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

浙江省

选择性必修第三册 RJ

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

天津出版传媒集团

天津人民出版社

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 …… 103

2　实验：用油膜法估测油酸分子的大小 …… 107

3　分子运动速率分布规律 …… 109

4　分子动能和分子势能 …… 112

02 第二章　气体、固体和液体
PART TWO

1　温度和温标 …… 115

2　气体的等温变化 …… 117

第 1 课时　实验：探究气体等温变化的规律　玻意耳定律 …… 117

第 2 课时　玻意耳定律的应用 …… 120

3　气体的等压变化和等容变化 …… 123

第 1 课时　气体的等压变化和等容变化 …… 123

第 2 课时　理想气体　气体实验定律的微观解释 …… 125

专题课：气体实验定律和理想气体状态方程的应用 …… 127

专题课：理想气体的变质量和关联气体问题 …… 129

4　固体 …… 133

5　液体 …… 136

03 第三章　热力学定律
PART THREE

1　功、热和内能的改变 …… 139

2　热力学第一定律　3　能量守恒定律 …… 141

专题课：热力学第一定律与气体实验定律的综合问题 …… 145

4　热力学第二定律 …… 148

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 …… 151

2　光电效应 …… 153

第 1 课时　光电效应 …… 153

第 2 课时　光电效应的图像问题　康普顿效应　光的波粒二象性 …… 155

3　原子的核式结构模型 …… 159

4　氢原子光谱和玻尔的原子模型 …… 162

第 1 课时　氢原子光谱和玻尔的原子模型 …… 162

第 2 课时　玻尔理论对氢光谱的解释及其局限性　氢原子能级跃迁 …… 165

5　粒子的波动性和量子力学的建立 …… 168

05 第五章　原子核
PART FIVE

1　原子核的组成 …… 171

2　放射性元素的衰变 …… 173

3　核力与结合能 …… 176

4　核裂变与核聚变　5　“基本”粒子 …… 179

◆ 参考答案 …… 183

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，填写相关知识.

(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] (1)若某种物质的摩尔质量为 M，摩尔体积为 V，则一个分子的质量为_____，假设分子紧密排列，一个分子的体积为_____.(已知阿伏加德罗常数为 N_A)

(2)设 V_0 为一个分子的体积，V 为摩尔体积，那么 $V=N_AV_0$，对于任何物质都成立吗？

例 1 [2024·绍兴一中高二月考] 阿伏加德罗常数是 $N_A\ \text{mol}^{-1}$，铜的摩尔质量是 μ kg/mol，铜的密度是 ρ kg/m^3，则下列说法不正确的是　(　)

A. 1 m^3 铜中所含的原子数为 $\dfrac{\rho N_A}{\mu}$

B. 一个铜原子的质量是 $\dfrac{\mu}{N_A}$ kg

C. 1 kg 铜所含有的原子数为 ρN_A

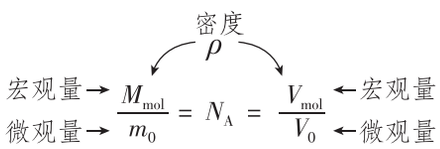
D. 一个铜原子所占的体积是 $\dfrac{\mu}{\rho N_A}$ m^3

[反思感悟]

【要点总结】

1. 阿伏加德罗常数 N_A(桥梁和纽带作用)

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.

2. 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：$N=nN_A=\dfrac{m}{M_{\text{mol}}}N_A=\dfrac{V}{V_{\text{mol}}}N_A$.

学习任务二　分子热运动

[教材链接] 阅读教材，填写相关知识.

1. 扩散现象

(1)定义：不同种物质能够彼此_____的现象.

(2)产生原因：扩散现象并不是外界作用引起的，也不是化学反应的结果，而是由物质分子的_____产生的.

(3)意义：扩散现象是物质分子_____的证据之一.

(4)应用：生产半导体器件时，在高温条件下通过分子的_____，在纯净半导体材料中掺入其他元素.

2. 布朗运动

(1)布朗运动：_____的这种_____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.

(2)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.

[科学探究] 如图所示，在两个相同的玻璃杯中分别装入质量相等的冷水和热水，然后在两杯水中同时滴入一滴墨水，一段时间后观察到两个杯子中的墨水呈如图所示的扩散现象. 该实验表明扩散现象的快慢与_____有关，_____，扩散越快.


冷水　热水

例 2 （多选）[2024·诸暨中学高二月考] 关于扩散现象，下列说法正确的是（　）

A. 扩散现象是指相互接触的物体彼此进入对方的现象

B. 扩散现象只能在液体中进行

C. 扩散现象说明分子在做永不停息的无规则运动且分子之间是有空隙的

D. 扩散的快慢与温度无关

[反思感悟]

【要点总结】

对扩散现象的理解：

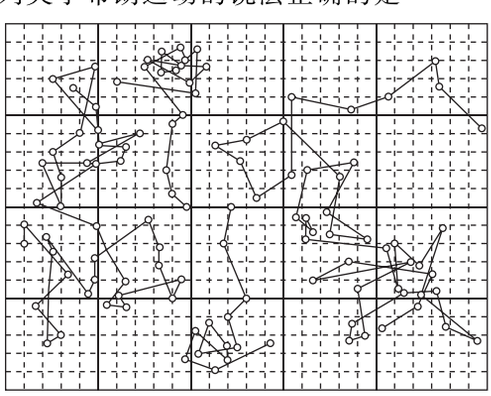
(1)意义：直接证明组成物体的分子在不停地运动.

(2)影响因素：

①物态：气态物质的扩散最快，现象最显著；固态物质的扩散最慢，短时间内现象非常不明显；液态物质的扩散现象明显程度介于气态与固态之间.

②温度：在两种物质一定的前提下，扩散现象发生的显著程度与物质的温度有关，温度越高，扩散现象越显著.

例 3 [2025·宁波高二期中] 在显微镜下追踪一颗小炭粒的运动，每隔一段时间把炭粒的位置记录下来，然后用线段把这些位置按时间顺序依次连接起来便可以得到类似于图中某一颗微粒运动的位置连线. 下列关于布朗运动的说法正确的是（　）



A. 布朗运动就是分子的无规则运动

B. 在显微镜下可以观察到煤油中小颗粒灰尘的布朗运动，这就说明煤油分子在做无规则运动

C. 布朗运动证明，组成固体小颗粒的分子在做无规则运动

D. 在一杯水中加入一花粉颗粒，加热时发现花粉颗粒剧烈翻滚，这说明温度越高布朗运动越剧烈

[反思感悟]

【要点总结】

1. 颗粒越小，布朗运动越明显；温度越高，布朗运动越明显.

2. 教材图 1.1-4 所示的微粒运动的位置连线不是固体微粒运动的轨迹.

3. 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

[**教材链接**] 阅读教材，填写相关知识.

1. 分子间有空隙

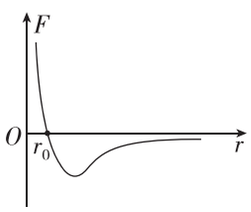
(1)气体很容易被压缩，说明_____分子之间存在着很大的空隙.

(2)水和酒精混合后总体积会减小，说明_____分子间存在着空隙.

(3)压在一起的金块和铅块，各自的分子能扩散到对方的内部，说明_____分子之间也存在着空隙.

2. 分子间的作用力

(1)分子间的作用力 F 跟分子间距离 r 的关系如图所示.



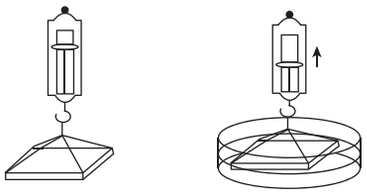
①当 $r<r_0$ 时，分子间的作用力 F 表现为_____，分子力随分子间距离的增大而减小.

②当 $r=r_0$ 时，分子间的作用力 F 为 0，这个位置称为_____.

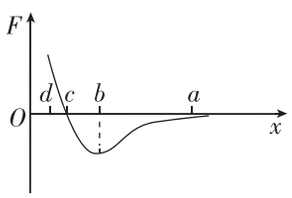
③当 $r>r_0$ 时，分子间的作用力 F 表现为_____，分子力随分子间距的增大先增大后减小.

(2)产生原因：由原子内部_____的相互作用引起的.

[**科学探究**] 把一块洗干净的玻璃板吊在弹簧测力计的下端(图甲)，手持弹簧测力计上端，让玻璃板恰好与水槽内水面接触(图乙)，并慢慢向上提起弹簧测力计. 向上提起时弹簧测力计的示数变大，这主要是因为分子间存在_____.



例 4 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 过程中，两分子间无分子斥力

B. 乙分子由 a 到 c 过程中，两分子间作用力先减小后增大

C. 乙分子由 a 到 c 一直加速

D. 乙分子从 b 到 c 减速，从 c 到 d 加速

[**反思感悟**]

学习任务四　分子动理论

[**教材链接**] 阅读教材，填写相关知识.

1. 分子动理论：把物质的热学性质和规律看作微观粒子_____的宏观表现而建立的理论.

2. 基本内容

(1)物体是由_____分子组成的；

(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

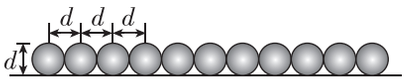
[**反思感悟**]

素养提升

分子的两种模型

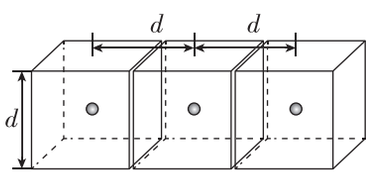
1. 球体模型

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 $V_0=\frac{V}{N_A}$ 及 $V_0=\frac{1}{6}\pi d^3$ 可得 $d=\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi N_A}}$.（$V$ 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 $V_0=\frac{V}{N_A}$ 及 $V_0=d^3$ 可得 $d=\sqrt[3]{\frac{V}{N_A}}$.



示例 已知水的摩尔质量为 $M=1.8\times10^{-2}\ \mathrm{kg\cdot mol^{-1}}$，水的密度 $\rho=1.0\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}$，阿伏加德罗常数 $N_A=6.02\times10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$，则：

(1)水的摩尔体积 $V_{mol}=$ _____ $\mathrm{m^3\cdot mol^{-1}}$.

(2)水分子的质量 $m_0=$ _____ kg，水分子的体积 $V'=$ _____ $\mathrm{m^3}$.（均保留一位有效数字）

(3)将水分子看作球体，其直径 $d=$ _____ m（保留一位有效数字），一般分子直径的数量级是_____ m.

变式 [2024·台州中学高二月考] 若用 M 表示某物质的摩尔质量，m 表示分子质量，ρ 表示物质的密度，V 表示摩尔体积，V' 表示分子体积，N_A 为阿伏加德罗常数，则下列关系中正确的是 （ ）

A. 分子间距离 $d=\sqrt[3]{\frac{6V'}{\pi}}$

B. 单位体积内分子的个数为 $\frac{\rho N_A}{M}$

C. 分子的体积一定是 $\frac{M}{\rho N_A}$

D. 物质的密度一定是 $\rho=\frac{m}{V'}$

随堂巩固

1.（扩散现象）[2024·绍兴高二期末] 我们在实验室用酒精进行实验时，整个实验室很快就闻到了刺鼻的酒精气味，这是一种扩散现象. 以下有关分析错误的是 （ ）

A. 扩散现象只发生在气体、液体之间

B. 扩散现象说明分子在不停息地运动

C. 温度越高时扩散现象越剧烈

D. 扩散现象说明分子间存在着间隙

2.（布朗运动）关于布朗运动及其原因，以下说法不正确的是 （ ）

A. 布朗运动是悬浮在液体中的固体微粒的无规则运动，间接证实了液体分子的无规则运动

B. 布朗运动是液体分子的运动，它说明分子在做永不停息的无规则运动

C. 布朗运动是由液体分子对悬浮颗粒碰撞作用不平衡引起的

D. 液体的温度越高，布朗运动越剧烈

3.（分子动理论）（多选）[2024·台州中学高二月考] 下面实验事实中能说明分子在永不停息地运动的是 （ ）

A. 把金块和铅块两种金属表面磨光，压合在一起，经过相当长的时间，会发现两种金属彼此渗透进入对方一定的深度

B. 一根下端封闭的长玻璃管，先灌入一半水，再灌入一半酒精，堵住上口，上下颠倒几次，看到总体积变小

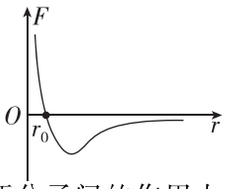
C. 用显微镜观察悬浮在液体中的花粉小颗粒，发现它们在永不停息地做无规则运动

D. 糖块是甜的，糖溶化在水中，水也是甜的

4.（分子间的作用力）如图所示为分子间相互作用力随分子间距离变化的关系图像，关于分子间相互作用力的判断，下列说法正确的是 （ ）

A. 分子力随分子间距离的增大而减小

B. 分子力随分子间距离的减小而减小



C. 当分子间的距离为 $1.2r_0$ 时，两分子间的作用力表现为引力

D. 当分子间的距离为 $0.9r_0$ 时，两分子间的作用力表现为引力

5.（物体是由大量分子组成的）[2025·杭州高二期中] 浙江大学某课题组制备出了一种超轻的固体气凝胶，它刷新了目前世界上最轻的固体材料的记录. 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），阿伏加德罗常数为 N_A，则 （ ）



A. a 千克气凝胶所含分子数为 $n=a\cdot N_A$

B. 气凝胶的摩尔体积为 $V_{mol}=\dfrac{M}{6\rho}$

C. 每个气凝胶分子的体积为 $V_0=\dfrac{MN_A}{\rho}$

D. 每个气凝胶分子的直径为 $D=\sqrt[3]{\dfrac{6M}{\pi N_A\rho}}$

2 实验：用油膜法估测油酸分子的大小

一、实验思路

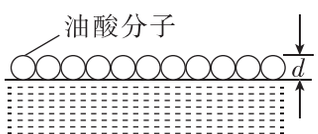
【实验目的】

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 $V_0=\dfrac{1}{n}$ 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						
…						

例 1 [2024·学军中学高二月考] “用油膜法估测油酸分子的大小”实验的简要步骤如下：

A. 根据画有油膜轮廓的玻璃板上的坐标方格，数出轮廓内的方格数（不足半个的舍去，多于半个的算一个），再根据方格的面积求出油膜的面积 S.

B. 将一滴油酸酒精溶液滴在水面上，立即将带有坐标方格的玻璃板放在浅盘上，用彩笔将薄膜的形状描画在玻璃板上.

C. 用浅盘装入约 2 cm 深的水.

D. 用公式 $d=\frac{V}{S}$，求出薄膜厚度，即油酸分子的直径.

E. 用注射器将事先配制好的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒，记下一定体积的溶液对应的总滴数. 根据油酸酒精溶液的浓度，算出一滴溶液中纯油酸的体积 V.

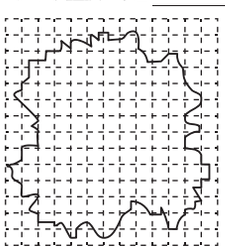
(1)上述步骤中有两个步骤有遗漏或不完整的，请指出并改正：

①_____.

②_____.

(2)上述实验步骤的合理顺序是_____.

(3)若油酸酒精溶液的浓度为每 10^4 mL 溶液中有纯油酸 6 mL，用注射器测得 1 mL 上述溶液有液滴 75 滴. 把 1 滴该溶液滴入盛水的浅盘里，最后油膜的形状和尺寸如图所示，坐标中小方格的边长为 1 cm，则油膜的面积是_____ m^2；1 滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积是_____ m^3；根据以上数据，估测出油酸分子的直径是_____ m.



(4)某同学实验中最终得到的计算结果和大多数同学的比较，数据偏大，对出现这种结果的原因，下列说法中可能正确的是_____.

A. 错误地将油酸酒精溶液的体积直接作为油酸的体积进行计算

B. 计算油膜面积时，错将不完整的方格作为完整方格处理

C. 计算油膜面积时，只数了完整的方格数

D. 水面上爽身粉撒得较多，油膜没有充分展开

[反思感悟]

【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.

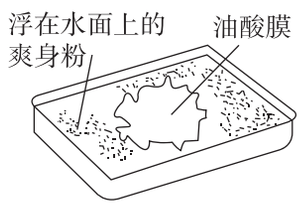
2. 形成单分子油膜：只有形成单分子油膜，才能保证分子的直径计算式 $d=\frac{V}{S}$ 成立. 要求使用的油酸酒精溶液的浓度、爽身粉的用量适宜.

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.

随堂巩固

1. (用油膜法估测油酸分子的大小)(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 (　　)



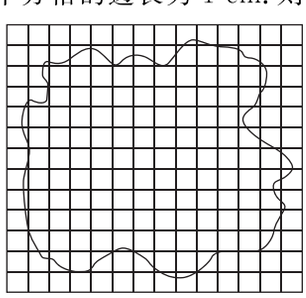
A. 实验中把适量爽身粉均匀撒在水面上即可，不能太多

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. (实验数据处理及误差分析)[2025·宁波高二期中] 在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，油酸酒精溶液的浓度约为每 1×10^4 mL 溶液中有纯油酸 6 mL. 用注射器测得 1 mL 上述溶液为 75 滴，把 1 滴该溶液滴入盛水的撒有爽身粉的浅盘里，待水面稳定后，将玻璃板放在浅盘上，用笔在玻璃板上描出油膜的轮廓，再把玻璃板放在坐标纸上，其形状如图所示，坐标纸中方格的边长为 1 cm. 则：



(1)油膜的面积是_____；

(2)每滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积是_____;

(3)按以上实验数据估测出油酸分子的直径是_____(结果保留两位有效数字);

(4)某同学实验中得到的结果比大多数同学的结果偏大,关于出现这种结果的原因,下列说法可能正确的是_____.

A. 油酸中含有大量酒精

B. 计算油膜面积时,所有不足一格的方格都作为整格计入

C. 水面上爽身粉撒得较多,油酸未完全散开

D. 将油酸酒精溶液的体积直接作为油酸的体积进行计算

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,填写相关知识.

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_____.

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

【要点总结】

气体的热现象的研究对象是大量的、具有统计学意义的气体分子,而不是个别的气体分子.

学习任务二 分子运动速率分布图像

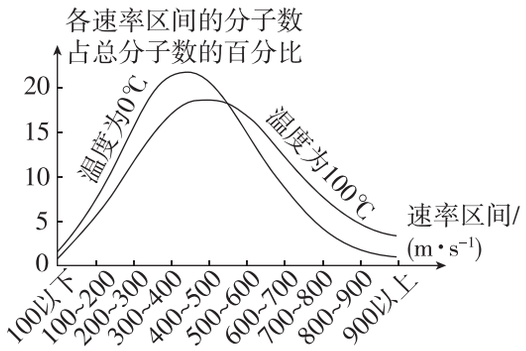
[**科学思维**] 尽管大量气体分子做无规则运动,速率有大有小,但分子的速率却是按一定的规律分布.下表是氧气分子在 0 ℃和 100 ℃两种不同情况下的速率分布情况.

速率区间/($m \cdot s^{-1}$)	各速率区间的分子数占总分子数的百分比(%)	
	0 ℃	100 ℃
100 以下	1.4	0.7
100～200	8.1	5.4
200～300	17.0	11.9
300～400	21.4	17.4

(续表)

速率区间/($m \cdot s^{-1}$)	各速率区间的分子数占总分子数的百分比(%)	
	0 ℃	100 ℃
400～500	20.4	18.6
500～600	15.1	16.7
600～700	9.2	12.9
700～800	4.5	7.9
800～900	2.0	4.6
900 以上	0.9	3.9
百分比总和	100	100

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：

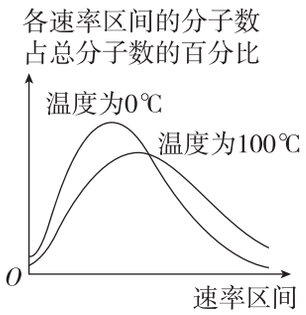
(1)0 ℃和100 ℃氧气分子的速率都呈“中间多、两头少”的分布.

(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)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%.

例2 (多选)[2024·绍兴一中高二月考] 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. 气体分子速率分布规律

(1)在一定温度下，所有气体分子的速率都呈“中间多、两头少”的分布.

(2)温度越高，速率大的分子所占比例越大.

(3)温度升高，气体分子的平均速率变大，但具体到某一个气体分子，速率可能变大、可能变小也可能不变，无法确定.

学习任务三　气体压强的微观解释

[**教材链接**] 阅读教材，填写相关知识.

1. 气体压强的产生原因：大量气体分子连续均匀地撞击器壁.

2. 气体压强的大小：器壁_____上受到的压力.

3. 决定气体压强大小的因素

(1)微观因素

①与气体分子的_____有关：气体分子数密度(即单位体积内气体分子的数目)越大，在单位时间内，与单位面积器壁碰撞的分子数就越_____，气体压强就越_____.

②与气体分子的_____有关：气体分子的平均速率越大，每个气体分子与器壁碰撞时(可视为弹性碰撞)给器壁的冲力就越_____；从另一方面讲，分子的平均速率越大，在单位时间内器壁受气体分子撞击的次数就越_____，累计冲力就越大，气体压强就越_____.

(2)宏观因素

①与温度有关：一定质量的气体，体积一定时，温度越_____，气体的压强越大.

②与体积有关：一定质量的气体，温度一定时，体积越_____，气体的压强越大.

例3 (多选)以下说法正确的是 (　　)

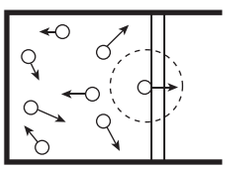
A. 气体的温度升高时，分子的热运动变得剧烈，分子平均每次撞击器壁的作用力增大，气体的压强却不一定增大

B. 气体的体积变小时，单位体积的分子数增多，单位时间内打到器壁单位面积上的分子数增多，气体的压强一定增大

C. 压强增大是因为分子间斥力增大

D. 压强增大是因为气体分子对器壁单位面积的作用力增大

例 4 从分子动理论的观点来看，气体分子间距离比较大，分子间的作用力很弱，气体对容器的压强源于气体分子的热运动. 当它们飞到器壁时，就会跟器壁发生碰撞(可视为弹性碰撞)，对器壁产生作用力从而产生压强，如图所示. 设气体分子的质量为 m，气体分子热运动的平均速率为 v. 下列说法正确的是 (　　)



A. 气体分子除了相互碰撞或者跟器壁碰撞外，可视为匀速直线运动

B. 在某一时刻，向各个方向运动的气体分子数目差距很大

C. 每个气体分子跟器壁发生碰撞过程中，施加给器壁的冲量大小为 $2mv$

D. 若增大气体体积，则气体压强一定减小

[反思感悟]

【要点总结】

1. 温度一定时，气体分子的数密度(即单位体积内气体分子的数目)越大，在单位时间内与单位面积器壁碰撞的分子数就越多，气体的压强就越大.

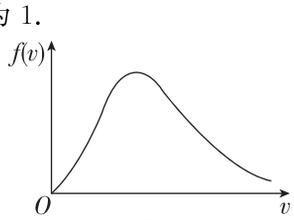
2. 体积一定时，气体的温度越高，气体分子与器壁碰撞(可视为弹性碰撞)时给器壁的冲量就越大；从另一方面讲，分子的平均速率越大，在单位时间内单位面积器壁受气体分子撞击的次数就越多，作用力就越大，气体的压强就越大.

3. 大气压是由重力产生的，大气压随高度增大而减小；气体的压强是由大量分子无规则热运动向各个方向撞击而产生的，气体的压强不随高度变化而变化.

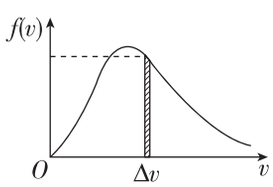
素养提升

麦克斯韦理想气体分子速率分布

麦克斯韦在 1859 年用概率论证明了在平衡态下，理想气体分子的速度分布是有规律的，这个规律称为麦克斯韦速率分布律，并给出了它的分布函数表达式. 若以横坐标 v 表示分子速率，纵坐标表示速率 v 附近单位速率区间内的分子数占总分子数的百分比，函数表达式为 $f(v)=\dfrac{\Delta N}{N\Delta v}$，其中 N 为总分子数，ΔN 为各速率区间的分子数. 图像如图甲所示. 如图乙所示，通过微元法解释图像与横轴所围的面积的物理意义，$\Delta S=f(v)\Delta v=\dfrac{\Delta N}{N}$，所以，得出整个图像与横轴所围的面积的数值为 1.



甲



乙

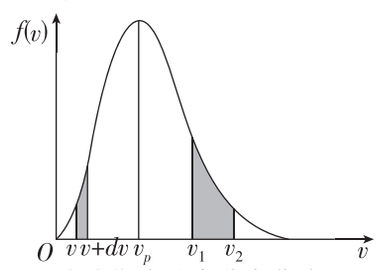
示例 (多选)[2024·金华一中高二月考] 速率分布曲线表明速率很小和很大的分子数占总分子数的百分率都较小，而具有中等速率的分子数占总分子数的百分率较高，当 $v=v_p$ 时，$f(v)$ 取极大值，v_p 称为最概然速率，也称最可几速率，其物理意义是，如果把整个速率范围分成许多相等的小区间，则分布在 v_p 所在小区间的分子数占总分子数的百分比最大. 下列说法正确的是 (　　)

A. 如图所示因这些是概率分布，所以麦克斯韦速率分布曲线与 v 轴围成的面积为 1

B. 在有限速率区间 $v_1\sim v_2$ 内曲线下的阴影面积的物理意义是，速率分布在 $v_1\sim v_2$ 的分子数占总分子数的百分比，或一个分子的速率在 $v_1\sim v_2$ 内的概率

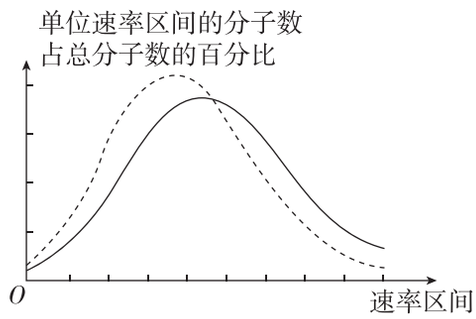
C. 任何温度下气体分子速率分布图像都一样

D. 曲线反映某温度时氧气分子速率呈“中间多，两头少”的分布



麦克斯韦速率分布曲线

变式 (多选)[2024·杭州二中高二月考] 氧气分子在 0 ℃和 100 ℃温度下单位速率区间的分子数占总分子数的百分比随速率区间的变化分别如图中两条曲线所示. 下列说法正确的是 (　　)



A. 图中两条曲线下面积相等

B. 图中虚线对应氧气分子平均速率较小的情形

C. 图中实线对应氧气分子在 100 ℃时的情形

D. 图中曲线给出了任意速率区间的氧气分子数目

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

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.（气体压强的产生）密闭容器中气体的压强（　）

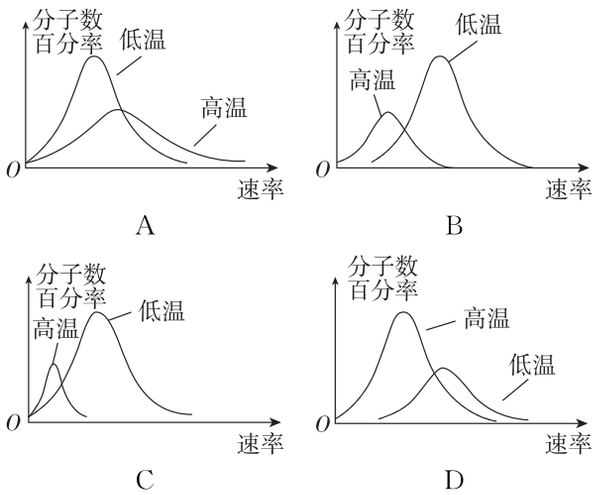
A. 是由于气体的重力而产生的

B. 是由于分子间的相互作用力而产生的

C. 是由于大量气体分子频繁碰撞器壁而产生的

D. 在失重的情况下等于零

3.（分子运动速率分布规律）下列选项中，能正确描述某种气体分子速率分布规律的是（　）



4.（气体压强的微观解释）（多选）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，填写相关知识.

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.

[科学探究] (1)物体加速运动时，分子的平均动能_____（选填“会”或“不会”）增大，原因是：分子的平均动能由_____决定，与_____无关.

(2)物体温度升高时，物体内每个分子的动能_____（选填“一定”或“不一定”）都增加，因为，温度是_____无规则热运动的集体表现，对于个别分子，温度是没有意义的.

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

[反思感悟]

【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

[教材链接] 阅读教材，填写相关知识.

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.

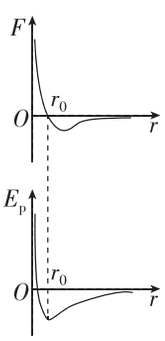
2. 分子势能的大小由分子间的_____决定.这说明分子势能与_____是有关系的.

3. 分子势能的决定因素

(1)宏观上：分子势能的大小与物体的_____有关.

(2)微观上：分子势能的大小与分子之间的_____有关.

[科学推理] 分子势能与分子间距离的关系

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_____	

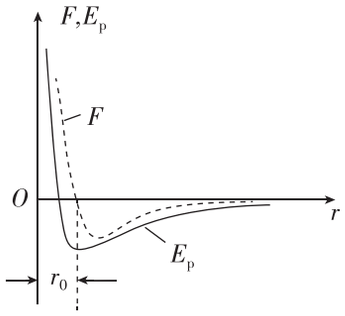
例2 分子力 F、分子势能 E_p 与分子间距离 r 的关系图线如图所示(取无穷远处分子势能 $E_p=0$).若甲分子固定于坐标原点 O，乙分子从某处(两分子间的距离大于 r_0 而小于 $10r_0$)由静止释放，在分子力的作用下沿 r 正半轴靠近甲分子.下列说法错误的是(　　)

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

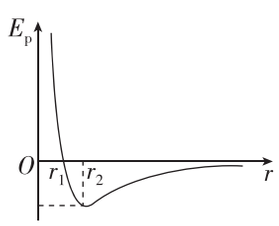
C. 当乙分子距甲分子为 $r=r_0$ 时，速率最大

D. 当乙分子距甲分子为 $r=r_0$ 时，系统的分子势能最小



[反思感悟]

例3 (多选)[2024·湖北荆州高二期末] 如图所示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

[反思感悟]

【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，填写相关知识.

1. 内能的定义：物体中所有_____与_____的总和叫作物体的内能.

2. 内能的普遍性：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.

[科学探究] 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)从宏观上看：物体内能的大小由物体的_____、_____和_____三个因素决定.

例 4 [2024·广东广雅中学高二月考] 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

[反思感悟]

【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. (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

2. (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

3. (分子势能)分子间作用力 F 与分子间距 r 的关系如图所示，$r=r_1$ 时，$F=0$. 分子间势能由 r 决定，规定两分子相距无穷远时分子间的势能为零. 若一分子固定于原点 O，另一分子从距 O 点很远处向 O 点运动，在两分子间距减小到 r_2 的过程中，分子势能_____(填“减小”“不变”或“增大”)；在间距由 r_2 减小到 r_1 的过程中，分子势能_____(填“减小”“不变”或“增大”)；在间距等于 r_1 处，分子势能_____(填“大于”“等于”或“小于”)零.

