# 第八单元 固体、液体和气体

本单元主要由分子动理论、固体微观结构、材料科学的有关知识及其应用、液体表面张力、气体实验定律等内容组成.本单元的内容是热学的重要组成部分，是对初中阶段的分子动理论基本观点、物态变化、温度、压强等热学基础知识的进一步拓展。通过本单元的学习，学生学会从微观角度解释宏观的热现象规律，进一步形成宏观与微观结合的物质观念、运动与相互作用观念，为后面热力学定律、原子微观结构等内容的学习奠定基础。

本单元课程内容学习建议安排 12 课时。

## 一、教学要点

### 1．单元内容结构

用油膜法估测油

酸分子的大小

物质是由大量

分子组成的

状态参量

*V*、*t*(*T*)、*p*

玻意耳定律

*p*1*V*1 = *p*2*V*2

查理定律

=

盖–吕萨克定律

=

布朗运动

扩散现象

分子在做永

不停息的无

规则运动

分子之间同

时存在着引

力和斥力

分

子

动

理

论

气体分子速率分

布的统计规律

理想气体

液体表面张力

毛细现象

液晶

晶体和非晶体

材料科学及其应用

固体

液体

物

质

的

状

态

气体

微观解释

### 2．单元学习要求

本单元对应《2017 年版高中物理课标》选择性必修 3 的“固体、液体和气体”主题，下表中的“标引”与《2017 年版高中物理课标【内容要求】下的序号一致，“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求举例”是针对主要内容给出的表现性要求的示例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 具体要求举例 |
| 3.1.1 | 分子动理论 | **了解分子动理论**。能阐述分子动理论的基本观点及其相关实验证据；能说出分子大小的数量级；能举例说明分子间的作用力与分子间距离的关系。 |
| 用油膜法估测油酸分子的大小（学生实验） | **会“用油膜法估测油酸分子的大小”**。能简述实验目的、实验原理和器材；能说出实验方案中测量微观物理量的思想和方法，体会物理模型在间接测量方法中的作用；会操作形成单层分子油膜；会估测单层分子油膜的面积；能用实验数据计算分子直径；能撰写规范的实验报告。 |
| 3.1.2 | 扩散现象 | **了解扩散现象**。能举例说明扩散现象与温度有关；能从微观视角解释扩散现象产生的原因。 |
| 布朗运动 | **解释布朗运动**。能观察并描述布朗运动；能从微观视角解释布朗运动产生的原因；知道温度是分子热运动剧烈程度的标志。 |
| 分子运动速率 分布规律 | **了解分子运动速率分布规律**。能简述分子运动速率分布的统计规律；能说出分子运动速率分布图像的物理意义；能描述“伽尔顿板”实验，知道模拟实验在物理研究中的作用。 |
| 3.1.3 | 固体微观结构 | **了解固体的微观结构**。能说出晶体和非晶体的特点；能列举生活中晶体和非晶体的实例。 |
| 液晶 | **了解液晶**。能说出液晶的主要性质；能列举液晶在显示技术中的应用。 |
| 3.1.4 | 材料科学 | **了解材料科学**。能举例说明一些新材料在生产生活中的应用知道材料科学的发展对人类生活和社会发展的影响。 |
| 3.1.5 | 液体表面张力 | **了解液体表面张力**。能列举生活中液体表面张力现象的实例能解释表面张力产生的原因。 |
| 毛细现象 | **知道毛细现象**。能识别浸润与不浸润；能列举生活中毛细现象的实例。 |
| 3.1.6 | 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系（学生实验） | **会用 DIS“探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系”**。能简述实验目的、原理和器材；会操作使封闭气体进行等温变化会测量和记录封闭气体的压强和体积；能根据实验数据画出 *p* – *V* 图像，并能将其转换为 *p* – 1/*V* 图像；能得出实验结论；能撰写完整规范的实验报告。 |
| 气体实验定律 | **了解气体实验定律**。能简述气体状态的三个参量；能阐述气体实验定律的内容及其满足条件；能用图像描述气体等温、等容和等压过程；能用气体实验定律分析和解决实际问题；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；能说出热力学温度和摄氏温度的关系；能说出绝对零度的意义。 |
| 理想气体 | **知道理想气体**。能简述理想气体模型；能说出实际气体可看作理想气体的条件。 |

### 3．单元内容与核心素养

在本单元学习中，学生能运用气体实验定律分析和解决实际问题；经历用实验证实分子动理论基本观点，用分子动理论解释固体、液体和气体的微观结构及特点的过程，感受科学论证和推理的方法；经历“伽尔顿板”等实验的观察分析环节，感受统计学的研究方法；经历“用油膜法估测油酸分子的大小”实验研究，体会测量微观量的思想和方法，感受建构模型在间接测量中的重要作用；经历气体实验定律的研究和理想化，进一步体会控制变量和归纳的方法；了解材料科学的有关知识及应用，体会科学发展对人类生活和社会发展的影响，认识到人类在合理利用资源、促进可持续发展方面的责任。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 核心内容 | 物理观念 | 科学思维 | 科学探究 | 科学态度与责任 |
| 8.1 | 分子动理论 | ● | ● | 〇 | 〇 |
| 8.2 | 用油膜法估测油酸分子的大小（学生实验） | ● | ● | ● | ◎ |
| 8.3 | 扩散现象 | 〇 | 〇 | ◎ | ◎ |
| 8.4 | 布朗运动 | ◎ | ● | ◎ | 〇 |
| 8.5 | 分子运动速率分布规律 | ● | ● | ◎ | ◎ |
| 8.6 | 固体的微观结构 | ◎ | ◎ | 〇 | 〇 |
| 8.7 | 液晶 | ◎ | 〇 | 〇 | ● |
| 8.8 | 材料科学 | ◎ | 〇 | ○ | ◎ |
| 8.9 | 液体表面张力 | ◎ | ◎ | ● | ○ |
| 8.10 | 毛细现象 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 8.11 | 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系（学生实验） | ● | ● | ● | ◎ |
| 8.12 | 气体实验定律 | ● | ● | ● | ◎ |
| 8.13 | 理想气体 | ● | ● | ○ | ◎ |

## 二、单元实施

### 1．单元任务设计

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务，将其作为本单元学习的核心任务。《2017 年版高中物理课标》选择性必修 3 的学业要求中与“固体、液体和气体”主题相关的有“能用气体实验定律、热力学定律解释生产生活中的一些现象，解决一些实际问题”。温度计在农业、医药卫生、气象、化工等部门和科学实验等领域以及人们的日常生活中都得到了广泛的应用，是学生熟知的一种仪器，如最常见的玻璃液体温度计，它的构造和原理涉及固体、液体等知识，同时温度计有其发展历史，因此将本单元的核心任务确定为“研究温度计的发展”。在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 核心任务（问题）及其分解 | 教学内容 | 课时安排 |
| 研究温度计的发展 | 解开温度之谜 | 分子动理论、气体状态参量 | 5 |
| 了解早期空气温度计 | 玻意耳定律、查理定律、盖-吕萨克定律、理想气体 | 4 |
| 认识常用玻璃液体温度计 | 固体微观结构、液体表面张力、毛细现象 | 2 |
| 探索新型温度计 | 材料科学的有关知识及应用、液晶 | 1 |

### 2．重点活动设计

#### （1）单元活动

##### 活动名称 研究温度计的发展

**活动资源** 有关温度计发展史的资料、各种温度计的图片或实物。

**活动系列**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 对应课时 | 活动过程 | 活动说明 |
| 第一课时 | **交流提问**。呈现各种温度计的图片，进行简要介绍，在此基础上，让学生提出想要研究的问题，如“什么是温度”“测量温度的原理是什么”以及“早期的温度计是怎样的”等，布置本单元的核心任务——研究温度计的发展，并引出分解任务——解开温度之谜。 | 本活动中所呈现的温度计要多样，除了常见的温度计外还可以呈现巨型温度计图片和小型温度计（如纳米温度计等）图片，可对它们进行简略介绍培养学生观察现象并提出物理问题的能力，体会物理与生活的紧密联系。所使用的仪器要贴近学生生活，这些多种多样的温度计能激发学生的求知欲。 |
| 第六课时 | **观察提问**。呈现各种温度计图片，简要介绍温度计的发展史，要求学生仔细观察早期的空气温度计图片，提出“空气温度计的结构是怎样的”“其工作原理是什么”“它有何不足之处”等问题，引出分解任务——了解早期空气温度计，开始气体性质的学习。 | 课前师生共同查阅文献资料，可以选择一些典型的温度计在课堂上展示。为引出气体性质，可以对空气温度计的结构进行较详细的介绍通过了解早期空气温度计，激发学生的求知欲；通过思考早期的空气温度计的不足之处，培养学生的质疑意识。 |
| 第九课时 | **解释交流**。再次呈现早期的空气温度计图片，要求学生用所学的气体实验定律，解释空气温度计的工作原理，分析其不足之处。 | 呼应第六课时提出的问题，学以致用。通过对早期的空气温度计不足之处的分析交流，培养学生从不同视角思考物理问题。 |
| 第十课时 | **观察提问**。在了解早期的空气温度计的基础上，呈现一些常用的玻璃液体温度计图片或实物，要求学生仔细观察并提出问题，如“液体温度计的结构是怎样的”“为什么要用玻璃”“选用什么样的液体”“工作原理是什么”“有何优缺点”等，引出分解任务——认识常用液体温度计，开始固体和液体的学习。 | 课前查阅有关玻璃液体温度计的文本资料，可以准备一些液体温度计实物，适时地在课堂上呈现，可以简单介绍玻璃液体温度计的结构。通过问题驱动，激发学生的求知欲。通过思考玻璃液体温度计的优缺点，培养学生的质疑意识。 |
| 第十一课时 | **解释交流**。再次呈现玻璃液体温度计图片，要求学生用所学固体和液体的知识，对玻璃液体温度计的工作原理和优缺点作出简单解释和分析。 | 呼应第十课时提出的问题，学以致用。通过对玻璃液体温度计优缺点的分析交流，引导学生从不同视角思考问题，让学生体会事物在不断否定中发展。 |
| 第十二课时 | **观察交流**。提供纳米温度计、半导体温度计、液晶显示温度计等图片或实物，引导学生观察，提出问题，让学生交流想法，引出分解任务——探索新型温度计，开始材料科学的有关知识及应用的学习 | 所提供的温度计图片要多种多样，让学生广泛了解材料科学的有关知识及应用。通过认识各种各样的温度计，开拓新型温度计设计的思路，让学生学会迁移，培养学生的创新精神。 |

**设计意图** 温度计是学生非常熟悉的一种仪器。以温度计的发展研究为线索，从早期空气温度计开始，到玻璃液体温度计被广泛使用，再到新材料在温度计制作中的应用，渗透分子动理论、气体实验定律、晶体和非晶体、毛细现象、新材料等知识的学习。本单元通过研究温度计的发展，让学生经历不断反思、不断改进、不断深入的学习过程，培养学生解决实际问题的能力。

#### （2）课时活动

##### 活动 1 统计规律概念的形成

**活动资源** 硬币、“伽尔顿板”、学习任务单。

**活动过程**

体验交流 学生参与体验活动，请学生思考：按照相同的方法抛掷硬币，如果抛掷的次数不断增加，硬币出现正、反面朝上次数的比例会有什么变化？同时阅读学习任务单上的统计学家们曾做过的成千上万次抛掷硬币实验的部分数据记录表，并展开讨论交流。在此基础上教师引出统计的思想，列举生活中能体现统计思想的实例。

观察概括 观看“伽尔顿板”演示实验，重复实验多次，要求学生描述出观察到的实验现象。学生在教师引导下得到“伽尔顿板”实验的启示，概括统计规律的概念。

**活动说明** 在“体验交流”环节，建议分步完成对少量随机事件和大量随机事件的观察和描述，强调大量随机事件的整体表现。可以布置作业，要求学生在课外搜集生活中能体现统计思想的实例。在“观察概括”环节，“伽尔顿板”演示实验需要重复多次，发现小球每次落入的狭槽不完全相同，说明单个小球落到哪一个槽是偶然的，但对于大量小球来说，它们落入狭槽后的分布情况是确定的：越靠近入口处的狭槽内，球越多，说明大量球在狭槽内的分布遵从一定的统计规律。让学生理解统计规律的特点：只对大量偶然的事件才有意义；总是伴随数量不同而涨落。实验中改变漏斗形入口位置，在同一位置可做多次，避免学生认为正态分布曲线也是随机的。

**设计意图** 统计思想是学生在高中物理学习中第一次接触，因此需要增强学生的体验。本活动意图让学生通过体验，学会用统计思想解释现象，认识到统计规律是随机事件的整体性规律，同时知道统计思想方法在生活中有广泛的运用。在教学中利用“伽尔顿板”进行实验演示，列举生活中能体现统计思想的例子，强化学生对少量随机事件的情况和大量随机事件的整体表现的体验，形成统计规律的概念，了解统计的思想方法。

##### 活动 2 气体压强的微观解释

**活动资源** 注射器、DIS（力传感器、数据采集器、计算机）、板、乒乓球和玻璃球等。

**活动过程**

思考讨论 回顾初中学过的压强定义和液体压强产生的原因，提出“气体压强是怎样产生的”“是不是和液体一样是由重力产生的”等问题，开展讨论。学生提出猜想，并说出依据。

体验交流 在学生猜想的基础上，分组完成推拉注射器的活动，学生用手指按住注射器的小孔感受气体压强的变化，交流得出注射器内气体压强不是由重力产生的。

体验归纳 教师引导学生用分子动理论去解释气体压强产生的原因。学生参与用 DIS 模拟气体分子碰撞的体验活动，观察不同速度和不同个数的小球无规则碰撞板产生的压力的大小，换用不同质量的小球再次体验。在此基础上，学生分析归纳出气体压强产生的原因以及影响气体压强的因素。

**活动说明** 在“思考讨论”环节，注意初高中衔接。在“体验交流”环节充分利用学生实验的注射器等器材完成体验。在“体验归纳”环节，强调学生的参与和体验，不苛求压力读数的稳定。在学生体验的基础上，让学生自己从微观视角归纳得出气体压强产生的原因以及影响气体压强的因素。

**设计意图** 气体压强产生的原因是本单元学习的一个难点。本活动利用宏观的模拟实验来研究微观规律，意图突破这一难点。通过推拉注射器的分组活动和用 DIS 模拟气体分子碰撞的体验活动，增强学生学习的体验，让学生学会寻找证据，学会基于证据进行解释。同时，参与活动有利于激发学生的学习兴趣。在结合观察实验和理性思考的过程中，整个活动所体现的物理观念逐步形成，不断得到深化。

##### 活动 3 气体实验定律的应用

**活动资源** 伽利略空气温度计图片。

**活动过程**

观察讨论 让学生观察伽利略空气温度计图片，提出问题：管中水柱的高度随着温度的升高如何变化？温度变化时玻璃泡内的气体经历的是等容变化还是等压变化？这种温度计有哪些不足之处？请学生分组开展讨论。

解释交流 在讨论的基础上，不同小组对上述问题进行解释和交流。

**活动说明** 本活动对应单元活动第九课时。这是一个运用气体实验定律解决实际问题的活动。课堂中教师也可以提出相似问题（如本单元评价示例中的示例 4）来研究。在“观察讨论”环节，先让学生提出问题，再选择一些问题进行研究。在“解释交流”环节，要求学生在表达自己的观点时阐述理由，并对其他小组的观点作出评价。

**评价要点** 在活动的各个环节，可以对学生的表现开展持续性评价，如在“观察讨论”环节，根据所提出的问题是否准确表述、是否值得讨论等作出评价；又如在“解释交流”环节开展互评，对其他同学的观点进行评价，根据能否恰当使用证据表达观点、能否从不同角度思考温度计设计不足等作出评价。

**设计意图** 本活动的目的是让学生学习气体实验定律后，运用气体实验定律分析和解决实际问题，这是本单元的重点内容。活动围绕单元核心任务的分解任务“了解早期空气温度计”展开，通过活动意图培养学生提出物理问题的意识和能力，培养恰当使用证据表达自己的观点、对已有的观点提出质疑和从不同角度思考物理问题的能力。

##### 活动 4 认识表面张力现象

**活动资源** 太空舱内大水球图片（或视频）、吹肥皂泡图片、玻璃煤油温度计或玻璃酒精温度计图片（或实物）、肥皂液、金属环、棉线、洁净的玻璃片、水。

**活动过程**

观察提问观察玻璃液体温度计图片或实物，简单了解其由感温液体、感温泡、毛细管和标尺等组成，知道感温液体由于热胀冷缩会沿毛细管升高或降低，提出问题：常见的玻璃液体温度计中的感温液体为什么选用煤油或酒精？

观察思考 呈现吹肥皂泡图片、太空舱内大水球图片（或视频）等，引导学生观察液膜或液滴，归纳出它们“都呈球形”的共性，思考其原因，并作出猜想：液膜具有收缩的特性。

体验交流 学生自主活动，将系有松弛棉线的金属环浸入肥皂液中再轻轻提起来，使环上结成肥皂液薄膜，观察肥皂液膜和棉线所发生的现象，思考液膜为什么具有收缩的特性。教师提示学生用分子动理论解释这一现象，可以通过下列问题引导学生思考，例如：液体分子间距离是怎样的？分子力的表现形式是什么？表面层分子间距离及分子力的表现形式又是怎样的？

归纳分析 学生在实验观察和理论分析的基础上，认识到液体表面张力的存在和机理，并得出液体表面张力的方向。然后对“液滴呈球形”等生活现象作出解释。学生进一步认识浸润与不浸润。

解释交流 再次要求学生观察玻璃煤油温度计图片，并对活动开始时提出的问题作出解释，例如：除了适用温度范围较宽、膨胀系数较小、传热快等原因之外，选用煤油的另一个主要原因是煤油和玻璃之间不浸润，它不易挂附在玻璃毛细管壁上，可以用来制造精确优良的温度计。

**活动说明** 本活动对应单元活动第十课时。整个活动引导学生观察常见的玻璃液体温度计并提出问题，再经历自主活动和归纳分析得出结论，最后学以致用，对玻璃液体温度计的测温过程作出解释，活动首尾呼应。在“观察提问”环节，简要介绍液体温度计的结构和测温原理，可以让学生自主提出一些想研究的问题，通过核心问题驱动后面的学习。在“观察思考”环节，利用各种图片或视频，联系生活，展开联想，作出猜测。在“体验交流”环节，提醒学生观察什么，在观察现象的基础上，教师提示和引导学生用分子动理论解释。在“归纳分析”环节，用已学知识解释活动中涉及的一些生活现象，学以致用。在“解释交流”环节，利用所学知识解释感温液体的一些优缺点，不要求面面俱到。后续围绕玻璃液体温度计进一步学习毛细现象和固体的微观结构，并对为什么选用玻璃等作出简要解释。

**设计意图** 本活动围绕单元核心任务的分解任务“认识常用玻璃液体温度计”展开，从玻璃液体温度计的研究出发，最后对其作出简要解释。整个活动体现问题驱动学习，同时也体现科学探究的要素，根据现象提出问题，然后利用生活现象和自主实验活动收集证据，再进行解释和交流。基于一些生活现象，从生活到物理，再从物理到生活，让学生体会物理与生活紧密联系，培养学生仔细观察的习惯，形成利用微观规律解释宏观现象的意识，形成更全面的物理观念。

#### （3）学生实验

##### 学生实验 1 用油膜法估测油酸分子的大小

主要器材 油酸酒精溶液、注射器、痱子粉、量筒、刻度尺、浅水盘、刻有方格的透明板、水彩笔等。

**实验要点**

① 实验操作前，可以从较大颗粒物（如黄豆等）直径的测量到较小颗粒物（如绿豆、小米等）直径的测量，引导学生深刻理解估测的实验原理，即将微小的不易直接测量的物理量（分子直径）转化为易于测量的物理量（体积和面积）。

② 实验操作前，可以训练学生用注射器抽取溶液后缓慢推动注射器活塞，以准确、均匀地一滴一滴地滴入量筒。

③ 配制油酸酒精溶液浓度时，需要注意以下几点：配制过程中要充分搅拌；油酸酒精溶液配制后不宜长时间放置，以免酒精挥发改变浓度；为了节省时间，油酸酒精溶液的配制可以课前完成。

④ 撒痱子粉时，将痱子粉用多层纱布包裹，放入较大的筛子中，在水面上方轻轻抖动，让痱子粉薄而均匀地铺开；提醒学生不要将痱子粉撒入眼睛。

⑤ 本实验误差主要来自：油酸酒精溶液的实际浓度、1 滴油酸酒精溶液的实际体积、油膜的实际面积和油酸在水面上的实际分布情况等和理论值存在偏差。

⑥ 正确操作是本实验的难点，要给学生充分的时间，学生出现差错的话，允许学生重新实验。若重新实验，提醒学生需要洗净浅水盘。

##### 学生实验 2 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系

**主要器材** 注射器、DIS（压强传感器、数据采集器、计算机等）。

**实验要点**

① 实验前应检查注射器密封性能是否良好，压强传感器与注射器连接是否紧密。

② 为保证气体的温度不变，提醒学生手不能握住注射器封闭气体的部分；推拉活塞都应缓慢，推到某一确定体积并保持一段时间，以保证气体与外界有充分的热交换时间。

③ 实验中要关注学生的合作和交流，如两位学生相互配合开展实验，获取实验数据；各实验小组之间交流实验数据，可以对 *p* 和 *V* 乘积值的不同进行讨论等。

### 3．评价示例

本单元评价包括四个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如在“气体实验定律的应用”活动中的各个环节，对学生观察提问和解释交流的表现情况作出评价。二是日常作业评价，在学完本单元后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价。三是对“用油膜法估测油酸分子的大小”和用 DIS“探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系”学生实验的评价，实验中可以要求学生提交实验报告，教师可以根据学生提供的材料对学生实验过程作出评价，依据实验报告对学生实验结果作出评价。四是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩。“重点活动设计”中已给出课堂活动评价的示例，以下给出部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用。

**示例 1** 若有一只小虫喝进一颗体积约为 6.0×105 cm2 的露水，则它喝进的水的质量约为\_\_\_\_\_\_\_\_kg，大约喝进\_\_\_\_\_\_\_个水分子。已知水的密度 *ρ* = 1.0×103 kg/m3，摩尔质量 *M* = 1.8×10−2 kg，阿伏加德罗常数 *N*A = 6.0×1023 mol−1。

**分析** 小虫喝进的一滴露水的体积为 *V* = 6.0×10−5×10−6 m3，根据 *m* = *ρV*，代入数据，得到它喝进的水的质量 *m* = 1.0×103×6.0×10−5×10−6 kg = 6.0×10−8 kg。用一滴露水的质量除以摩尔质量，再求出摩尔数，最后乘以阿伏加德罗常数 *N*A，即得到小虫喝进的一滴露水所含有的水分子数，应为 = = 2.0×1018 个。

**解答** 6.0×10−8，2.0×1018

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 分子动理论 | 物理观念中“物质观念” | 能用分子动理论的知识解决简单的实际问题。对应水平二。 |
| 科学思维中“科学推理” | 能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“分子的大小”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约 3 分钟。通过本示例，意图让学生对“物质是由大量分子组成的”有感性认识，同时理解阿伏加德罗常数将宏观意义下物质的量与微观意义下的粒子数联系起来，是宏观世界与微观世界之间的重要桥梁。

**示例 2** 氧气分子在不同温度下的速率分布规律如图 8 – 1 所示，横坐标表示分子速率 *v*，纵坐标表示在速率 *v* 附近单位速率区间内分子数占总分子数的百分比。曲线 1、2 对应的温度分别为 *T*1、*T*2。根据图线，判断下列说法是否正确？

*f* (*v*)

*O*

*v*

1

2

（1）同一温度下，氧气分子速率分布呈现“中间多、两头少”的分布规律。

（2）曲线中的峰值对应的横坐标数值为氧气分子速率的最大值。

（3）温度 *T*1 低于温度 *T*2。

（4）温度升高，曲线峰值右移，每一个氧气分子的速率都增大。

（5）温度升高，曲线峰值右移，氧气分子的平均动能增大。

（6）高温和低温时速率分布曲线下的面积相等。

**分析** 一般而言，气体分子的速率各不相同，但大多数分子的速率都在某个数值（峰值）附近，离这个数值越远，分子数越少，呈现出“中间多，两头少”的分布特征，故（1）正确；曲线中的峰值对应的横坐标数值并不是氧气分子速率的最大值，峰值对应的横坐标数值右侧的速率更大，故（2）不正确；温度升高，曲线的峰值会向速率大的方向移动，速率的分布范围增大，整个曲线将变得较为平坦，故（3）正确；当温度升高时，氧气分子的平均动能增大，而单个氧气分子的速率大小、方向是偶然的，不存在规律，故（4）不正确、（5）正确；根据麦克斯韦速率分布曲线的面积的意义，将每个单位速率的分子数占总分子数的百分比进行累加，累加的结果是 1，即任意一个温度下的麦克斯韦速率分布曲线的面积都等于 1，故（6）正确。

**解答** （1）正确。（2）不正确。（3）正确。（4）不正确。（5）正确。（6）正确。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 分子运动速率分布的统计规律 | 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能在熟悉的问题情境中应用所学的物理模型；能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论，对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“分子运动速率分布的统计规律”后作为课堂例题使用。通过本示例的讨论主要让学生理解分子运动速率分布图像的物理意义，加强对气体分子速率分布的统计规律的认识。

**示例 3** 如图 8 – 2 所示，一根粗细均匀的长 *L* = 90 cm 的直玻璃管，一端开口一端封闭，内有长 *l* = 25 cm 的水银柱封闭了一段空气柱。当玻璃管水平放置时空气柱长为 *l*1 = 60 cm。现将玻璃管顺时针缓慢转到竖直位置成开口向下。已知大气压强为 *p*0 = 75 cmHg，设整个过程气体温度不变。

*l*1 = 60 cm

*l* = 25 cm

（1）在此过程中封闭的空气柱长度如何变化？

（2）当玻璃管转到竖直位置成开口向下时，封闭的空气柱长度为多少？

某同学解答如下：

整个过程气体温度不变，气体做等温变化，遵循玻意耳定律。列出气体的状态量，设玻璃管横截面积为 *S*。

玻璃管水平放置时为初状态，气体体积为 *V*1 = *l*1*S*，气体压强为 *p*1 = *p*0。

玻璃管开口向下竖直放置时为末状态，气体体积为 *V*2 = *l*2*S*，气体压强为 *p*2 = *p*0 – *pl*。

根据玻意耳定律 *p*1*V*1 = *p*2*V*2，代入得到 *p*0*l*1*S* = （*p*0 – *p*1）*l*2*S*。

代入数据得到 75×60 = （75 − 25）×*l*2，解得 *l*2 = 90 cm。

请通过分析说明该同学的解答是否正确。若不正确，请写出正确的解答。

**分析**

（1）研究对象是管内封闭的空气，根据题意管内封闭的空气做等温变化，遵循玻意耳定律。当玻璃管水平放置时，封闭的空气压强为 *p*0；当玻璃管转过一个角度，与水平方向成 *θ* 角时，设水银的密度为 *ρ*，封闭的空气压强为（*p*0 − *ρgl*sin*θ*），小于水平放置时封闭的空气压强 *p*0。封闭的空气压强变小，根据玻意耳定律可得封闭的空气体积应变大。

（2）在转动过程中存在水银漏出玻璃管的现象，需要重新列出气体的末状态的物理量，再根据玻意耳定律求解。

**解答**

（1）在此过程中空气柱长度变大。

（2）不正确。根据该同学求出的结果，玻璃管转到竖直位置时空气柱长度为 90 cm，已经等于整个玻璃管的长度，若再加上水银柱长度 25 cm，得到 115 cm，大于玻璃管的长度 90 cm，说明在转动过程中存在水银漏出玻璃管的现象。

设玻璃管横截面积为 *S*，当玻璃管开口向下竖直放置时，由于水银有漏出，故此时水银齐管口，设此时空气柱长度为 *x*，则水银柱高度为 90 − *x*，对空气柱：

玻璃管水平放置时，*V*1 = *l*1S = 60S，*p*1 = *p*0 = 75 cmHg；

玻璃管开口向下竖直放置时，*V*2 = *xS*，*p*2 = *p*0 − *p*（90 − *x*）= 75 −（90 − *x*）cmHg = （*x* − 15）cmHg；

根据玻意耳定律 *p*1*V*1 = *p*2*V*2；

代入数据得到 75×60*S* = （*x* − 15）*xS*，解得 *x*1 = 75cm，*x*2 = − 60 cm（舍去）。

当玻璃管转到竖直位置成开口向下时，封闭的空气柱长度为 75 cm。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 玻意耳定律 | 科学思维中“模型建构”“科学推理”“科学论证”“质疑创新” | 能在熟悉的问题情境中根据需要选用所学的模型解决简单的物理问题；能对常见的物理问题进行分析和推理，获得结论并作出解释；能恰当使用证据表达自己的观点能对已有的观点提出质疑，从不同视角思考物理问题，对应水平三。 |

**说明** 本示例建议在学习“气体等温变化”后作为课堂例题使用。本示例中小题（1）是定性分析气体状态变化的问题，对学生来说比较难，主要培养学生的科学推理能力。小题（2）主要让学生从不同视角思考物理问题，对解答结果是否合理作出判断，养成反思的习惯。

**示例 4** 伽利略曾设计过一种温度计，其结构为：一根麦秆粗细的玻璃管，一端与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，根据管内水柱高度的变化，可测出相应的环境温度。

A

B

*x*

为了探究“伽利略温度计”的工作过程，某同学根据资料中的描述自制了一种测温装置，其结构如图 8 – 3 所示，玻璃泡 A 内封有一定质量的气体，与 A 相连的细管 B 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（刻度线是在 1 标准大气压下标记的）直接读出（B 管的容积与 A 泡的容积相比可略去不计）。

（1）温度变化时玻璃泡内的气体可近似看作等容变化还是等压变化？

（2）管中水银柱的高度随着温度的升高如何变化？*x* 越小，相应的温度读数越高还是越低？

（3）B 管上温度刻度是否均匀？

（4）在 1 标准大气压（76 cmHg）情况下，已知 *t*1 = 27℃ 时的刻度线在 *x*1 = 16 cm 处，问 *t*2 = 17℃ 时的刻度线 *x*2 在何处？

（5）如果大气压增大而温度不变，读出的温度数值偏高还是偏低？请简述理由。

**分析**

（1）由于 B 管的容积与 A 泡的容积相比可略去不计，玻璃泡内气体近似做等容变化。

（2）当温度升高时，封闭气体膨胀，管中水银柱高度相对细管下降，即 *x* 越小，温度读数越高。

（3）设水银密度为 *ρ*，当温度升高 Δ*T*，管内水银面降低的高度为 Δ*x* 时，玻璃泡内封闭的气体的压强增加量为 Δ*p* = *ρg*Δ*x*，根据查理定律，= ，得到 Δ*x* = ，在 *p*1，*ρ*、*g*、*T*1 一定的情况下，Δ*x* 与 Δ*T* 成正比，故 B 管上温度刻度是均匀的。

（4）找出气体的初末状态，*t*1 = 27℃ 时和 *t*2 = 17℃ 时分别对应气体的初状态、末状态，根据查理定律，得到 *t*2 = 17℃ 时对应的刻度线。

（5）通过判断管中水银柱高度相对于 B 管升高还是降低，来判断温度读数偏高还是偏低。

**解答**

（1）温度变化时玻璃泡内的气体可近似看作等容变化。

（2）管中水银柱的高度随着温度的升高而降低；*x* 越小，相应的温度读数越高。

（3）在同一大气压下标记的 B 管上的温度刻度均匀。

（4）玻璃泡内封闭气体做等容变化。

初状态：*p*1 = *p*0 – *ρgx*1 = 76 cmHg – 16 cmHg = 60 cmHg，*T*1 = *t*1 + 273 K = 300 K；

末状态：*p*2 = *p*0 – *ρgx*2 =（76 – *x*2）cmHg，*T*2 = *t*2 + 273 K = 290 K。

根据查理定律，= ，代入数据，解得 *x*2 = 18 cm。

（5）如果大气压增大而温度不变，读出的温度数值偏低。因为大气压增大，管中水银柱高度相对于 B 管上升，而水银柱越高温度读数越低，所以读出的温度数值偏低。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 查理定律 | 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能将实际问题中的过程转换成物理模型能对综合性的物理问题进行分析和推理获得结论并作出解释，对应水平四。 |

**说明** 本示例建议在完成单元核心任务后作为课堂例题使用，要求学生运用气体实验定律解决实际问题。由于难度较大，不建议作为课后作业或单元测试使用。本示例探讨一种自制的测温装置，呼应单元任务中对早期空气温度计的研究。其中小题（5），意图启发学生思考此类温度计的不足之处，培养学生质疑能力。

**示例 5** 阅读下列材料，回答问题。

2004 年，科学家用一种特殊胶带从石墨上撕下了单原子层的石墨片——石墨烯。石墨烯是人们发现的第一种由单层原子构成的材料，单层厚度仅为 0.335 nm，几近透明，碳原子之间相互连接成六角网格（如图 8 – 4 所示），排列紧密。

石墨烯是目前最薄但强度最大、导电性能最好的物质。它的强度可以达到钢铁的 200 多倍；它有很好的韧性，可以弯曲，拉伸幅度能达到自身尺寸的 20%；它的电阻率约为 1×10−6 Ω·cm，是目前电阻率最小的材料，电子在其中的运动速率达到光速的 ，远远超过电子在一般导体中的运动速率，可用于提高计算机处理器的运算速率。它也是一种热稳定材料，具有很强的导热性，单层石墨烯在室温下的热导率系数最高可达 5 300W/（m·K），大约是铜的 13 倍，可作为一种热管材料用于纳电子器件。

石墨烯可被广泛应用于电池、晶体管和传感器等领域，可用于制作电池电极材料、柔性透明触摸显示屏、高灵敏度传感器等，还可用于基因电子测序等。

石墨烯的发现开创了单分子层材料，单分子层材料可进一步组合形成新型复合材料，拓展了人类对于物质世界和微观世界的认识。在塑料里掺入百分之一的石墨烯，能使塑料具备良好的导电性能；加入千分之一的石墨烯，能使塑料的抗热性能提高 30℃。在此基础上可以研制出轻薄超强韧新型材料，用于制造汽车、飞机和卫星等。

（1）石墨烯的物理性质主要有哪些？石墨烯的应用有哪些？（要求：选取上述材料中的词句，按表格中的分类完成填写，每格中至少填入 1 个相关词句）

**石墨烯的物理性质和应用**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 主要性质 | 应用举例 |
| 力学方面 |  |  |
| 电学方面 |  |  |
| 光学方面 |  |  |
| 热学方面 |  |  |

（2）如图 8 – 4 所示，石墨烯的碳原子紧密结合成单层六边形晶格结构，图中每一个小球代表一个碳原子。关于石墨烯，判断下列说法是否正确？请简述理由。

① 石墨烯是晶体。

② 单层石墨烯属于微米材料。

③ 石墨烯的碳原子在六边形顶点附近不停振动。

**分析**

（1）完成材料阅读后，按表格中的分类，选取相应的描述物理性质和应用的词句，完成表格的填写。

（2）利用固体的微观结构分析。

**解答**

（1）表格填写如下（仅供参考）。

**石墨烯的物理性质和应用**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 主要性质 | 应用举例 |
| 力学方面 | 薄；强度大，强度可达到钢铁的 200 多倍；有很好的韧性拉伸幅度能达到自身尺寸的 20% | 形成轻薄超强韧新型复合材料等 |
| 电学方面 | 导电性能好，电阻率约为 1×10−6 Ω·cm，电子在其中的运动速率达到光速的  | 提高计算机处理器的运算速率、电池电极材料、高灵敏度传感器等 |
| 光学方面 | 单分子层，单层厚度为 0.335 nm，几近透明，碳原子之间相互连接成六角网格 | 柔性透明触摸显示屏等 |
| 热学方面 | 很强的导热性，单层石墨烯在室温下的热导率系数最高可达5 300W/(m· K) | 纳电子器件的热管材料等 |

（2）① 正确。因为石墨烯的原子依照一定的规律在空间整齐地排列，构成“空间点阵”，具有晶体的微观结构特点。

② 不正确。因为单层石墨烯厚度约为 0.335 nm，属于纳米材料。

③ 正确。因为石墨烯是固体，根据固体的微观结构，固体分子在其平衡位置附近不停振动。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 材料科学 | 物理观念中“物质观念”“运动与相互作用观念”“能量观念” | 了解材料科学的有关知识及应用，对应水平二。 |
| 科学思维中“科学推理” | 能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |
| 科学态度与责任中“社会责任” | 体会材料科学的发展对人类生活和社会发展的影响，了解科学·技术·社会·环境的关系。对应水平二。 |
| 固体的微观结构、晶体与非晶体 | 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能在熟悉的问题情境中应用所学的物理模型；能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“材料科学”时作为课堂例题或课后作业使用。本示例选取有关石墨烯的一些内容，学生通过阅读完成表格的填写，意图让学生在了解新材料的有关知识及应用的同时，培养学生的阅读能力，以及提取信息并进行分类的能力。



**示例 6** 图 8 – 5 所示是 2022 年 3 月在中国空间站“天宫课堂”进行的“液桥”演示实验，用两滴水珠在两个塑料板间搭起一座长约 10 cm 的“液桥”。

产生表面张力的原因是液体表面层的分子间距\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“大于”“等于”或“小于”）液体内部的分子间距。

**分析**

（1）能搭起一座“液桥”，说明了水和两个板之间是浸润的，若不浸润，水就不会附着在板上形成“液桥”

（2）产生表面张力的原因是液体表面分子间距大于液体内部分子的间距。

**解答** （1）浸润。（2）大于

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 液体表面张力、浸润与不浸润 | 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能在熟悉的问题情境中应用所学的物理模型；能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论，对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“液体的基本性质”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约 2 分钟。

**示例 7** 在做“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验时，某同学的操作步骤如下：

① 取一定量的无水酒精和油酸，制成一定浓度的油酸酒精溶液；

② 在量筒中滴入一滴该溶液，测出它的体积；

③ 在浅水盘内盛一定量的水，再滴入一滴油酸酒精溶液，待其散开并稳定；

④ 在浅水盘上覆盖透明玻璃，用水彩笔在玻璃上描出油膜的轮廓，用透明坐标纸测量油膜的面积。

（1）请指出上述步骤中的错误之处并改正。

（2）用水彩笔在玻璃板上描出油膜的轮廓，其在坐标纸上的形状如图 8 – 6 所示。已知坐标纸上小正方形的边长为 1 cm，该油膜的面积是多少？

**分析**

（1）步骤②中由于一滴溶液的体积太小，直接测量很难或测量误差太大，需要用微小量累计法以减小测量误差。步骤③中液面上没有撒痱子粉，由于油酸酒精溶液和水都是透明的，如果不撒上痱子粉就很难看清其轮廓；应均匀地撒上痱子粉，再滴入一滴油酸酒精溶液，痱子粉被冲开，油膜先扩展，因为酒精溶于水，油膜又稍微回缩，稳定后形成一块完整的油膜。因此痱子粉的作用主要是有助于形成清晰的油膜轮廓。

（2）数油膜轮廓内正方形的个数时，不足半个的舍去，多于半个的算一个。

**解答**

（1）步骤②中由于一滴溶液的体积太小，故步骤②中“在量筒中滴入一滴该溶液”改为“在量筒中滴入 N 滴该溶液”；步骤③中液面上没有撒痱子粉，故在步骤③“在浅水盘内盛一定量的水”之后加上“将痱子粉均匀地撒在水面上”。

（2）数油膜轮廓内正方形的个数约为 80，每个小正方形的面积为 1×10−4 m²，所以该油膜的面积约为 80×1×10−4 m2 = 8.0×103 m2。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 用油膜法估测油酸分子的大小 | 科学探究中“证据”“解释” | 能在获取数据过程中进行科学合理的操作；能分析数据得到结论。对应水平三。 |
| 科学态度与责任中“科学态度” | 能做到严谨认真。对应水平三。 |

**说明** 本示例建议在学习“用油膜法估测油酸分子的大小”实验后作为课后作业使用或作为单元检测使用，完成时间约 6 分钟。

**示例 8** 在用 DIS“探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系”实验中，某次测得一些数据记录在表格中。

**实验数据记录表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 组次 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 压强 *p*/kPa | 101.2 | 109.6 | 119.6 | 121.5 | 146.1 | 164.4 |
| 体积 *V*/cm3 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |

（1）观察数据，发现第\_\_\_\_\_\_组数据误差较大，理由是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

*p*

*O*

（2）实验过程中，下列操作中正确的是（ ）。

A．推拉活塞时要快速

B．改变气柱长度后立刻读数

C．推拉活塞时用手紧握玻璃管以免手滑

D．压强传感器与注射器之间的软管脱落后应重新实验

（3）某小组通过推压活塞减小注射器内气体的体积，获取多组数据，并画出如图 8 – 7 所示的 *p* – 1/*V* 图线，其可能原因是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

**分析**

（1）观察数据间隔，或求出 *pV* 乘积，发现 1、2、3、5、6 组数据 *pV* 乘积的数值约为 1 315 kPa·cm3，基本相同。第 4 组数据 *pV* 乘积的数值约为 1 215 kPa·cm3，与其他组数据偏差较大。

（2）本实验要求气体质量和温度保持不变。当快速推拉活塞时，由于气体做功，在没有充分热交换的情况下，气体温度发生变化，故 A 错误；同理，改变气柱长度，应待稳定后再读数，B 错误；推拉活塞时用手紧握玻璃管，管内气体温度发生变化，故 C 错误；当压强传感器与注射器之间的软管脱落后，气体质量发生变化，需要重新实验，故 D 正确。

（3）随着气体的体积减小，即体积的倒数增大，根据图线，*p* 与 的比值增大，即 *pV* 乘积增大，且推压活塞减小气体体积时注射器内不可能漏进气体，故可能原因是封闭气体温度升高。

**解答**

（1）4，第 4 组数据 *pV* 乘积的数值与其他组数据偏差较大

（2）D

（3）实验过程中注射器内封闭的气体温度升高

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 用 DIS“探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系” | 科学思维中“科学推理”“科学论证” | 能对常见的物理问题进行分析和推理，获得结论；能恰当使用证据表达自己的观点对应水平三。 |
| 科学探究中“证据”“解释” | 能在获取数据过程中进行科学合理的操作能用已有的物理知识进行解释，对应水平三。 |

**说明** 本示例建议在学习用 DIS“探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系”实验后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约 6 分钟。