



# 全品学练考

LEARN      
PRACTISE  TEST

**高中物理**  
选修3-3 新课标

主编：肖德好

本册主编：马 攀

副 主 编：冯照国

编 者：黄 莹 程 滢 张立华

# 全品的告白 (代序)

## 我们只是一线的传递员

课堂是纯净之天籁，静静聆听，动人之处无处不在……



### 备新课

全方面解读教学目标，研读大量的教学资料，设计全方位教学过程，准备详尽的教学内容。

### 上新课

用不同方法处理教材，课堂讲解追寻到源头，用不同理念引导学生，教学互动探究到根本。

### 检新课

批改课时作业和考卷，整理学生的疑惑易错，制定教学计划并实施，评价新课的教学效果。

理解是种态度，理解是种尊重。

教辅是无声之课堂，细细品味，美妙之处比比皆是……

## 全品学练考

### 导学案

预习教材→探究教材  
↓  
当堂检测←例题讲评

重点节次细分课时，  
重点考点多元讲评。

### 练习册

标准训练  
+  
难点突破

练规范、练速度、练效率  
析错因、找方法、针对练

### 测评卷

标准题型 + 全面考点 + 热点考向

学习是种探索，学习是种坚持。

# 产品与服务

物理·选修3-3·新课标

《全品学练考》



# Contents

## 目录 | 导学案

### 新课学案 · 接力教材

#### 第七章 分子动理论

1 物体是由大量分子组成的 .....	导 1
2 分子的热运动 .....	导 3
3 分子间的作用力 .....	导 5
4 温度和温标 .....	导 6
5 内能 .....	导 6

#### 第八章 气体

1 气体的等温变化 .....	导 10
2 气体的等容变化和等压变化 .....	导 13
3 理想气体的状态方程 .....	导 16
4 气体热现象的微观意义 .....	导 18
► 单元总结提升 .....	导 20

#### 第九章 固体、液体和物态变化

1 固体 .....	导 24
------------	------

2 液体 .....	导 24
3 饱和汽与饱和汽压 .....	导 26
4 物态变化中的能量交换 .....	导 26

#### 第十章 热力学定律

1 功和内能 .....	导 29
2 热和内能 .....	导 29
3 热力学第一定律 能量守恒定律 .....	导 30
4 热力学第二定律 .....	导 32
5 热力学第二定律的微观解释 .....	导 33
6 能源和可持续发展 .....	导 33
► 单元总结提升 .....	导 35

参考答案 .....	答 1
------------	-----

### 1 物体是由大量分子组成的

#### 知识必备

梳理教材 溯本求源

#### ► 知识点一 用油膜法估测分子的直径

##### 1. 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.

(2)模型化:把油酸分子简化为\_\_\_\_\_.

(3)估算:认为油膜的厚度就是油酸分子的\_\_\_\_\_.

##### 2. 实验器材

油酸、酒精、注射器或滴管、\_\_\_\_、浅盘、\_\_\_\_、坐标纸、彩笔、痼子粉或细石膏粉.

##### 3. 实验步骤

(1)在浅盘中倒入约 2 cm 深的水,将痼子粉或细石膏粉均匀撒在水面上.

(2)取 1 mL 的油酸溶于酒精中,制成 200 mL 的油酸酒精溶液.

(3)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.

(4)将一滴油酸酒精溶液滴在浅盘的水面上.

(5)待油酸薄膜形状稳定后,将玻璃板放在浅盘上,用彩笔画出油酸薄膜的轮廓形状.如图 7-1-1 所示.

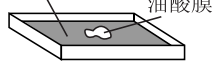
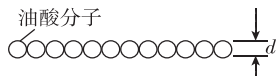


图 7-1-1

(6)将玻璃板放在坐标纸上,数出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.由正方形的个数乘以单个正方形的面积得出油酸薄膜的面积  $S$ .

(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  $V$ .

(8)根据  $d = \frac{V}{S}$  算出油酸薄膜



的厚度,如图 7-1-2 所示,即为油酸分子的直径大小.

图 7-1-2

##### 4. 误差分析

(1)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、痼子粉的用量适宜.

(2)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.

(3)油膜的面积  $S$ :用坐标纸测出形状不规则的油膜的面积.数出不规则图形的轮廓包围的方格数,方格边长的单位越小,这种方法求出的面积越精确.

##### 5. 注意事项

(1)浅盘里水离盘口面的距离应小些,并要水平放置,以便准确地画出油膜的形状,画线时视线应与板面垂直.

(2)痼子粉的用量不要太多,否则油膜没有充分展开,导致最终测量结果偏大.

(3)油酸酒精溶液的浓度应小于 0.1%.

(4)测一滴油酸酒精溶液的体积时,滴入量筒中的油酸酒精溶液的体积应为整毫升数,应多滴几滴,数出对应的毫升数,这样求平均值时误差较小.

(5)要待油膜形状稳定后再画轮廓.

(6)做完实验后,把水从盘的一侧边缘倒出,并用少量酒精清洗,然后用脱脂棉擦拭,最后用水冲洗,以保持盘的清洁.

#### ► 知识点二 分子的大小

自然界中所有物质都是由大量的\_\_\_\_\_组成的.此处所提出的“分子”是个广义概念,指组成物质的\_\_\_\_\_.分子很小,分子大小的数量级为\_\_\_\_\_ m,一般分子质量的数量级是\_\_\_\_\_ kg.

#### ► 知识点三 阿伏伽德罗常数

1. 定义:1 mol 的任何物质中都含有\_\_\_\_\_的粒子数,这个数量用\_\_\_\_\_表示.

2. 数值:通常情况下  $N_A =$ \_\_\_\_\_.粗略计算时  $N_A =$ \_\_\_\_\_.

3. 意义:阿伏伽德罗常数是联系微观世界与宏观世界的桥梁,通过该常数把\_\_\_\_\_,摩尔体积等宏观物理量与\_\_\_\_\_,分子大小等微观物理量联系起来,物理学中定量研究热现象时经常用到它.

#### 学习互动

重点探究 典例精析

#### ► 考点一 对实验“用油膜法估测分子大小”的理解

[想一想] 在用油膜法测定分子的直径时,实际上是一种理想化处理过程,你认为有哪些地方做了理想化处理?

#### [要点总结]

1. 对实验原理的理解

(1)把油酸分子看成球形且紧密排列,实验时形成的\_\_\_\_\_即为油酸分子的直径.

(2)用油膜法估测分子直径时,首先是获得一滴油酸酒精溶液,并由配制浓度求出其中所含\_\_\_\_\_的体积,然后用数格子法求出油膜面积,最后由公式  $d = \frac{V}{S}$  计算结果.

## 2. 实验中的注意事项

(1)油酸酒精溶液配制好后,不要长时间放置,以免造成溶液浓度改变,产生误差.

(2)实验之前应练习好滴定方法,注射器针头高出水面的高度应在1 cm之内.

(3)待测油酸液面扩散后又收缩,要在稳定后再画轮廓.扩散后又收缩有两个原因:第一,水面受油酸液滴冲击凹陷后又恢复;第二,酒精挥发后液面收缩.

(4)当重做实验时,水从盘的一侧边缘倒出,在该侧边缘会残留油酸,可先用少量酒精清洗,并用脱脂棉擦拭,再用清水冲洗,这样做可保持盘的清洁.

(5)本实验只要求估算分子的大小,实验结果的数量级符合要求即可.

**例1** 在做“用油膜法估测分子大小”实验时,每  $10^3$  mL 油酸酒精溶液中有纯油酸 2 mL,用注射器测得 1 mL 上述溶液有 250 滴,则每滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积为\_\_\_\_\_mL. 在浅盘里倒入约 2 cm 深的水,然后将痼子粉均匀地撒在水面上,如图 7-1-3 所示,把 1 滴该溶液滴入浅盘里,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,通过数方格数计算出单分子油膜的面积为  $400 \text{ cm}^2$ ,则该油酸分子的直径为\_\_\_\_\_m. 若发现痼子粉撒得过多,则实验中得到的油酸分子的直径比油酸分子的真实直径\_\_\_\_\_ (选填“大”或“小”).

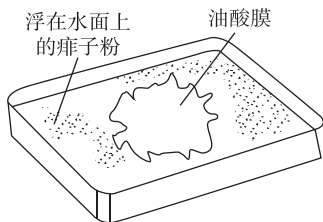


图 7-1-3

## ► 考点二 分子微观量的估算

**[想一想]** 估算分子的大小时,常把分子简化成哪两种模型? 这两种模型可分别用来估算哪些微观量?

### [要点总结]

估算分子大小的两种物理模型

#### 1. 球状模型

对固体和液体而言,分子间空隙比较小,我们通常认为分子是\_\_\_\_\_排列的,设  $V$  为分子的体积,则分子直径  $d = \sqrt[3]{V}$ .

#### 2. 立方体模型

(1)对于固体和液体而言,设  $V$  为分子的体积,则分子线度  $d = \sqrt[3]{V}$ .

(2)对于气体而言,分子间的距离\_\_\_\_\_分子直径,常把分子占据的空间视为立方体,从而计算出分子间的平均距离为  $d = \sqrt[3]{V}$  ( $V$  为气体分子所占空间的体积).

**例2** 空调在制冷过程中,室内空气中的水蒸气接触蒸发器液化成水,经排水管排走,空气中水分越来越少,人会感觉干燥.某空调工作一段时间后,排出液化水的体积为  $V = 1.0 \times 10^3 \text{ cm}^3$ . 已知水的密度  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、摩尔质量  $M = 1.8 \times 10^{-2} \text{ kg/mol}$ ,阿伏伽德罗常数  $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . 试求:(计算结果均保留一位有效数字)

(1)该液化水中含有水分子的总数  $N$ ;

(2)一个水分子的直径  $d$ .

## ► 考点三 阿伏伽德罗常数的理解与应用

**[想一想]** 本节涉及大量的数据计算,有些是要求估算的,你对估算法有什么认识?

### [要点总结]

若用  $M$  表示摩尔质量,  $V_{\text{mol}}$  表示摩尔体积,  $\rho$  表示密度,  $N_A$  表示阿伏伽德罗常数,则有:

1. 一个分子的质量  $m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{M}{N_A}$ ;
2. 一个分子的体积  $V_0 = \frac{V_{\text{mol}}}{N_A} = \frac{V_{\text{mol}}}{N_A}$  (适用于固体和液体,若为气体,算出的结果为\_\_\_\_\_);
3. 单位质量所含有的分子数  $n = \frac{N_A}{M}$ ;
4. 单位体积所含有的分子数  $n' = \frac{N_A}{V_{\text{mol}}}$ .

**例3** 已知汞的摩尔质量为  $M = 200.5 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ,密度为  $\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,阿伏伽德罗常数  $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,求:

(1)一个汞原子的质量(用相应的字母表示即可);

(2)一个汞原子的体积(结果保留一位有效数字);

(3)体积为  $1 \text{ cm}^3$  的汞中汞原子的个数(结果保留一位有效数字).

## 自我检测

学以致用 体验成功

- (阿伏伽德罗常数)在国际单位制中,金属铜的密度为  $\rho$  (单位:  $\text{kg}/\text{m}^3$ ),它的摩尔质量为  $M$  (单位:  $\text{kg}/\text{mol}$ ),阿伏伽德罗常数为  $N_A$  (单位:  $\text{mol}^{-1}$ ),则下列结论正确的是 ( )
  - 1 个铜原子占有的体积是  $\frac{M}{\rho N_A}$  (单位:  $\text{m}^3$ )
  - 1  $\text{m}^3$  的铜所含铜原子的数目是  $\frac{N_A}{M}$
  - 1  $\text{kg}$  铜所含铜原子的数目是  $\rho N_A$
  - 1 个铜原子的质量是  $\frac{\rho}{N_A}$  (单位:  $\text{kg}$ )
- (阿伏伽德罗常数)一般物质分子非常小,分子质量也非常小,科学家采用摩尔为物质的量的单位,实现了微观物理量与宏观物理量间的换算. 1  $\text{mol}$  的任何物质都含有相同的粒子数,这个数量称为阿伏伽德罗常数  $N_A$ . 通过下列条件可以得出阿伏伽德罗常数的是 ( )
  - 已知水的密度和水的摩尔质量
  - 已知水分子体积和水分子质量
  - 已知水的摩尔质量和水分子质量
  - 已知水分子体积和水的摩尔质量
- (用油膜法估测分子的直径) 利用油膜法可以粗略测定分子的大小和阿伏伽德罗常数. 如果已知体积为  $V$  的一滴油滴在水面上散开形成的单层分子油膜的面积为  $S$ , 请写出这种油分子的直径  $d$  的表达式; 如果这种油的摩尔质量为  $M$ , 密度为  $\rho$ , 请写出阿伏伽德罗常数  $N_A$  的表达式.

## 2 分子的热运动

## 知识必备

梳理教材 溯本求源

## ► 知识点一 扩散现象

- 概念: 不同的物质能够彼此 \_\_\_\_\_ 的现象叫作扩散现象.
- 产生原因: 由物质分子的 \_\_\_\_\_ 产生的.
- 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.
- 发生环境: 物质处于固态、液态、气态时都能发生扩散现象.
- 意义: 反映分子在做永不停息的 \_\_\_\_\_ 运动.

## ► 知识点二 布朗运动

- 概念: 悬浮在液体中的固体微粒不停地做无规则运动, 称为布朗运动.
- 产生原因: 由包围微粒的液体分子撞击作用的不平衡性造成的 (如图 7-2-1 所示).

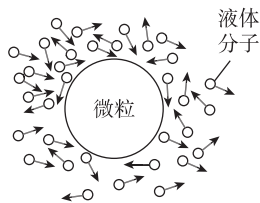


图 7-2-1

- 影响因素: 微粒 \_\_\_\_\_, 温度 \_\_\_\_\_, 布朗运动越明显.
- 意义: 间接反映了 \_\_\_\_\_ 运动的无规则性.
- 扩散现象与布朗运动的区别: 扩散现象是分子运动的直接证明, 布朗运动间接证明了液体分子在做无规则运动.

## ► 知识点三 热运动

- 概念: \_\_\_\_\_ 永不停息的无规则运动叫作热运动.

- 宏观表现: 布朗运动和 \_\_\_\_\_ 现象.

## 3. 特点

- 永不停息;
- 运动 \_\_\_\_\_;
- 温度越高, 分子的热运动越 \_\_\_\_\_.

## 学习互动

重点探究 典例精析

## ► 考点一 扩散现象与分子运动

[想一想] 把一碗小米倒入一袋大米中, 小米进入大米的间隙中, 这一现象是否属于扩散现象?

## [要点总结]

- 扩散是物质分子彼此迁移和物质分子运动的结果. 扩散的结果是使物质分布趋于均匀, 这说明分子运动的一条规律: 分子的运动就是要打破一切不平衡性, 使之均衡.
- 扩散的快慢与温度的高低有关, 即温度升高, 扩散 \_\_\_\_\_.
- 扩散的快慢还与物质本身的结构性质有关, 即分子结构越紧密, 相互作用力越强, 扩散 \_\_\_\_\_; 分子结构越松散, 相互作用力越弱, 扩散 \_\_\_\_\_. 这就是固体不易扩散而气体极易扩散的原因.

**例 1** (多选) 下面所列举的现象中能说明分子是不断运动着的是 ( )

- 将香水瓶盖打开后能闻到香味
- 汽车开过后, 公路上尘土飞扬
- 洒在地上的水过一段时间就干了
- 放入水中的糖块过一会儿不见了, 而水变甜了



**例2** (多选)如图7-2-2所示,一个装有无色空气的广口瓶倒扣在装有红棕色二氧化氮气体的广口瓶上,中间用玻璃板隔开.已知二氧化氮的密度比空气的密度大.对于抽去玻璃板后所发生的现象,下列说法正确的是 ( )

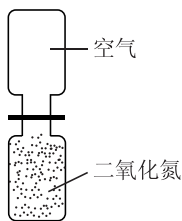


图7-2-2

- A. 过一段时间后可以发现上面瓶中的气体变成了淡红棕色  
B. 二氧化氮由于密度较大,不会跑到上面瓶中,所以上面瓶中不会出现淡红棕色  
C. 上面瓶中的空气由于重力作用会到下面的瓶中,于是将下面瓶中的二氧化氮排出了一小部分,所以会发现上面瓶中的瓶口处显淡红棕色,但在瓶底处不会出现淡红棕色  
D. 由于气体分子在运动着,所以上面瓶中的空气会到下面的瓶中,下面瓶中的二氧化氮也会自发地运动到上面瓶中,最后上、下两瓶中气体的颜色一致

#### ► 考点二 布朗运动与分子运动

**[想一想]** 布朗运动的成因是什么?用肉眼看到的空气中灰尘的运动属于布朗运动吗?

#### [要点总结]

1. 布朗运动 \_\_\_\_\_ 固体微粒中分子的无规则运动.
2. 布朗运动 \_\_\_\_\_ 液体分子的运动.
3. 课本图7.2-5中所示的布朗运动的位置连线 \_\_\_\_\_ 固体微粒运动的轨迹.
4. 做布朗运动的微粒用肉眼是看不到的,只能在显微镜下看到.

**例3** 下列关于布朗运动的说法中正确的是 ( )

- A. 将碳素墨水滴入清水中,观察到的布朗运动是碳分子无规则运动的反映  
B. 布朗运动是否明显,与悬浮在液体中的颗粒大小无关  
C. 布朗运动的明显程度与温度有关  
D. 微粒的布朗运动的无规则性反映了颗粒内部分子运动的无规则性

#### ► 考点三 布朗运动、扩散现象、分子热运动的联系与区别

**[想一想]** 布朗运动与扩散现象的主要区别是什么?它们都属于分子的运动吗?

#### [要点总结]

		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热运动
	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反映	是分子的运动	是分子的运动
	观察方式	光学显微镜	肉眼可见	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温度越高则越激烈		
联系		扩散现象与分子热运动直接证实了分子的无规则运动,布朗运动则是由于固体微小颗粒受到周围分子做热运动的撞击力不平衡而引起的,它是分子做无规则运动的间接反映		

**例4** (多选)关于布朗运动和扩散现象,下列说法中正确的是 ( )

- A. 布朗运动和扩散现象都能在气体、液体、固体中发生  
B. 布朗运动和扩散现象都是分子的运动  
C. 布朗运动和扩散现象都是温度越高则越明显  
D. 布朗运动和扩散现象都是永不停息的

#### 自我检测

学以致用 体验成功

1. (扩散现象)扩散现象说明了 ( )

A. 气体没有固定的形状和体积  
B. 分子间相互排斥  
C. 分子在运动  
D. 不同分子间可相互吸引
2. (扩散现象)在下列给出的四种现象中,属于扩散现象的是 ( )

A. 雨后的天空中悬浮着许多小水珠  
B. 海绵吸水  
C. 把一块铅和一块金的接触面磨平、磨光后,紧紧地压在一起,几年后会发现铅中有金  
D. 将大米与玉米混合均匀,大米与玉米“你中有我,我中有你”
3. (布朗运动)关于布朗运动,下列说法中正确的是 ( )

A. 布朗运动反映了花粉颗粒内部分子的无规则运动  
B. 悬浮在水中的花粉颗粒越大,布朗运动就越明显  
C. 温度升高,布朗运动和分子热运动都会变得激烈  
D. 布朗运动是由于液体各个部分的温度不同引起的



4. (布朗运动与分子热运动)关于分子热运动和布朗运动,下列说法中正确的是 ( )
- A. 悬浮微粒越大,同一时刻与之碰撞的液体分子越多,布朗运动越明显
- B. 布朗运动是分子无规则运动的反映

- C. 当物体的温度达到  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,物体分子的热运动就会停止
- D. 布朗运动的激烈程度和温度有关,所以布朗运动也叫热运动

### 3 分子间的作用力

#### 知识必备

梳理教材 溯本求源

##### ► 知识点一 分子间有空隙

1. 气体很容易被\_\_\_\_\_,说明气体分子间有很大空隙.
2. 水和酒精混合后的总体积\_\_\_\_\_两者原来体积之和,说明液体分子之间有空隙.
3. 压在一起的金片和铅片的分子能\_\_\_\_\_到对方的内部,说明固体分子之间有空隙.

##### ► 知识点二 分子间的作用力

1. 分子间引力和斥力一定同时存在,且都随分子间距离的增大而\_\_\_\_\_,随分子间距离的减小而\_\_\_\_\_,但\_\_\_\_\_变化快.
2. 实际表现出来的分子力是分子引力和斥力的\_\_\_\_\_.随分子间距离  $r$  的增大,分子力\_\_\_\_\_.
- (注意:这是指  $r$  从小于  $r_0$  开始到增大至无穷大)
3. 分子力的表现及变化如图 7-3-1 所示,应注意两个距离,即  $r_0(10^{-10}\text{ m})$  与  $10r_0$ .

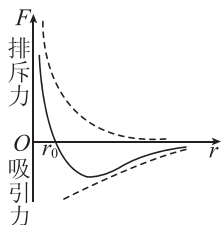


图 7-3-1

- (1)当分子间距离为  $r_0$  (约为  $10^{-10}\text{ m}$ ) 时,分子力为\_\_\_\_\_.
- (2)当分子间距离  $r > r_0$  时,分子力表现为\_\_\_\_\_.当分子间距离由  $r_0$  增大时,分子力\_\_\_\_\_.
- (3)当分子间距离  $r < r_0$  时,分子力表现为\_\_\_\_\_.当分子间距离由  $r_0$  减小时,分子力不断\_\_\_\_\_.
- (4)当  $r > 10r_0$  (即大于  $10^{-9}\text{ m}$ ) 时,分子间的作用力变得很\_\_\_\_\_,可忽略不计.

##### ► 知识点三 分子动理论

1. 主要内容:物体是由\_\_\_\_\_组成的,分子在做\_\_\_\_\_运动,分子之间存在着\_\_\_\_\_.
2. 统计规律
  - (1)微观方面:对于任何一个分子而言,在每一个时刻沿什么\_\_\_\_\_运动以及运动的\_\_\_\_\_等都具有偶然性.
  - (2)宏观方面:大量分子的运动具有一定的\_\_\_\_\_,叫作统计规律.

#### 学习互动

重点探究 典例精析

##### ► 考点一 对分子间相互作用力的理解

[想一想] 当分子力为零时,分子间是否存在相互作用? 锯条不断地弯折就会折断,为什么?

##### [要点总结]

1. 当分子间距离为  $r_0$  时,分子力为零,但分子间仍然有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,两者合力是零.
2. 分子之间的作用力只存在于\_\_\_\_\_的分子之间,当分子之间的距离超过分子直径的 10 倍时,分子之间的作用力已经变得十分微弱,可以忽略不计了.

**例 1** 当两个分子间的距离为  $r_0$  时,两个分子正好处于平衡位置. 下列关于分子间作用力与分子间距离的关系的说法正确的是 ( )

- A. 当分子间的距离  $r < r_0$  时,分子间只有斥力作用
- B. 当分子间的距离  $r = r_0$  时,分子处于平衡状态,分子不受力
- C. 在分子间的距离从  $0.5r_0$  增大到  $10r_0$  的过程中,分子间的引力和斥力都在减小,且斥力比引力减小得快
- D. 在分子间的距离从  $0.5r_0$  增大到  $10r_0$  的过程中,分子间相互作用力的合力在逐渐减小

**例 2** 设有一分子位于如图 7-3-2 所示的坐标系原点  $O$  处不动,另一分子可位于  $x$  轴上不同位置处,图中两条曲线分别表示斥力和引力的大小随两分子间距离变化的关系, $e$  为两曲线的交点,则 ( )

- A.  $ab$  表示引力, $cd$  表示斥力, $e$  点的横坐标可能为  $10^{-15}\text{ m}$
- B.  $ab$  表示斥力, $cd$  表示引力, $e$  点的横坐标可能为  $10^{-10}\text{ m}$
- C.  $ab$  表示引力, $cd$  表示斥力, $e$  点的横坐标可能为  $10^{-10}\text{ m}$
- D.  $ab$  表示斥力, $cd$  表示引力, $e$  点的横坐标可能为  $10^{-15}\text{ m}$

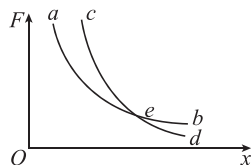


图 7-3-2

## ► 考点二 分子动理论与统计规律

[想一想] 研究单个分子的运动规律有意义吗?为什么物体既难以拉伸又难以压缩?

.....

.....

.....

## [要点总结]

## 1. 分子运动的统计规律

在某一特定时刻,某个特定分子究竟具有多大的速度完全是\_\_\_\_\_的,不能预知,但对大量分子的整体,在一定条件下,实验和理论都证明,它们的速率分布遵从一定的\_\_\_\_\_.

## 2. 分子间有相互作用的宏观表现

(1)当外力欲使物体拉伸时,组成物体的大量分子间将表现为\_\_\_\_\_,以抗拒外界对它的拉伸.

(2)当外力欲使物体压缩时,组成物体的大量分子间将表现为\_\_\_\_\_,以抗拒外界对它的压缩.

(3)大量的分子能聚集在一起形成固体或液体,说明分子间存在\_\_\_\_\_.固体有一定的形状,液体有一定的体积,而固、液体分子间有空隙,却没有紧紧地吸在一起,说明分子间还同时存在着\_\_\_\_\_.

**例3** 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

## 自我检测

学以致用 体验成功

- (分子力)(多选)当钢丝被拉伸时,下列说法正确的是 ( )
  - A. 分子间只有引力作用
  - B. 分子间的引力和斥力都减小
  - C. 分子间的引力比斥力减小得慢
  - D. 分子力为零时,引力和斥力同时为零
- (分子力)(多选)下列实验用来证明分子间存在作用力,其中正确的是 ( )
  - A. 破镜不能重圆,说明分子间有斥力
  - B. 两铅块紧压后能连成一体,说明分子间有引力
  - C. 一般液体很难被压缩,说明分子间有斥力
  - D. 拉断一根绳子需要足够的拉力,说明分子间有引力
- (分子间的作用)甲分子固定于坐标原点  $O$ ,乙分子从远处由静止释放,在分子力作用下靠近甲.图 7-3-3 为分子间作用力  $F$  随分子间距离  $r$  变化的图像,其中  $b$  点是引力最大处, $d$  点是分子靠得最近处,则乙分子加速度最大处可能是 ( )

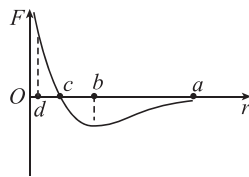


图 7-3-3

- A.  $a$  点
  - B.  $b$  点
  - C.  $c$  点
  - D.  $d$  点
- (分子力)(多选)当分子间的距离为  $r_0$  时,分子间的引力和斥力相互平衡.已知  $r_1 - r_0 = r_0 - r_2 > 0$ ,则对于两个距离  $r_1$ 、 $r_2$  来说 ( )
    - A. 当两分子间距离为  $r_1$  时,分子间的作用力表现为引力
    - B. 当两分子间距离为  $r_2$  时,分子间的作用力表现为引力
    - C. 当两分子间距离为  $r_1$  时,分子间作用力更大
    - D. 当两分子间距离为  $r_2$  时,分子间作用力更大

## 4 温度和温标

## 5 内能

## 知识必备

梳理教材 溯本求源

## ► 知识点一 状态参量与平衡态

- 系统:在物理学中,通常把所研究的\_\_\_\_\_称为系统,系统之外与系统发生\_\_\_\_\_的其他物体统称为外界.
- 状态参量:用来描述\_\_\_\_\_的物理量,叫作系统的状态参量.通常用\_\_\_\_\_描述它的几何性质,用\_\_\_\_\_描述其力学性质,用\_\_\_\_\_描述其热学性质.
- 平衡态:系统内各部分的状态参量不再随时间变化,这种情况下就说\_\_\_\_\_达到了平衡态.

## ► 知识点二 热平衡与温度

- 热平衡:如果两个系统相互接触而\_\_\_\_\_,它们的\_\_\_\_\_将改变.经过一段时间后,状态参量就不再变化了,这说明两个系统对于传热来说已经达到了平衡.这种平衡叫作热平衡.
- 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.
- 温度:表征处于热平衡的系统的共同\_\_\_\_\_的物理量.

## ► 知识点三 温度计与温标

## 1. 常见温度计的测温原理

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	根据金属铂的_____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_____产生电动势的大小不同来测量温度

## 2. 温标

## (1) 摄氏温标

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  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  刻度和  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  刻度之间均匀分成 100 等份,每份算作  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## (2) 热力学温标

热力学温标是现代科学中常用的表示温度的方法,规定摄氏温度的一  $273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$  为零值,它的一度\_\_\_\_\_摄氏温度的一度.

## (3) 摄氏温度与热力学温度

① 摄氏温度:\_\_\_\_\_温标表示的温度,用符号  $t$  表示,单位是\_\_\_\_\_,符号为  $^{\circ}\text{C}$ .

② 热力学温度:\_\_\_\_\_温标表示的温度,用符号  $T$  表示,单位是\_\_\_\_\_,符号为 K.

③ 换算关系:  $T = \text{_____}$ .

## ► 知识点四 分子动能

- 分子动能:\_\_\_\_\_的动能叫作分子动能.
- 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.
- 温度的微观意义:温度是分子热运动的\_\_\_\_\_的标志.任何物体只要温度相同,其分子的平均动能就相同.

## ► 知识点五 分子势能

- 定义:分子间存在着相互\_\_\_\_\_,所以分子间也有相互作用的势能,叫作分子势能.
- 决定因素  
宏观上:分子势能的大小与物体的\_\_\_\_\_有关.  
微观上:分子势能与分子间的\_\_\_\_\_有关.当分子间的距离  $r > r_0$  时,分子势能随分子间距离的增大而\_\_\_\_\_;当  $r < r_0$  时,分子势能随分子间距离的\_\_\_\_\_而增大;当  $r = r_0$  时,分子势能\_\_\_\_\_.
- 分子力、分子势能与分子间距离的变化关系曲线图:如图 7-4-1 所示(取无穷远处分子势能  $E_p = 0$ ).  
(1) 当  $r > r_0$  时,分子力为引力,随着  $r$  增大,分子力做负功,分子势能增加;  
(2) 当  $r < r_0$  时,分子力为斥力,随

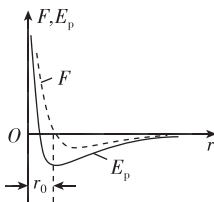


图 7-4-1

着  $r$  减小,分子力做负功,分子势能增加;  
(3) 当  $r = r_0$  时,分子势能最小.

## ► 知识点六 内能

- 定义:物体中所有\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_的总和叫作物体的内能.
- 决定因素:物体的内能跟物体的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_有关.内能是物体内所有分子的热运动动能和分子势能的总和,所以物体的内能还与物体所含的\_\_\_\_\_有关,内能与机械运动状态\_\_\_\_\_.
- 物体的内能与机械能的比较

	内能	机械能
定义	物体中所有分子的热运动动能与分子势能的总和	物体的动能、重力势能和弹性势能的统称
决定因素	与物体的温度、体积、物态和分子数有关	跟宏观运动状态、参考系和零势能点的选取有关
量值	任何物体都有内能	可以为零
测量	无法测量	可测量
本质	微观分子的运动和相互作用的结果	宏观物体的运动和相互作用的结果
运动形式	热运动	机械运动
联系	在一定条件下可以相互转化,能的总量守恒	

## 学习互动

重点探究 典例精析

## ► 考点一 对平衡态与热平衡的理解

[想一想] “平衡态”就是“热平衡”吗? 处于平衡态的系统内的分子的无规则运动会停止吗?

## [要点总结]

平衡态是对某一系统而言的,是系统的状态;热平衡是对两个接触的系统而言的,表示两个系统之间的关系.分别处于平衡态的两个系统在相互接触时,它们的状态可能会发生变化,直到\_\_\_\_\_相同时,两个系统便达到了热平衡.达到热平衡的两个系统都处于\_\_\_\_\_态.

例 1 关于平衡态和热平衡,下列说法正确的是 ( )

- 热平衡就是平衡态
- 只要系统的温度不变化,系统就处于平衡态
- 处于热平衡的两个系统内能一定相同
- 处于热平衡的两个系统温度一定相同

## ► 考点二 对热力学温度与摄氏温度的理解

[想一想] 热力学温度和摄氏温度的区别是什么? 它们的零点是怎样规定的?

## [要点总结]

1. 用热力学温标与用摄氏温标表示的同一温度在数值上不同, 但  $1\text{ K}$  和  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  表示的温度差\_\_\_\_\_.
2.  $0\text{ K}$  是低温的极限, 只能无限\_\_\_\_\_, 但不可能\_\_\_\_\_.
3. 热力学温度和摄氏温度这两种温度每一单位大小相同, 只是计算的起点不同. 摄氏温度把标准大气压下\_\_\_\_\_规定为  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 热力学温度把标准大气压下冰的熔点规定为  $273.15\text{ K}$  (即把  $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$  规定为  $0\text{ K}$ ), 所以有  $T=t+273.15\text{ K}$ .

**例2** 关于热力学温度, 下列说法中正确的是 ( )

- A.  $-33.15\text{ }^{\circ}\text{C}=240\text{ K}$
- B. 温度变化  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 也就是温度变化  $273.15\text{ K}$
- C. 摄氏温度与热力学温度都可能取负值
- D. 温度由  $t\text{ }^{\circ}\text{C}$  升高至  $2t\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 对应的热力学温度升高了  $273.15\text{ K}+t\text{ K}$

## ► 考点三 分子平均动能与温度的关系

[想一想] 分子平均动能的大小由什么决定? 温度升高时, 组成物质的每个分子速率是否都增大? 不同物质温度相同时, 分子平均速率是否相同?

## [要点总结]

1. 温度是大量分子无规则热运动的宏观表现, 含有统计的意义, 对于个别分子而言, 温度是没有意义的. 温度升高, 分子的平均动能\_\_\_\_\_, 但不是每一个分子的动能都增大, 可能有个别分子的动能反而减小.
2. 分子平均动能的大小只由\_\_\_\_\_决定, 与物质的种类无关. 也就是说, 只要处于同一温度下, 任何物质分子做热运动的平均动能都\_\_\_\_\_. 由于不同物质分子的质量不尽相同, 因此, 在同一温度下, 不同物质分子热运动的平均速率\_\_\_\_\_.

**例3** 气体温度升高, 则该气体 ( )

- A. 每个分子的体积都增大
- B. 每个分子的动能都增大
- C. 分子的平均动能增大
- D. 分子间引力和斥力都增大

## ► 考点四 分子势能与分子间距离的关系

[想一想] 分子势能的大小由什么决定? 分子间距离越大, 分子势能就越大吗? 为什么?

## [要点总结]

1. 分子势能与物体的\_\_\_\_\_有关, 但不能简单理解成: 物体的体积越大, 分子势能就越大; 物体的体积越小, 分子势能就越小.
2. 分子间距离等于  $r_0$  时, 分子势能\_\_\_\_\_, 但最小值并不为零.
3. 判断分子势能变化的两种方法  
方法一: 利用分子力做功判断. 分子力做正功, 分子势能减小; 分子力做负功, 分子势能增加.  
方法二: 利用分子势能  $E_p$  与分子间距离  $r$  的关系图线判断, 如图 7-4-2 所示. 要注意此图线和分子力与分子间距离的关系图线形状虽然相似, 但意义不同, 不要混淆.

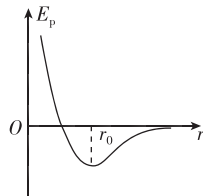


图 7-4-2

**例4** (多选) 如图 7-4-3 所示, 甲分子固定在坐标原点  $O$ , 乙分子位于  $r$  轴上与原点的距离为  $r_3$  的位置. 虚线分别表示分子间斥力  $F_{斥}$  和引力  $F_{引}$  的变化情况, 实线表示分子间斥力与引力的合力  $F_{合}$  的变化情况. 若把乙分子由静止释放, 则乙分子 ( )

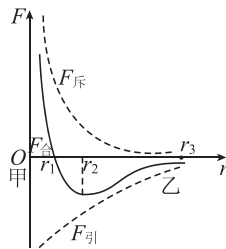


图 7-4-3

- A. 从距离为  $r_3$  到  $r_1$  做加速运动, 从距离为  $r_1$  向  $O$  做减速运动
- B. 从距离为  $r_3$  到  $r_2$  做加速运动, 从距离为  $r_2$  到  $r_1$  做减速运动
- C. 从距离为  $r_3$  到  $r_1$ , 分子势能先减小后增大
- D. 从距离为  $r_3$  到  $r_1$ , 分子势能减小

## ► 考点五 对内能的理解

[想一想] 决定内能大小的因素有哪些?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## [要点总结]

1. 从宏观上看:物体内能的大小由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三个因素决定.
2. 从微观上看:物体内能的大小由组成物体的\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三个因素决定.
3. 内能是对大量分子而言的,对单个分子来说\_\_\_\_\_.
4. 内能和热量的比较

	内能	热量
区别	是状态量,状态确定则系统的内能随之确定.一个物体在不同的状态下有不同的内能	是过程量,它表示由于热传递而引起的内能变化过程中转移的能量
联系	在只有热传递改变物体内能的情况下,物体内能的改变量在数值上等于物体吸收或放出的热量	

[例5] 下列说法正确的是 ( )

- A. 铁块熔化成铁水的过程中,温度不变,内能也不变
- B. 物体运动的速度增大,则物体中分子热运动的平均动能增大,物体的内能增大
- C. A、B两物体接触时有热量从物体A传到物体B,这说明物体A的内能大于物体B的内能
- D. A、B两物体的温度相同时,A、B两物体的内能可能不同,分子的平均速率也可能不同

## 自我检测

学以致用 体验成功

1. (平衡态)(多选)下列系统处于平衡态的是 ( )
  - A. 将一金属块放在沸水中加热足够长的时间
  - B. 冰水混合物处在  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境中
  - C. 气体突然被压缩
  - D. 教室内的气体在开空调  $2\text{ min}$  内
2. (热平衡与平衡态)(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  $5\text{ K}$ ,另一个系统的温度升高了  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,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. (温度和温标)(多选)关于热力学温度和摄氏温度,以下说法正确的是 ( )
  - A. 热力学温度的单位“K”是国际单位制中的基本单位
  - B. 温度升高了  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  就是升高了  $1\text{ K}$
  - C. 物体的温度由本身决定,温度数值与所选温标无关
  - D.  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  的温度可用热力学温度表示为  $273.15\text{ K}$
4. (分子势能和分子动能)对于物体的“热胀冷缩”现象,下列说法正确的是 ( )
  - A. 受热后物体温度升高,分子的平均动能增大;降低温度后,分子的平均动能减小
  - B. 受热后物体膨胀,体积增大,分子势能增大;遇冷收缩后,体积减小,分子势能减小,分子的平均动能不会改变
  - C. 受热后物体膨胀,温度升高,分子平均动能增大,体积增大,分子势能也增大;遇冷收缩后,温度降低,分子平均动能减小,体积减小,分子势能也减小
  - D. 受热后物体膨胀,分子平均动能增大,分子势能也增大;遇冷收缩后,分子平均动能减小,但分子势能增大
5. (内能)下列关于内能的说法中正确的是 ( )
  - A. 两个物体的温度相等时,其内能也相等
  - B. 物体的速度增大时,分子平均动能增大,内能也增大
  - C. 物体的温度升高时,内能一定增大
  - D. 冰熔化成水过程中,温度不变,但内能增大