全品
— SINCE 1992 —

教育图书 功能学具 学生之家

基础教育行业专研品牌

30+年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中物理

选择性必修第三册

数智教辅

全品AI学伴

7×24小时有问必答

高效预复习，吃透每一课

长江出版传媒
崇文書局

CONTENTS 目录 导学案

01 第一章　分子动理论
PART ONE

1　分子动理论的基本内容 …… 083

2　实验：用油膜法估测油酸分子的大小 …… 086

3　分子运动速率分布规律 …… 089

4　分子动能和分子势能 …… 091

知识整合与通关（一） …… 094

02 第二章　气体、固体和液体
PART TWO

1　温度和温标 …… 096

2　气体的等温变化 …… 098

第 1 课时　实验：探究气体等温变化的规律 …… 098

第 2 课时　气体的等温变化 …… 101

3　气体的等压变化和等容变化 …… 104

第 1 课时　气体的等压变化和等容变化 …… 104

第 2 课时　理想气体　气体实验定律的微观解释 …… 106

专题课：气体实验定律和理想气体状态方程的应用 …… 109

专题课：理想气体变质量问题 …… 112

4　固体 …… 114

5　液体 …… 117

知识整合与通关（二） …… 120

03 第三章　热力学定律
PART THREE

1　功、热和内能的改变 …… 122

2　热力学第一定律 …… 124

3　能量守恒定律 …… 124

专题课：热力学定律与理想气体综合问题 …… 127

专题课：相互关联的两部分气体问题 …… 129

4　热力学第二定律 …… 131

知识整合与通关（三） …… 134

04 第四章　原子结构和波粒二象性
PART FOUR

1　普朗克黑体辐射理论 …… 135

2　光电效应 …… 137

第 1 课时　光电效应 …… 137

第 2 课时　光电效应的图像问题　光的波粒二象性 …… 140

3　原子的核式结构模型 …… 143

4　氢原子光谱和玻尔的原子模型 …… 146

5　粒子的波动性和量子力学的建立 …… 149

知识整合与通关（四） …… 152

05 第五章　原子核
PART FIVE

1　原子核的组成 …… 154

2　放射性元素的衰变 …… 156

第 1 课时　原子核的衰变　半衰期 …… 156

第 2 课时　核反应　放射性同位素及其应用 …… 158

3　核力与结合能 …… 160

4　核裂变与核聚变 …… 163

5　“基本”粒子 …… 163

知识整合与通关（五） …… 168

◆ 参考答案 …… 169

第一章　分子动理论

1　分子动理论的基本内容

学习任务一　物体是由大量分子组成的

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)物体是由大量_____组成的，在研究物体的热运动性质和规律时，不必区分它们在化学变化中所起的不同作用，而把组成物体的微粒统称为_____.

(2)1 mol的任何物质都含有_____，这个数量用_____表示，即 $N_A=6.02\times10^{23}\ \text{mol}^{-1}$.

[物理观念] 微观量与宏观量的关系

(1)分子质量：$m_0=\dfrac{M_{\text{mol}}}{N_A}=\dfrac{\rho V_{\text{mol}}}{N_A}$.

(2)分子体积：$V_0=\dfrac{V_{\text{mol}}}{N_A}=\dfrac{M_{\text{mol}}}{\rho N_A}$(适用于固体和液体).

(对于气体，V_0 表示每个气体分子所占空间的体积)

(3)物质所含的分子数：$N=nN_A=\dfrac{m}{M_{\text{mol}}}N_A=\dfrac{V}{V_{\text{mol}}}N_A$.

【辨别明理】

1. 本节所说的“分子”，既包含化学中的分子，也包含原子和离子. (　)

2. 物体是由大量分子组成的，分子是不可再分的最小单元. (　)

3. 无论是有机物质还是无机物质，分子大小数量级都是 10^{-10} m. (　)

例 1 (多选)已知水的摩尔质量为 M，密度为 ρ，阿伏加德罗常数为 N_A；若用 m 表示一个水分子的质量，用 V_0 表示一个水分子的体积，则下列表达式中正确的是 (　)

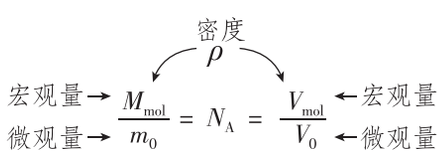
A. $m=\dfrac{M}{N_A}$　　B. $m=\dfrac{N_A}{M}$

C. $V_0=\dfrac{\rho N_A}{M}$　　D. $V_0=\dfrac{M}{\rho N_A}$

[反思感悟]

【要点总结】

阿伏加德罗常数是宏观世界和微观世界之间的一座桥梁. 如下图.



其中密度 $\rho=\dfrac{m}{V}=\dfrac{M_{\text{mol}}}{V_{\text{mol}}}$，但要切记 $\rho=\dfrac{m_0}{V_0}$ 是没有物理意义的，$N_A=\dfrac{V_{\text{mol}}}{V_0}$ 只适用于固体和液体.

学习任务二　分子热运动

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)扩散现象：不同的物质能够彼此_____的现象叫作扩散现象. 扩散现象是由物质分子的_____产生的.

(2)布朗运动：悬浮在液体或气体中的_____不停地做_____运动，称为布朗运动，如悬浮在水中的小炭粒、花粉颗粒的运动.

(3)热运动

①定义：_____永不停息的无规则运动叫作热运动.

②影响因素：_____是分子热运动剧烈程度的标志.

例 2（多选）(2026·湖南明德中学高二月考)关于布朗运动和扩散现象，下列说法正确的是　（　）

A. 扩散现象是重力作用引起的

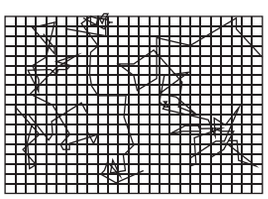
B. 布朗运动就是液体分子的无规则运动

C. 布朗运动是在显微镜下看到的小颗粒的无规则运动

D. 扩散现象直接证明了“物质分子在永不停息地做无规则运动”，而布朗运动间接证明了这一观点

[反思感悟]

例 3 [2025·北京十三中高二期中] 用高倍显微镜观察悬浮在液体中的小炭粒的运动情况. 选三个小炭粒，每隔 30 s 记录一次它们的位置，然后用线段把这些位置按时间顺序连接起来得到它们的位置连线图. 下列说法正确的是　（　）



显微镜下看到的三颗小炭粒运动位置的连线

A. 该实验用显微镜观察到的是液体分子的无规则运动

B. 该实验用显微镜观察到的是小炭粒分子的无规则运动

C. 这样得到的位置连线图就是该小炭粒实际的运动轨迹

D. 小炭粒越小，液体的温度越高，观察到的布朗运动就越明显

[反思感悟]

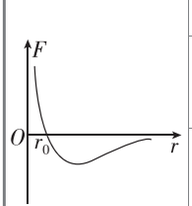
【要点总结】

布朗运动、扩散现象和分子热运动的异同

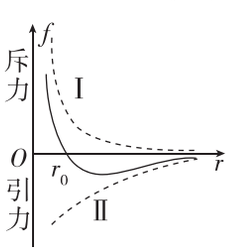
		布朗运动	扩散现象	分子热运动
不同点	对象	固体微小颗粒	分子	分子
	产生条件	固体微粒悬浮在液体或气体中	两种不同物质相互接触	不需要条件，一切物质的分子都在永不停息地做无规则运动
	影响因素	温度的高低和微粒的大小	温度的高低、物态形式、物质的浓度差	温度的高低
	现象本质	是液体或气体分子无规则运动的间接反映	是分子的运动	是分子的运动
	观察方式	光学显微镜	有的裸眼可见	电子显微镜或扫描隧道显微镜
相同点		①无规则；②永不停息；③温度越高则越剧烈		

学习任务三　分子间的作用力

[科学探究] 分子间作用力与分子间距离的关系

F-r 关系图像	分子间距离	分子力
	$r=r_0$	零
	$r<r_0$	表现为斥力，分子力随分子间距的增大而减小
	$r>r_0$	表现为引力，分子力随分子间距的增大先增大后减小

例 4（多选）[2026·陕西西安高二期中] 图中实线为分子间作用力随两分子间距离的变化图像，虚线Ⅰ为分子间的斥力随两分子间距离的变化图像，虚线Ⅱ为分子间的引力随两分子间距离的变化图像，据此可知　（　）



A. 分子间距离为 r_0 时，分子间没有相互作用

B. 分子间距离增大时，分子间斥力减小，引力增大

C. 分子间距离小于 r_0 时，分子间的引力总是小于斥力

D. 分子间距离增大时，分子间作用力可能先减小后增大再减小

学习任务四　分子动理论

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

分子动理论的基本内容：(1) 物体是由_____组成的；(2)分子在做_____的无规则运动；(3)分子之间存在着_____.

例 5 分子动理论较好地解释了物质的宏观热力学性质，据此可判断下列说法中错误的是　(　)

A. 显微镜下观察到墨水中的小炭粒在不停地做无规则运动，这反映了液体分子运动的无规则性

B. 随着分子间距离的增大，分子间的相互作用力一定先减小后增大

C. 布朗运动的无规则性反映了液体分子运动的无规则性

D. 在真空、高温条件下，可以利用分子扩散向半导体材料中掺入其他元素

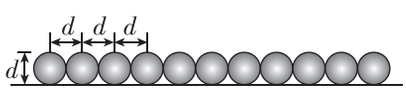
[反思感悟]

素养提升

分子的两种模型

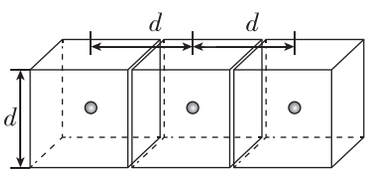
1. 球体模型

对于固体和液体分子，可把分子看作一个个挨着排列在一起的小球，如图所示，分子间的空隙忽略不计. 由一个分子的体积 $V_0=\dfrac{V}{N_A}$ 及 $V_0=\dfrac{1}{6}\pi d^3$ 可得 $d=\sqrt[3]{\dfrac{6V}{\pi N_A}}$.（$V$ 为摩尔体积）



2. 立方体模型

对于气体，由于分子间距离较大，可以把气体分成一个个小立方体(如图所示)，把气体分子看成质点，位于小立方体的中心，每个小立方体的体积 V_0 为每个分子平均占有的空间体积，小立方体的边长 d 相当于分子间的平均距离，由 $V_0=\dfrac{V}{N_A}$ 及 $V_0=d^3$ 可得 $d=\sqrt[3]{\dfrac{V}{N_A}}$.



示例 1 铂是贵金属之一，较软，有良好的延展性、导热性和导电性. 已知铂的摩尔质量为 $0.195\ \text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$，密度为 $21.4\times10^3\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$，阿伏加德罗常数为 $6\times10^{23}\ \text{mol}^{-1}$，把铂原子看成球体，球体的体积公式为 $V=\dfrac{4}{3}\pi r^3$，其中 r 为球的半径，则铂原子的直径是　(　)

A. 3×10^{-10} m　　B. 4×10^{-10} m

C. 5×10^{-11} m　　D. 3×10^{-11} m

[反思感悟]

示例 2 [2026·山东泰安一中高二月考] 中国某大学教授的课题组制备出了一种超轻气凝胶，它在弹性和吸油能力方面令人惊喜，这种被称为“全碳气凝胶”的固态材料密度仅是空气密度的 $\dfrac{1}{6}$. 设气凝胶的密度为 ρ(单位为 kg/m^3)，摩尔质量为 M(单位为 kg/mol)，阿伏伽德罗常量为 N_A，则下列说法不正确的是　(　)

A. a 千克气凝胶所含的分子数 $N=\dfrac{a}{M}N_A$

B. 气凝胶的摩尔体积 $V_{mol}=\dfrac{M}{\rho}$

C. 每个气凝胶平均占据空间 $V_0=\dfrac{M}{N_A\rho}$

D. 每两个相邻气凝胶分子间的平均间距 $d=\sqrt[3]{\dfrac{N_A\rho}{M}}$

1. （阿伏加德罗常数）[2025·贵州思南中学高二月考] 某气体的摩尔质量是 M，标准状态下的摩尔体积为 V，阿伏加德罗常数为 N_A，下列叙述中正确的是 （ ）

A. 该气体在标准状态下的密度为 $\frac{MN_A}{V}$

B. 该气体每个分子的质量为 $\frac{M}{N_A}$

C. 每个气体分子在标准状态下的体积为 $\frac{V}{N_A}$

D. 该气体单位体积内的分子数为 $\frac{V}{N_A}$

2. （分子热运动）[2026·辽宁七校高二期中] “冷”“热”二词常闻于生活，与之相关的“热现象”无所不在、无时不有，远涉宇宙变迁，近涉高新科技，涵盖所有实际发生的过程. 这一宏观现象与系统中大量微观粒子的无规则运动密切联系. 下列关于布朗运动、扩散现象和热运动说法正确的是 （ ）

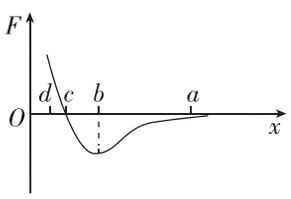
A. −2 ℃时水已经结为冰，部分水分子已经停止了热运动

B. 悬浮在液体中的颗粒越大，布朗运动越明显

C. 扩散现象与温度有关，温度越高，扩散现象越明显

D. 液体中悬浮颗粒将做直线运动，直到和其他颗粒发生碰撞

3. （分子间的作用力）（多选）如图所示，甲分子固定在坐标原点 O，乙分子位于 x 轴上，甲分子对乙分子的作用力与两分子间距离的关系如图中曲线所示，$F>0$ 为斥力，$F<0$ 为引力，a、b、c、d 为 x 轴上四个特定的位置. 现把乙分子从 a 处由静止释放，则 （ ）



A. 乙分子从 a 到 b 做加速运动，由 b 到 c 做减速运动

B. 乙分子由 a 到 c 做加速运动，到达 c 时速度最大

C. 乙分子由 a 到 b 的过程中，两分子间的作用力一直做正功

D. 乙分子由 b 到 d 的过程中，两分子间的作用力先做正功后做负功

2 实验：用油膜法估测油酸分子的大小

一、实验思路

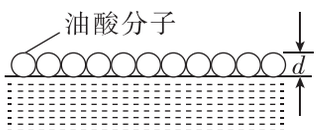
【实验目的】

1. 估测油酸分子的大小.

2. 学会间接测量油酸分子大小的思想和方法：通过测量宏观量来测量微观量的方法.

【实验原理】

1. 理想化：认为在水面上形成的油酸薄膜是由_____油酸分子组成的，如图所示.



2. 模型化：把油酸分子简化为_____.

3. 估算：为了使油酸充分展开，获得一块单分子油膜，我们需要将油酸在酒精中稀释后再滴入水中. 这样的油酸酒精溶液滴在水面上，溶液中的酒精将溶于水并很快挥发，从而获得纯油酸形成的油膜. 这里可以粗略地认为，油膜的厚度等于 1 滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积 V 与它在水面上摊开的面积 S 之比，即 $d=$_____.

二、物理量的测量

【实验器材】

油酸、酒精、注射器或滴管、_____、浅盘、_____、坐标纸、记号笔、爽身粉.

【实验步骤】

1. 取 1 mL 的油酸溶于酒精中，制成 500 mL 的油酸酒精溶液.

2. 用注射器向量筒中滴入 1 mL 配制好的油酸酒精溶液（浓度已知），记下滴入的滴数 n，算出一滴油酸酒精溶液的体积 $V_0=\frac{1}{n}$ mL.

3. 在浅盘中倒入约 2 cm 深的水，将爽身粉均匀撒在水面上.

4. 将一滴油酸酒精溶液滴在浅盘的水面上.

5. 待油膜形状稳定后，将带有坐标方格的玻璃板放在浅盘上，在玻璃板上描下薄膜的形状.

6. 根据画有油膜轮廓的玻璃板上的坐标方格，计算轮廓范围内的正方形的个数，不足半个的舍去，多于半个的算一个. 用正方形的个数乘单个正方形的面积就得到油膜的面积 S.

7. 根据已配制好的油酸酒精溶液的浓度，算出一滴溶液中纯油酸的体积 V.

三、数据分析

【数据处理】

根据上面记录的数据，利用 $d=\dfrac{V}{S}$ 计算油酸分子的直径.

实验次数	1 mL 油酸酒精溶液的滴数	轮廓内的正方形个数	轮廓面积 S	一滴溶液中纯油酸的体积 V	分子的直径(m)	平均值
1						
2						
…						

【误差分析】

1. 油酸酒精溶液的实际浓度与理论值之间存在差异.

2. 形成单分子油膜：只有形成单分子油膜，才能保证分子的直径计算式 $d=\dfrac{V}{S}$ 成立. 要求使用的油酸酒精溶液的浓度、爽身粉的用量适宜.

3. 油酸的体积 V：用累积法测出油酸的体积. 先测出 1 mL 油酸酒精溶液的滴数，从而计算出一滴油酸酒精溶液的体积，再由油酸酒精溶液的浓度算出纯油酸的体积.

4. 油膜的面积 S：根据画有油膜轮廓的玻璃板上的坐标方格计算出形状不规则的油膜的面积. 数出轮廓内的方格数，方格边长的单位越小，用这种方法求出的面积越精确.

例 1 [2026·江苏海安高级中学高二期中] 在“油膜法估测分子直径”的实验中，我们通过宏观量的测量间接计算微观量.

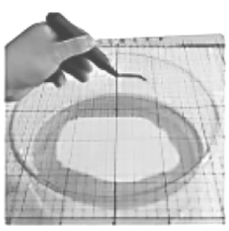
(1)该实验体现了理想化模型的思想，下列说法中不属于本实验的理想假设的是_____

A. 把油酸分子简化为球形

B. 认为油酸分子紧密排列，油酸在水面上形成单分子油膜

C. 油酸不溶于水

(2)下图是实验的部分操作步骤，下列说法正确的是_____



甲 描绘油膜轮廓



乙 撒粉



丙 记录滴油酸酒精溶液的滴数



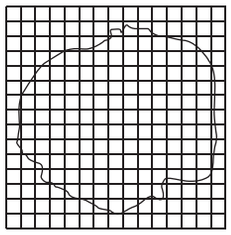
丁 往浅盘中滴油酸酒精溶液

A. 图中的操作步骤顺序是：丙→丁→乙→甲

B. 油酸酒精溶液配制好后，不能搁置很久才做实验

C. 往浅盘中滴入油酸酒精溶液后应立即描绘油膜轮廓

(3)①实验时，将 1 滴配制好的浓度 0.1%(即每 10^3 mL 油酸酒精溶液中有纯油酸 1 mL)的油酸酒精溶液滴入盛水的浅盘中，让油膜在水面上尽可能散开，待液面稳定后，把带有方格的玻璃板放在浅盘上，在玻璃板上描绘出油膜的边界轮廓，形状如图所示，图中正方形小方格边长为 1.0 cm，则油膜的面积 S 约为_____ m^2.



②若已知 75 滴油酸酒精溶液的总体积为 1.0 mL，则由①中的数据所测得的油酸分子直径 d 约为_____ m(保留一位有效数字).

(4)关于实验误差，下列说法正确的是_____

A. 撒石膏粉过厚，油膜未充分展开，导致分子直径测量值偏大

B. 计算油膜面积时，未计入所有边缘不满格面积，导致分子直径测量值偏小

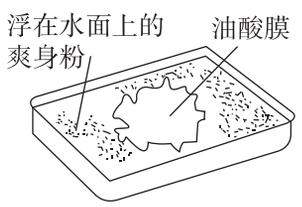
C. 若未等油酸完全扩散即描绘轮廓，油膜面积 S 偏小，直径测量值偏大

D. 用量筒测出 1 mL 溶液的滴数时，多数了滴数，导致计算出的分子直径偏大

[反思感悟]

随堂巩固

1. (实验原理和注意事项)(多选)如图在“用油膜法估测分子的大小”实验中，下列说法正确的是 (　　)



A. 实验中把适量爽身粉均匀洒在水面上即可，不能太多

B. 酒精溶液的作用是使油酸和爽身粉之间形成清晰的边界轮廓

C. 实验中的理想化假设是油膜为单层分子且分子是一个挨一个排列的

D. 实验中油酸分子的直径等于纯油酸的体积除以相应油酸膜的面积

2. (数据处理和误差分析)“油膜法估测油酸分子的大小”的实验方法及步骤如下：

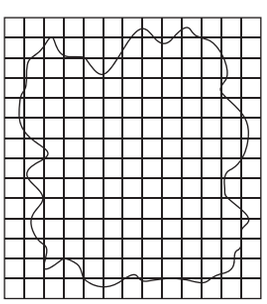
①向体积 $V_{油}=1$ mL 的油酸中加酒精，直至总量达到 $V_{总}=500$ mL；

②用注射器吸取①中配制好的油酸酒精溶液，把它一滴一滴地滴入小量筒中，当滴入 $n=100$ 滴时，测得其体积恰好是 $V_0=1$ mL；

③先往边长为 30～40 cm 的浅盘里倒入 2 cm 深的水，然后将爽身粉均匀地撒在水面上；

④用注射器往水面上滴一滴油酸酒精溶液，待油酸薄膜形状稳定后，将事先准备好的玻璃板放在浅盘上，并在玻璃板上描下油酸膜的轮廓；

⑤将画有油酸膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上，如图所示，数出轮廓范围内小方格的个数 N，小方格的边长 $a=20$ mm.



根据以上信息，回答下列问题：

(1)小方格的个数 N 为_____个.

(2)油酸分子的直径 d 约为_____m(结果保留一位有效数字).

(3)某同学在用油膜法估测油酸分子直径实验中，计算结果明显偏大，可能是由于_____.

A. 爽身粉太薄使油酸边界不清，导致油膜面积测量值偏大

B. 爽身粉太厚导致油酸未完全散开

C. 计算油膜面积时，舍去了所有不足一格的方格

D. 计算每滴体积时，1 mL 的溶液滴数多数了几滴

3　分子运动速率分布规律

学习任务一　气体分子运动的特点

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)随机性与统计规律

①必然事件：在一定条件下_____出现的事件.

②不可能事件：在一定条件下_____出现的事件.

③随机事件：在一定条件下_____出现，也_____不出现的事件.

④统计规律：大量_____的整体表现出的规律.

(2)气体分子的运动特点

①气体分子间距离_____，可以把气体分子视为_____，分子间的相互作用力_____，通常认为，气体分子除了相互碰撞或者跟器壁碰撞外，不受力而做匀速直线运动，气体充满它能达到的整个空间.

②分子间的碰撞_____. 频繁的碰撞使每个分子速度的大小和方向频繁地发生改变，造成气体分子做杂乱无章的热运动.

③大量分子的热运动在宏观上表现出一定的统计规律，在某一时刻，向着任何一个方向运动的分子都有，而且向_____运动的气体分子数目几乎_____.

【辨别明理】

1. 对于随机事件，个别事件的出现具有偶然性，但大量事件出现的机率遵从一定的规律. (　)

2. 某种气体的分子可能会出现某一时刻所有分子都朝同一方向运动的情况. (　)

3. 气体分子的运动速率可由牛顿运动定律求得. (　)

例 1 (多选)下列关于气体分子运动的说法正确的是 (　)

A. 分子除相互碰撞或跟容器壁碰撞外，可在空间自由移动

B. 分子的频繁碰撞致使它做杂乱无章的热运动

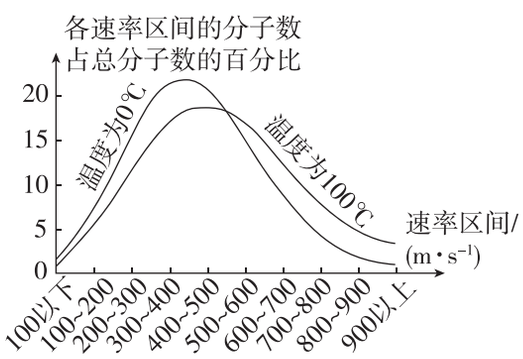
C. 分子沿各个方向运动的机会相等

D. 某时刻某一气体分子向左运动，则下一时刻它一定向右运动

学习任务二　分子运动速率分布图像

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

若以横坐标表示分子速率区间，纵坐标表示各速率区间的分子数占总分子数的百分比，作出分子运动速率分布图像如图所示.



该图像有以下几个特点：

(1)0 ℃和 100 ℃氧气分子的速率都呈“_____、_____”的分布.

(2)0 ℃时，速率在 300～400 m/s 的分子最多；100 ℃时，速率在 400～500 m/s 的分子最多.

(3)100 ℃的氧气，速率大的分子比例较多，其分子的平均速率比 0 ℃的大.

(4)随着温度升高，分布曲线的峰值向_____的方向移动.

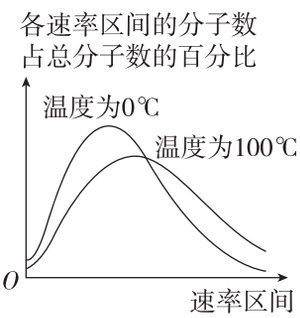
例 2 (多选)[2025·湖南汨罗一中高二期中]根据分子动理论，气体分子运动的剧烈程度与温度有关，氧气分子在 0 ℃和 100 ℃温度下分子运动速率分布图像如图，下列说法正确的是 (　)

A. 不论温度有多高，速率很大和很小的分子总是多数分子

B. 温度升高时，速率大的分子数增多

C. 温度升高时，每一个分子的速率都会增大

D. 温度变化时，“中间多、两头少”的分子分布规律不会发生改变



【要点总结】

1. 气体分子速率分布规律是大量气体分子遵从的统计规律，单个分子的运动具有不确定性.

2. 纵坐标表示各速率区间的分子数占总分子数的百分比总和为100%.

3. 从气体分子的速率分布图像直观地体会到温度越高，分子的热运动越剧烈.

学习任务三　气体压强的微观解释

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)气体压强的产生原因：气体对容器的压强源于气体分子的热运动，是大量气体分子不断撞击器壁的结果.

(2)决定气体压强大小的因素

①从微观角度来看，气体压强的大小跟_____和_____有关.

②从宏观角度来看，气体压强的大小跟_____和_____有关. 体积不变，温度越_____，气体的压强越大；温度不变，体积越_____，气体的压强越大.

例3 (多选)[2026·河北石家庄二中高二月考] 关于气体压强的产生，下列说法正确的是 (　　)

A. 气体的压强是大量气体分子对器壁频繁、持续地碰撞产生的

B. 气体对器壁产生的压强等于大量气体分子作用在器壁单位面积上的平均作用力

C. 气体的温度越高，每个气体分子与器壁碰撞的冲力越大

D. 气体压强的大小跟气体分子的平均速率和分子密集程度有关

[反思感悟]

素养提升

气体压强的微观公式 $p=\frac{1}{3}nmv^2$ 推导

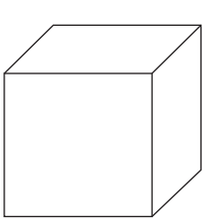
推导模型和基本假设：

1. 分子模型假设：气体分子被视为质点，除碰撞瞬间外，分子之间及分子与器壁之间无相互作用力，且碰撞为完全弹性碰撞.

2. 运动统计假设：大量分子做无规则热运动，在平衡态下，分子沿各个方向运动的概率相等.

3. 容器模型：通常假设气体封闭在立方体容器中.

示例 如图所示，正方体密闭容器中有大量的气体分子，每个气体分子质量为 m，单位体积内气体分子数量 n 为恒量. 为简化问题，我们假定：气体分子大小可以忽略；其速率均为 v，且与器壁各面碰撞的机会均等；与器壁碰撞前、后瞬间，粒子速度方向都与器壁垂直，且速率不变. 利用所学力学知识，推导容器内气体压强 p 与 m、n 和 v 的关系.(注意：解题过程中需要用到、但题目中没有给出的物理量，要在解题时作出必要的说明)



变式 在分子动理论中，将气体分子抽象为无引力的弹性质点.现有一束气体分子射向一个静止的光滑平壁，假定与平壁碰撞前分子束中的分子速度大小方向均相同，且速度方向与平壁垂直，碰后均原速率反弹.已知每个分子质量为 m，分子速率为 v，分子数密度为 n.则平壁受到的压强为 （ ）

A. $2nmv^2$　　B. nmv^2

C. $\frac{2}{3}nmv^2$　　D. $\frac{1}{3}nmv^2$

随堂巩固

1. （气体分子运动的特点）（多选）关于气体分子运动的特点，下列说法中正确的是 （ ）

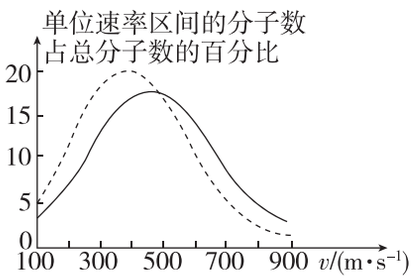
A. 由于气体分子间的距离较大，所以气体很容易被压缩

B. 气体之所以能充满整个空间，是因为气体分子间的作用力十分微弱，气体分子除了相互碰撞或跟器壁碰撞外，不受力而做自由运动

C. 由于气体分子间的距离较大，所以气体分子间根本不存在相互作用

D. 向各个方向运动的气体分子数目几乎相等

2. （分子运动速率分布规律）如图所示为 0 ℃和 100 ℃氧气分子的速率分布图，下列说法正确的是 （ ）



A. 分子速率分布图像中的实线代表 0 ℃氧气分子的速率分布规律

B. 分子速率分布图像表明，同一温度下速率越大的分子所占比例越大

C. 100℃氧气分子的速率分布图中 400～500 m/s 的速率区间分子所占比例小于 600～700 m/s 的速率区间分子所占比例

D. 0 ℃和 100 ℃氧气分子的速率分布图线跟速率轴所围成图像的“面积”相等

3. （气体压强的微观解释）（多选）[2025·吉林梅河口五中高二期中] 一定质量的气体，在体积不变的情况下，温度升高，压强增大的原因是 （ ）

A. 温度升高后，气体分子的平均速率变大

B. 温度升高后，气体分子的平均速率变小

C. 温度升高后，单个分子撞击器壁的平均作用力增大

D. 温度升高后，单位体积内的分子数增多，撞击到单位面积器壁上的分子数增多了

4　分子动能和分子势能

学习任务一　分子动能

[**教材链接**] 阅读教材，完成下列填空.

(1)分子动能：_____的动能叫作分子动能.

(2)分子平均动能：所有分子的动能的_____叫作分子热运动的平均动能.

(3)温度的微观意义：温度是分子热运动的_____的标志.

【**辨别明理**】

1. 物体温度升高时，物体内每个分子的动能都增大. （ ）

2. .物体运动的速度越大，其分子的平均动能也越大. （ ）

3. 只要温度相同，任何物体分子的平均速率都相同. （ ）

例 1 关于温度与分子动能的关系，下列说法正确的是 （ ）

A. 某物体的温度为 0 ℃，说明物体中分子的平均动能为零

B. 温度是分子热运动平均动能的标志

C. 温度较高的物体，其分子平均动能较大，则分子的平均速率也较大

D. 物体的运动速度越大，则物体的温度越高

例 2 （多选）对于 20 ℃的水和 20 ℃的水银，下列说法正确的是 （ ）

A. 两种物体的分子平均动能相同

B. 水银分子的平均动能比水分子的大

C. 两种物体的分子的平均速率相同

D. 水银分子的平均速率比水分子的平均速率小

【要点总结】

温度与分子平均动能关系的解题技巧

(1)温度升高，分子的平均动能增大，速率大的分子数增多，速率小的分子数减少，分子的平均速率增大.

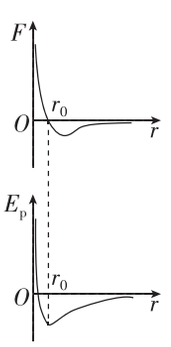
(2)温度只与分子热运动有关，与物体的宏观机械运动无关.

学习任务二　分子势能

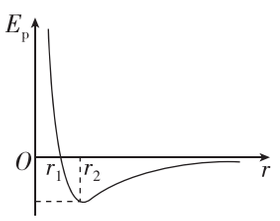
[物理观念] **1.** 分子势能：分子间存在着相互_____，可以证明分子间的作用力所做的功与_____无关，分子组成的系统具有分子势能.

2. 分子势能：与物体的_____有关.

[科学推理] 分子力做功与分子势能变化的关系

分子距离	分子力做功	分子势能变化(规定无穷远处分子势能为零)	分子力和分子势能随分子间距离变化的图像
当 $r>r_0$ 时	分子间的作用力表现为_____；若 r 减小，分子间的作用力做_____功	分子势能随分子间距离的减小而_____	
当 $r<r_0$ 时	分子间的作用力表现为_____；若 r 减小，分子间的作用力做_____功	分子势能随分子间距离的减小而_____	
当 $r=r_0$ 时	分子力等于 0	分子势能_____	

例 3 （多选）如图为以无穷远为零势能点的分子势能随分子间距的变化关系. 若一个分子固定于原点 O，另一个分子从距 O 点很远处(分子势能可视为零)，仅在分子间作用力下由静止开始向 O 点运动至不能再靠近. 在此过程中，下列说法正确的是 （ ）



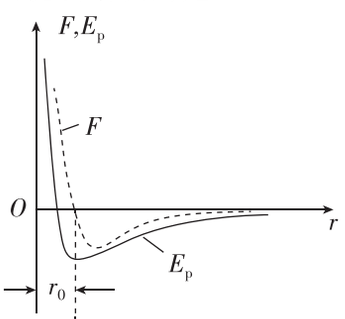
A. 分子间距离为 r_1 时处于平衡状态

B. 在此过程中，分子的加速度先变大，后变小再变大

C. 分子间距离为 r_2 时分子势能最大

D. 分子间距离为 r_1 时动能减为零

例 4 分子力 F、分子势能 E_p 与分子间距离 r 的关系图线如图所示(取无穷远处分子势能 $E_p=0$). 若甲分子固定于坐标原点 O，乙分子从某处(两分子间的距离大于 r_0 而小于 $10r_0$)由静止释放，在分子力的作用下沿 r 正半轴靠近甲分子. 下列说法错误的是 （ ）



A. 在乙分子靠近甲分子的过程中，分子势能先减小后增大

B. 在乙分子靠近甲分子的过程中，分子动能逐渐增大

C. 当乙分子距甲分子为 $r=r_0$ 时，速率最大

D. 当乙分子距甲分子为 $r=r_0$ 时，系统的分子势能最小

【要点总结】

分子势能图像问题的解题技巧

(1)E_p-r、F-r 关系图像中拐点的意义不同.E_p-r 图像的最低点(分子势能最小值)对应的距离是分子平衡距离 r_0,而 F-r 图像的最低点(引力最大值)对应的距离大于 r_0.

(2)E_p-r 图像与 r 轴交点的横坐标小于 r_0,F-r 图像与 r 轴交点的横坐标等于平衡距离 r_0.

(3)要把图像上的信息转化为分子间距离,再求解其他问题.

学习任务三　物体的内能

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

1. 内能:物体中所有_____与_____的总和叫作物体的内能.

2. 内能普遍性:组成任何物体的分子都在做无规则的_____,所以任何物体都具有内能.

[物理观念] 内能的决定因素

(1)从微观上看:物体的内能由组成物体的_____、分子热运动的_____和_____三个因素决定.

(2)宏观上看:物体内能的大小由物体的_____、_____和_____三个因素决定,同时受物态的影响.

例 5 对于实际的气体,下列说法正确的是(　)

A. 气体的内能包括气体分子的重力势能

B. 气体的内能包括气体分子之间相互作用的势能

C. 气体的内能包括气体整体运动的动能

D. 气体的内能只包括气体分子热运动的动能

【要点总结】

内能与机械能的区别和联系

项目	内能	机械能
对应的运动形式	微观分子热运动	宏观物体机械运动
能量常见形式	分子动能、分子势能	物体动能、重力势能和弹性势能
能量存在原因	由物体内大量分子的热运动和分子间相对位置决定	由于物体做机械运动或物体形变或被举高而具有
影响因素	物质的量、物体的温度和体积及物态	物体的机械运动的速度、相对于零势能面的高度或弹性形变程度
是否为零	永远不能等于零	一定条件下可以等于零
联系	在一定条件下可以相互转化	

随堂巩固

1. (物体的内能)关于物体的内能,下列说法中正确的是(　)

A. 物体的内能与物体的温度、体积都有关系

B. 体积相同的同种气体,它们的内能一定相等

C. 运动物体的速度增大,则分子动能增大,物体的内能也增大

D. 温度高的物体一定比温度低的物体内能大

2. (分子动能和分子势能)下列说法正确的是(　)

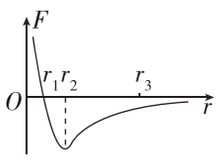
A. 随着物体运动速度的增大,物体分子动能也增大

B. 随着物体运动速度的减小,物体分子动能也减小

C. 在两个相距很远的分子逐渐靠近到很难再靠近的过程中,分子间作用力越来越大

D. 分子势能和分子间作用力有可能同时随分子间的距离增大而增大

3. （分子势能）[2026·广东深圳高二期中] 如图所示，物体中两分子，以甲分子所在位置为坐标原点，乙分子固定在 r 轴上，甲、乙两分子间作用力与两分子间距离关系图像如图. 现把乙分子从 r_3 处由静止释放，取无穷远处分子势能为 0，则 （ ）



A. 乙分子从 r_3 到 r_2 过程中表现为引力，从 r_2 到 r_1 过程中表现为斥力

B. 乙分子从 r_3 到 r_1 过程中，两分子间作用力先减小后增大

C. 乙分子从 r_3 到 r_1 过程中，分子势能一直在减小

D. 乙分子在 r_1 位置时，分子势能为零

▶知识整合与通关（一）

【知识网络构建】

- 分子动理论
  - 分子动理论的基本内容
    - 物体是由大量分子组成的
      - 分子模型
        - 球体模型直径：$d=\sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}}$
        - 立方体模型边长：$d=\sqrt[3]{V_0}$
      - 阿伏加德罗常数 $N_A=$ _____ mol^{-1}
    - 分子在做永不停息的无规则运动(分子热运动)
      - 实验依据：_____现象、_____运动
      - 运动特点：分子永不停息地做_____运动，温度越高，运动越_____
    - 分子间存在着相互作用力
      - $r<r_0$ 时，分子间的作用力表现为_____力
      - $r=r_0$ 时，分子间的作用力为_____
      - $r>r_0$ 时，分子间的作用力表现为_____力
  - 实验：用油膜法估测油酸分子的大小 $d=$ _____
  - 分子运动速率分布规律
    - 气体分子运动的特点
    - 分子运动速率分布图像
      - 分布特点：“_____、_____”
      - 温度越高，分子的平均速率越_____
    - 气体压强的微观解释
      - 产生：大量气体分子不断撞击器壁产生的
      - 决定因素
        - 微观上
          - 分子的_____
          - 分子的_____
        - 宏观上
          - _____
          - _____
  - 物体的内能
    - 分子动能：物体的_____是分子热运动平均动能的标志
    - 分子势能：由分子间_____决定
    - 物体内能
      - 所有分子的热运动_____和分子_____的总和
      - 决定因素：_____、_____、_____及物态

【本章易错通关】

易错点 1　估算时没有注意物态，误认为固体和液体与气体一样求解

1. （多选）某气体的摩尔质量为 M，摩尔体积为 V，密度为 ρ，每个分子的质量和体积分别为 m 和 V_0，则阿伏加德罗常数 N_A 可表示为　（　）

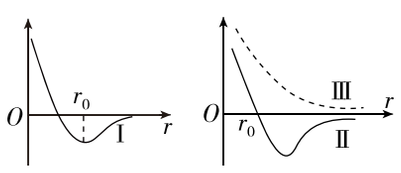
A. $N_A=\dfrac{V}{V_0}$　　B. $N_A=\dfrac{\rho V}{m}$

C. $N_A=\dfrac{M}{m}$　　D. $N_A=\dfrac{M}{\rho V_0}$

［反思感悟］

易错点 2　混淆分子力与宏观力，分不清分子势能和分子力随分子之间距离 r 变化的图像

2. ［2021·重庆卷］图甲、乙中曲线Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ分别描述了某物理量随分子之间的距离变化的规律，r_0 为平衡位置. 现有如下物理量：①分子势能，②分子间引力，③分子间斥力，④分子间引力和斥力的合力，则曲线Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ对应的物理量分别是　（　）



甲　　乙

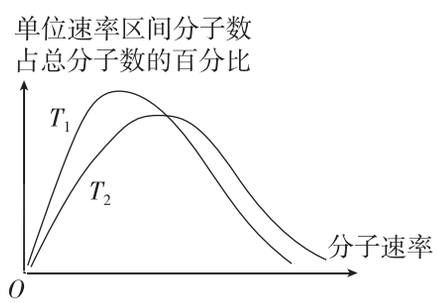
A. ①③②　　B. ②④③

C. ④①③　　D. ①④③

［反思感悟］

易错点 3　分不清分子运动速率分布图像，不明白图线与横轴所围成的图形的面积意义.

3. 某密闭钢瓶中有一定质量的气体，在温度分别为 T_1、T_2 时，各速率区间的分子数占总分子数的百分比随气体分子速率的变化图像如图中两条曲线所示. 则下列说法正确的是　（　）



A. 温度 T_1 大于温度 T_2

B. 图中两条曲线与坐标轴围成的面积不相等

C. 同一温度下，气体分子的速率都呈“中间多、两头少”的分布

D. 钢瓶中的气体的温度从 T_1 变化到 T_2 过程中，气体压强变小

［反思感悟］

第二章　气体、固体和液体

1　温度和温标

学习任务一　状态参量与平衡态

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)热力学系统：研究热学性质时，由_____组成的系统叫作热力学系统，简称系统.

(2)外界：系统之外与系统发生_____的其他物体统称为外界.

(3)状态参量：在热学中，为确定系统的状态所需要的一些量，如：_____、_____、温度等.

(4)平衡态：无外界影响，_____的状态.

说明：平衡态是状态量，不是过程量，处于平衡态的系统，状态参量在较长时间内不发生变化.

例 1　下列说法正确的是　(　)

A. 只有处于平衡态的系统才有状态参量

B. 状态参量是描述系统状态的物理量，故当系统状态变化时，其状态参量都会改变

C. 两物体发生传热时，两系统处于平衡态

D. 0 ℃的冰水混合物放入 0 ℃的环境中，冰水混合物处于平衡态

[反思感悟]

【要点总结】

对平衡态的理解

(1)平衡态是一种理想情况，因为任何系统完全不受外界影响是不可能的.

(2)热力学的平衡态是一种动态平衡，组成系统的分子仍在不停地做无规则运动，表现为系统的宏观参量体积、压强、温度不随时间变化.

学习任务二　热平衡与温度

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)热平衡：如果两个系统相互接触而_____，这两个系统的_____将会互相影响而分别改变. 经过一段时间后，各自的状态参量就不再变化了，这说明两个系统达到了平衡. 这种平衡叫作热平衡.

(2)热平衡定律：如果两个系统分别与第三个系统达到_____，那么这两个系统彼此之间也必定处于热平衡，这个结论称为热平衡定律.

(3)温度：表征处于热平衡的系统共同的_____的物理量.

一切达到热平衡的系统具有相同的温度.

例 2　关于平衡态和热平衡，下列说法正确的是　(　)

A. 热平衡就是平衡态

B. 只要系统的温度不变化，系统就处于平衡态

C. 处于热平衡的两个系统内能一定相同

D. 处于热平衡的两个系统温度一定相同

[反思感悟]

例 3　(多选)关于温度，下列说法中正确的是　(　)

A. 一个分子的运动速度越大，它的温度就越高

B. 物体的状态发生变化时，它的温度可以保持不变

C. 热平衡定律是温度计能够用来测量温度的基本原理

D. 温度是分子热运动剧烈程度的反映，当温度升高时物体内部每个分子的动能都增加

【要点总结】

1. 平衡态与热平衡的比较

	平衡态	热平衡
研究对象	一个系统	两个接触的系统
判断依据	系统不受外界影响，状态参量不变	两个系统的温度相同
联系	处于热平衡的两个系统都处于平衡态	

2. 温度的含义

宏观角度	表示物体的冷热程度
微观角度	反映分子热运动的剧烈程度，温度是分子平均动能的标志
热平衡角度	温度的严格定义是建立在热平衡定律基础上的.热平衡定律指出，一切达到热平衡的系统都具有相同的温度

3. 温度计测温原理：处于热平衡的系统具有相同的温度.使温度计与待测物体接触，达到热平衡，其温度与待测物体的温度相同.

学习任务三　温度计与温标

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)温标：如果要_____地描述温度，就必须有一套方法，这套方法就是温标.

(2)摄氏温标是一种常用的表示温度的方法，规定标准大气压下冰的熔点为_____，水的沸点为_____，并据此把玻璃管上 0 ℃刻度和 100 ℃刻度之间均匀分成 100 等份，每份算作 1 ℃.

(3)热力学温标表示的温度叫作热力学温度，它是国际单位制中七个基本量之一，用符号 T 表示，单位是开尔文，简称_____，符号为_____.

(4)摄氏温标与热力学温标的关系：摄氏温标由热力学温标导出，摄氏温标所确定的温度用 t 表示，它与热力学温度 T 的关系是_____.

[物理观念] 常见温度计的原理

名称	原理
水银温度计	根据水银的_____的性质来测量温度
金属电阻温度计	根据金属的_____随温度的变化来测量温度
气体温度计	根据气体_____随温度的变化来测量温度
热电偶温度计	根据不同导体因_____而产生电动势的大小不同来测量温度

（续表）

名称	原理
双金属温度计	根据线膨胀程度不同的两金属片的_____随温度变化来测量温度

【辨别明理】

1. 热力学温度的零点是－273.15 ℃.　(　)

2. －136 ℃比 136 K 温度高.　(　)

3. 0 ℃相当于 273.15 K.　(　)

例 4 关于温度与温标，下列说法正确的是(　)

A. 温度与温标是一回事，所以热力学温标也称为热力学温度

B. 摄氏温度与热力学温度都可以取负值

C. 摄氏温度升高 3 ℃，在热力学温标中温度升高 276.15 K

D. 热力学温度每 1 K 的大小与摄氏温度每 1 ℃的大小相等

[反思感悟]

【要点总结】

1. 摄氏温度变化 1 ℃与热力学温度变化 1 K 是等效的，即 $\Delta T=\Delta t$，而不是 $\Delta T=\Delta t+273.15$ K.

2. 0 K 是低温的极限，只能无限接近，但不可能达到，故热力学温度不能出现负值，但摄氏温度可以出现负值.

随堂巩固

1. (状态参量与平衡态)下列说法中正确的是(　)

A. 状态参量是描述系统状态的物理量,故当系统的状态变化时,其各个状态参量都会改变

B. 当系统不受外界影响,且经过足够长的时间,其内部各部分状态参量将会达到稳定

C. 只有处于平衡态的系统才有状态参量

D. 处于平衡态的热力学系统,分子的热运动停止

2. (热平衡与温度)(多选)两个原来处于热平衡的系统分开后,由于受外界的影响,其中一个系统的温度升高了 5 K,另一个系统的温度升高了 5 ℃,则下列说法正确的是(　)

A. 两个系统不再处于热平衡了

B. 两个系统此时仍处于热平衡

C. 两个系统的状态都发生了变化

D. 两个系统的状态都没有发生变化

3. (温度计与温标)金华 6 月某天的最高温度为 36 ℃,最低温度为 27 ℃,用热力学温标来表示金华这一天的最高温度和最大温差分别为(　)

A. 36 K;9 K　　B. 309.15 K;9 K

C. 36 K;300.15 K　　D. 309.15 K;282.15 K

2　气体的等温变化

第 1 课时　实验:探究气体等温变化的规律

一、实验思路

【实验目的】

1. 通过实验探究一定质量的气体在温度不变条件下的压强与体积之间的关系.

2. 利用图像法处理数据,描述规律.

【实验原理】

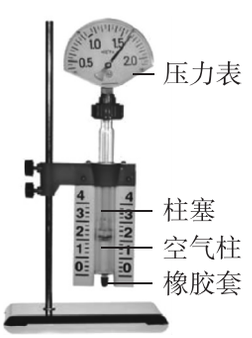
1. 采用控制变量法,控制气体_____和_____不变,研究气体压强与体积的关系.

2. 利用一个既能改变气体体积,又能测出与体积相对应的气体压强的封闭容器,在容器中封闭一定质量的空气,在温度不变的情况下,测量气体在不同体积时的压强,再分析气体压强与体积的关系.

二、物理量的测量

【实验装置】

装置及安装如图甲所示



甲

【实验步骤】

1. 利用注射器选取_____为研究对象,注射器下端开口处有橡胶套,它和柱塞一起把一段空气柱封闭.在实验过程中,一方面让空气柱内气体的质量不变;另一方面,让空气柱的体积变化不要太快,保证温度不发生明显的变化.

2. 需要测量空气柱的体积 V 和空气柱的压强 p,具体操作如下:

(1)空气柱的长度 l 可以通过_____读取,空气柱的长度 l 与横截面积 S 的乘积就是它的体积 V.

(2)空气柱的压强 p 可以从与注射器内空气柱相连的压力表读取.

把柱塞缓慢地向下压或向上拉,读取空气柱的长度与压强的几组数据.示例如下表.

序号	注射器内空气柱的长度 l/cm	空气柱的压强 p/(10^5 Pa)
1		
2		
…		

三、数据分析

【数据处理】

根据采集到的数据作出的 p-V 图像如图乙所示.图像类似于双曲线,猜想空气柱的压强与体