个 α 粒子后放出 1 个质子。

(2) ${}_{13}^{27}\text{Al}$ (铝核) 俘获 1 个 α 粒子后放出 1 个中子。

(3) ${}_{8}^{16}\text{O}$ (氧核) 俘获 1 个中子后放出 1 个质子。

(4) ${}_{14}^{30}\text{Si}$ (硅核) 俘获 1 个质子后放出 1 个中子。

6. 完成下列核反应方程。

(1) ${}_{9}^{19}\text{F} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{1}^{1}\text{H} + ()$ 。

(2) ${}_{5}^{11}\text{B} + () \rightarrow {}_{0}^{1}\text{n} + {}_{7}^{14}\text{N}$ 。

(3) ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{0}^{1}\text{n} \rightarrow () + {}_{1}^{1}\text{H}$ 。

7. 存在射线危险的地方, 常能看到如图 5.2-9 所示的标志。你在什么地方见过这个标志? 为了保护人身安全, 在有这样的标志的场所, 应该注意什么?



图 5.2-9 国际通用的放射性标志

3. 核力与结合能

例题. 已知中子的质量 m_n 为 $1.6749 \times 10^{-27}\text{kg}$, 质子的质量 m_p 为 $1.6726 \times 10^{-27}\text{kg}$, 氦核的质量 m_D 为 $3.3436 \times 10^{-27}\text{kg}$, 求氦核的比结合能。

1. 从以下几个方面比较核反应与化学反应的相同和相异之处。

(1) 它们各自涉及四种基本相互作用中的哪一种?

(2) 每种反应分别改变了或重新安排了什么?

2. 为什么原子核的比结合能越大, 原子核越稳定?

3. 生活中, 我们常能看到物体的能量发生了变化, 为什么觉察不到物体质量发生的变化?

4. 原子物理中常把碳 12 原子质量的 $\frac{1}{12}$ 叫作“原子质量单位”, 用 1u 表示 ($1\text{u} = 1.6606 \times 10^{-27}\text{kg}$)。

请根据 $E=mc^2$ 证明: 1u 相当于 931.5MeV 的能量。已知光速 c 为 $2.9979 \times 10^8\text{m/s}$, 元电荷 e 为 $1.6022 \times 10^{-19}\text{C}$ 。

5. 印刷“两弹一星”这四个字的油墨的质量大约是 $1\mu\text{g}$ (10^{-9}kg)。与这些质量相当的能量如果完全用来增加重力势能, 它可以使一架本身质量 6000kg 、载有 60 名体重 50kg 学生的直升机升高多少?

6. 一个铀核衰变为钍核时释放一个 α 粒子。在这个衰变过程中释放的能量等于多少焦耳? 已知铀核的质量为 $3.853131 \times 10^{-25}\text{kg}$, 钍核的质量为 $3.786567 \times 10^{-25}\text{kg}$, α 粒子的质量为

$6.64672 \times 10^{-27} \text{kg}$ 。

4. 核裂变与核聚变

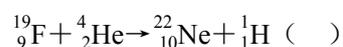
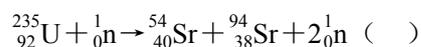
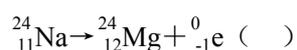
1. 什么是核裂变？什么是链式反应？
2. 在核反应堆中，用什么方法控制核裂变的速度？
3. 什么是核聚变？核聚变过程中的能量转化有什么特点？
4. 请分析：在地球上实现受控热核反应的必要性、可能性和困难是什么？
5. 在一个反应堆中用石墨做慢化剂使快中子减速。碳核的质量是中子的 12 倍，假设中子与碳核的每次碰撞都是弹性正碰，而且认为碰撞前碳核都是静止的。（1）设碰撞前中子的动能是 E_0 ，经过一次碰撞，中子失去的动能是多少？（2）至少经过多少次碰撞，中子的动能才能小于 $10^{-6}E_0$ ？
6. 秦山核电站第一期工程装机容量为 $3 \times 10^8 \text{W}$ 。如果 1g 铀 235 完全核裂变时产生的能量为 $8.2 \times 10^{10} \text{J}$ ，并且假定所产生的能量都变成了电能，那么每年要消耗多少铀 235？
7. 太阳的总输出功率为 $3.8 \times 10^{26} \text{W}$ ，它来自三种核反应，这些反应的最终结果是氢转变为氦 4He 。按照总输出功率计算，太阳每秒失去多少质量？

5. “基本”粒子

1. 请设计和绘制一个合理的表格，在表格中填入相关的内容，全面概括你对粒子分类的了解。
2. 查找华人科学家在粒子物理领域的成果和事迹，写一篇文章，并与同学交流。

复习与提高 A 组

1. 把铀矿石放在一只玻璃管内，过几天在管内发现了氦气。怎样解释这一现象？
2. 目前，我们学习过的核反应有 4 种类型：衰变、核裂变、核聚变和人工核转变。请在下列方程后的括号内填写正确的类型。



3. 一个 α 粒子融合到一个 168O 核中，写出这个核反应的方程式。这个反应式左右两边的原子核相比，哪边具有较多的结合能？
4. 在火星上太阳能电池板发电能力有限，因此科学家用放射性材料—— PuO_2 作为发电能源为火星车供电。 PuO_2 中的 Pu 元素是 ${}_{94}^{238}\text{Pu}$ 。

(1) 写出 ${}_{94}^{238}\text{Pu}$ 发生 α 衰变的核反应方程。

(2) ${}_{94}^{238}\text{Pu}$ 的半衰期是 87.7 年, 大约要经过多少年会有 87.5%的原子核发生衰变?

5. 已知 ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ 、 ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ 、 ${}_{2}^4\text{He}$ 的原子量分别是 226.0254、222.0175、4.0026。求出 ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ 在 α 衰变过程中放出的能量 (以电子伏特为单位)。

复习与提高 B 组

1. 钍 232 经过 6 次 α 衰变和 4 次 β 衰变后变成一种稳定的元素。这种元素是____, 它的质量数是____, 原子序数是____。

2. 某放射性元素经过 6d 后, 只剩下 81 没有衰变, 它的半衰期是多少天? 为估算某水库的库容, 可取一瓶无毒的该放射性元素的水溶液, 测得瓶内溶液每分钟衰变 8×10^7 次。现将这瓶溶液倒入水库, 8d 后在水库中取水样 1.0m^3 (可认为溶液已均匀分布), 测得水样每分钟衰变 20 次。请估算水库中水的体积。

3. 两个氦核结合成一个氦核, 已知氦核质量为 2.0141u, 氦核质量为 4.0026u。求出 1kg 氦完全结合成氦时可以释放出的能量。阿伏加德罗常数 N_A 为 $6.0 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$, $m_{\text{氦}}$ 为 $2\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, 1u 相当于 931.5MeV 的能量。

4. 钚的放射性同位素 ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ 静止时衰变为铀核激发态 ${}_{92}^{235}\text{U}^*$ 和 α 粒子, 而铀核激发态 ${}_{92}^{235}\text{U}^*$ 立即

衰变为铀核 ${}_{92}^{235}\text{U}$, 并放出能量为 0.097MeV 的 γ 光子。已知 ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ 的质量 m_{Pu} 为 239.0521u、

${}_{92}^{235}\text{U}$ 的质量 m_{U} 为 235.0439u 和 α 粒子的质量 m_{α} 为 4.0026u, 且 1u 相当于 931.5MeV 的能量。(1) 写出衰变方程。(2) 已知衰变放出的光子的动量可忽略, 求 α 粒子的动能。

5. 核电站利用核反应堆工作时释放出的热能使水汽化以推动汽轮发电机发电。请解答以下问题, 计算结果保留两位有效数字。

(1) 核反应堆中的“燃料”是 ${}_{92}^{235}\text{U}$, 请完成核反应方程式: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{90}^{90}\text{Sr} + {}_{54}^{144}\text{Xe} + 10{}_0^1\text{n}$

(2) 铀核的质量 m_{U} 为 235.0439u, 中子的质量 m_{n} 为 1.0087u, 锶 (Sr) 核的质量 m_{Sr} 为 89.9077u, 氙 (Xe) 核的质量 m_{Xe} 为 135.9072u, 1u 为 $1.66 \times 10^{-27}\text{kg}$, 浓缩铀中铀 235 的含量占 2%。求一座 100 万千瓦的核电站每年 ($t = 3.15 \times 10^7\text{s}$) 大约需要多少吨浓缩铀?