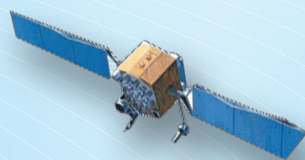




武警警官学院教学改革系列丛书



大学物理 习题

精品解析

主 编 郑春华 陶应奇 孟凡木
副主编 杜启明 薄 鸟



电子科技大学出版社

武警警官学院教学改革系列丛书

大学物理习题精品解析

主 编	郑春华	陶应奇	孟凡木
副主编	杜启明	薄 鸟	
参 编	徐国安	郑 宇	卢志鹏
	黄 鳌	任 伟	王贤彬
主 审	李晓东	徐祖应	司 涛

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理习题精品解析/ 郑春华, 陶应奇, 孟凡木
主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-5647-2274-6

I. ①大… II. ①郑… ②陶… ③孟… III. ①物理学
—高等学校—题解 IV. ①O4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 041583 号

内容提要

本书是与吴王杰主编的《大学物理学》相配套的学习指导书。全书基本上按照主教材的章节编排, 每章都由涵盖章节重要知识点的“内容提要”、“课后习题选解”及结合知识点进行的“习题练习”三部分组成。

书中课后习题选解和习题练习都附有原题, 便于使用不同教材的读者参考。本书可作为普通高等学校非物理专业基础物理课程的教学参考书, 也可供中学物理教师进修和自学使用。

大学物理习题精品解析

郑春华 陶应奇 孟凡木 主编

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 张琴
责任编辑: 汤云辉
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 成都市和丰印刷有限公司
成品尺寸: 185mm×260 mm 印张 9.75 字数 256 千
版 次: 2014 年 3 月第一版
印 次: 2014 年 3 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-2274-6
定 价: 22.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

内容简介

本书是与吴王杰主编的《大学物理学》相配套的学习指导书。全书基本上按照主教材的章节编排，每章都由涵盖章节重要知识点的“内容提要”、“课后习题选解”、及结合知识点进行的“习题练习”三部分组成。

书中课后习题选解和习题练习都附有原题，便于使用不同教材的读者参考。本书可作为普通高等学校非物理专业基础物理课程的教学参考书，也可供中学物理教师进修和自学使用。

目 录

专题一 热 学.....	1
第一章 气体动理论.....	1
【内容提要】	1
【课后习题选解】	1
【习题练习】	5
第二章 热力学第一定律.....	17
【内容提要】	17
【课后习题选解】	17
【习题练习】	21
第三章 热力学第二定律.....	38
【内容提要】	38
【课后习题选解】	38
【习题练习】	40
专题二 振动与波动.....	43
第四章 机械振动.....	43
【内容提要】	43
【课后习题选解】	43
【习题练习】	49
第五章 机械波和电磁波.....	64
【内容提要】	64
【课后习题选解】	64
【习题练习】	68
专题三 波动光学.....	82
第六章 光的干涉.....	82
【内容提要】	82
【课后习题选解】	83
【习题练习】	86
第七章 光的衍射.....	98
【内容提要】	98
【课后习题选解】	98
【习题练习】	101
第八章 光的偏振.....	112
【内容提要】	112
【课后习题选解】	112
【习题练习】	114
专题四 近代物理学基础.....	121
第九章 狭义相对论.....	121

【内容提要】	121
【课后习题选解】	122
【习题练习】	126
第十章 光的量子性	133
【内容提要】	133
【课后习题选解】	133
【习题练习】	135
第十一章 微观粒子的波动性和状态描述	142
【内容提要】	142
【课后习题选解】	142
【习题练习】	143

专题一 热 学

第一章 气体动理论

【内容提要】

1. 状态方程 $pV = (M/M_{\text{mol}}) RT$
 $pV/T = \text{常量} \quad p = nkT$

2. 压强公式

$$p = nm\overline{v^2} / 3 = \rho \overline{v^2} / 3 = 2n\overline{\varepsilon_t} / 3$$

3. 平均平动动能与温度的关系

$$\overline{w} = \frac{m\overline{v^2}}{2} = \frac{3kT}{2}$$

4. 常温下分子的自由度

单原子 $i = t = 3$

双原子 $i = t + r = 3 + 2 = 5$

多原子 $i = t + r = 3 + 3 = 6$

5. 能均分定理

每个分子每个自由度平均分得能量 $kT/2$

每个分子的平均动能 $\overline{\varepsilon_k} = (i/2) kT$

理想气体的内能: $E = (m/M_{\text{mol}}) (i/2) RT$

6. 麦克斯韦速率分布律:

$$f(v) = \frac{dN}{Ndv} = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2$$

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3kT/m} = \sqrt{3RT/M_{\text{mol}}}$$

$$\overline{v} = \sqrt{8kT/(\pi m)} = \sqrt{8RT/(\pi M_{\text{mol}})}$$

$$v_p = \sqrt{2kT/m} = \sqrt{2RT/M_{\text{mol}}}$$

7. 平均碰撞次数 $\overline{Z} = \sqrt{2}\pi d^2 n \overline{v}$

8. 平均自由程 $\overline{\lambda} = 1/(\sqrt{2}\pi d^2 n) = kT/(\sqrt{2}\pi d^2 p)$

【课后习题选解】

1. 在一具有活塞的容器中盛有一定量的气体, 如果通过压缩气体对它加热, 使它的温度从 27°C 升至 177°C , 体积减小一半, 求气体压强是原来的多少倍。

【解】 $T_1 = 27 + 273 = 300\text{ K}$, $T_2 = 177 + 273 = 450\text{ K}$, $V_2 = \frac{1}{2}V_1$

根据 $pV = \nu RT$, 得 $\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{\nu R T_2}{\nu R T_1} = \frac{T_2}{T_1}$ 。化简后,

$$p_2 = \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} p_1, \text{ 代入数据可得, } p_2 = 3p_1$$

2. 目前好的真空设备的真空度可达到 10^{-15} 个大气压, 求此压力下, 温度为 27°C 时, 1m^3 体积中有多少气体分子。

【解】 $T = 27 + 273 = 300\text{ K}$

由 $pV = NkT$, 可得

$$N = \frac{pV}{kT} = \frac{1.01 \times 10^5 \times 10^{-15} \times 1}{1.38 \times 10^{-23} \times 300} = 2.45 \times 10^{10}$$

3. 已知某种理想气体的物态方程为 $pV = cT$, 试求该气体的分子总数 N 。

【解】 由题意可得 $pV = cT$

因为理想气体的物态方程 $PV = NkT$, 联立即得

$$NkT = cT,$$

解得

$$N = \frac{c}{k}$$

4. 1 mol 的氢气在温度为 27°C 时, 它的平动动能和转动功能各为多少?

【解】 已知 $T = 27 + 273 = 300\text{ K}$

因为氢气是双原子分子, 所以氢气的平动自由度是 $t=3$, 转动自由度是 $r=2$, 根据能量均分定理, 可得氢气的平动动能

$$\bar{\varepsilon}_{kt} = \frac{t}{2} kT = \frac{3}{2} kT = 3.74 \times 10^3\text{ J}$$

转动动能

$$\bar{\varepsilon}_{kr} = \frac{r}{2} kT = \frac{2}{2} kT = 2.493 \times 10^3\text{ J}$$

5. 一密封房间的体积为 $5 \times 3 \times 3\text{m}^3$, 室温为 20°C , 室内空气分子热运动的平均平动动能的总和是多少? 如果气体温度升高 1.0K , 而气体体积不变, 则气体的内能变化多少? (已知空气的密度 $\rho = 1.29\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 摩尔质量 $M_{\text{mol}} = 29 \times 10^{-3}\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 且空气分子可认为是刚性双原子分子。)

【解】 由题意可得, $T = 20 + 273 = 293\text{ K}$,

则室内空气分子的热运动的平均平动动能 $\bar{\varepsilon}_k = \frac{3}{2} kT = 6.06 \times 10^{-21}\text{ J}$,

因为空气分子可认为是刚性双原子分子, 则其自由度是 $i=5$,

根据内能的公式, $U = \frac{m}{M_{\text{mol}}} \frac{i}{2} RT = \frac{\rho V}{M_{\text{mol}}} \frac{i}{2} RT$, 可得内能的变化表达式

$$\Delta U = \frac{\rho V}{M_{\text{mol}}} \frac{i}{2} R \Delta T,$$

代入数据即得 $\Delta U = 4.16 \times 10^4\text{ J}$

6. 在地下球状洞穴中, 一次核爆炸释放出 $4 \times 10^{15}\text{J}$ 的能量, 洞穴半径为 200m , 试求洞穴中压强升高多少。(提示: 将空气当做理想气体, 并假定爆炸产生的能量全部转化为空气的内能。)

【解】 因为空气中的主要成分是氮气和氧气, 这两种气体都是双原子分子, 故空气分

子可以看成双原子分子, 则其自由度是 $i=5$, 体积 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

假定爆炸产生的能量全部转化为空气的内能, 根据理想气体的内能公式可以推导出空气的内能增加 $\Delta U = \nu \frac{i}{2} R \Delta T$, 同理, 由理想气体的物态方程, 可以得到 $\Delta p V = \nu R \Delta T$, 联立, 可得一表达式

$$\Delta p = \frac{\Delta U}{\frac{i}{2} \cdot V} = \frac{\Delta U}{\frac{i}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3} = 4.8 \times 10^7 \text{ Pa}$$

7. 将质量都是 0.28kg 的氮气和氢气由 20°C 加热到 70°C, 问氮气和氢气的内能增加多少。(已知氢气的摩尔质量为 4g/mol)

【解】 设 $T_1 = 20 + 273 = 293\text{K}$, $T_2 = 70 + 273 = 343\text{K}$;

氢气是单原子分子 $i_1 = 3$, 氮气是双原子分子 $i_2 = 5$,

$$\Delta U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R (T_2 - T_1), \text{ 代入数据可得,}$$

$$\text{氢气内能增加 } \Delta U_1 = 43627.5\text{J}$$

$$\text{氮气内能增加 } \Delta U_2 = 10387.5\text{J}$$

8. 见习题解答: 四 (10)

9. 摩尔质量为 89g/mol 的氨基酸分子和摩尔质量为 $5.0 \times 10^4\text{g/mol}$ 的蛋白质分子, 它们在 37°C 的活细胞内的方均根速率各是多少?

【解】 $T = 37 + 273 = 310\text{K}$

根据方均根速率 $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$, 代入数据, 可得

$$\text{氨基酸分子的方均根速率 } v_{rms1} = 294.7\text{ m/s}$$

$$\text{蛋白质分子的方均根速率 } v_{rms2} = 12.4\text{ m/s}$$

10. (1) 求氮气在标准状态下的平均碰撞频率。(2) 若温度不变, 气压降到 $1.33 \times 10^{-4}\text{Pa}$, 平均碰撞频率又为多少? (设分子有效直径为 10^{-10}m 。)

【解】 (1) 因为标准状态是 $T = 273\text{K}$, $p = 1.01 \times 10^5\text{ Pa}$

根据物态方程计算 $n = \frac{p}{kT}$,

$$\text{平均速率 } \bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

$$\text{则平均碰撞频率 } \bar{Z} = \sqrt{2} \pi d^2 \bar{v} n = \sqrt{2} \pi d^2 \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \frac{p}{kT} = 5.42 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$$

(2) 根据题意可知, $T = 273\text{K}$, $p_2 = 1.33 \times 10^{-4}\text{ Pa}$

$$\text{则 } \bar{Z}_2 = \sqrt{2}\pi d^2 \bar{v} n = \sqrt{2}\pi d^2 \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \frac{P_2}{kT} = 0.71 \text{ s}^{-1}$$

11. 若在标准压强下，氢气分子的平均自由程为 $6 \times 10^{-8} \text{ m}$ ，问在何种压强下，其平均自由程为 1 cm 。（设：两种状态的温度一样。）

【解】 设温度为 T ，标准压强为 p_o ，标准压强下的平均自由程为 $\bar{\lambda}_1$

待求压强为 p_2 ，待求平均自由程为 $\bar{\lambda}_2$ ，则

$$\frac{\bar{\lambda}_2}{\bar{\lambda}_1} = \frac{\frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p_2}}{\frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p_o}} = \frac{p_o}{p_2},$$

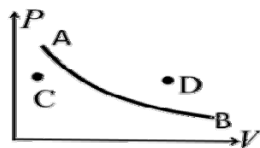
化简， $p_2 = \frac{\bar{\lambda}_1}{\bar{\lambda}_2} p_o$ ，代入数据可得

$$p_2 = 0.61 \text{ Pa}$$

【习题练习】

一、选择题

- 理想气体中仅由温度决定其大小的物理量是 (C)
 (A) 气体的压强 (B) 气体的内能
 (C) 气体分子的平均平动动能 (D) 气体分子的平均速率
- 理想气体处于平衡状态, 设温度为 T , 气体分子的自由度为 i , 则每个气体分子所具有的 (D)
 (A) 动能为 $\frac{i}{2}kT$ (B) 动能为 $\frac{i}{2}RT$
 (C) 平均平动动能为 $\frac{i}{2}kT$ (D) 平均平动动能为 $\frac{3}{2}kT$
- 一氧气的容积为 V , 充了气未使用时的压强为 p_1 , 温度为 T_1 , 使用后瓶内氧气的质量减少为原来的一半, 其压强降为 p_2 , 则此时瓶内氧气的温度 T_2 为 (A)
 (A) $\frac{2T_1P_2}{P_1}$ (B) $\frac{2T_1P_1}{P_2}$ (C) $\frac{T_1P_2}{P_1}$ (D) $\frac{2T_1}{P_1P_2}$
- 设想在理想气体内部取一小截面 dA , 则两边气体通过 dA 互施压力。从分子运动论的观点来看, 这个压力施于 dA 的压强为 (A)
 (A) $p = \frac{2}{3}n\bar{\epsilon}_k$ (B) $p = \frac{4}{3}n\bar{\epsilon}_k$ (C) $p = \frac{3}{2}kT$ (D) $p = 3kT$
- 两瓶不同种类的气体, 它们的温度和压强相同, 但体积不同, 则下列说法正确的是 (C)
 (A) 单位体积内的分子数相同, 单位体积内的气体质量也相同
 (B) 单位体积内的分子数不相同, 但单位体积内的气体质量相同
 (C) 单位体积内的分子数相同, 但单位体积内的气体质量不相同
 (D) 单位体积内的分子数不相同, 单位体积内的气体质量也不相同
- 容积为 V 的容器中, 贮有 N_1 个氧分子、 N_2 个氮分子和 M kg 氩气的混合气体, 则混合气体在温度为 T 时的压强为 (其中 N_A 为阿伏伽德罗常数, μ 为氩分子的摩尔质量) (D)
 (A) $\frac{N_1}{V}kT$ (B) $\frac{N_2}{V}kT$
 (C) $\frac{MN_A}{\mu V}kT$ (D) $\frac{1}{V}(N_1 + N_2 + \frac{M}{\mu}N_A)kT$
- 阿伏伽德罗常数为 N_A , 某理想气体的摩尔质量为 μ , 则当该气体在压强为 p , 气体质量为 M 、体积为 V 时的平均平动动能为 (B)
 (A) $\frac{3pV\mu}{2M}$ (B) $\frac{3pV\mu}{2N_A M}$ (C) $\frac{5pV\mu}{2N_A M}$ (D) $\frac{7pV\mu}{2N_A M}$
- 如图所示, AB 为一理想气体等温线, C 态与 D 态在 AB 线的两侧, 则 D 态的温度与 C 态的温度关系为 (C)
 (A) $T_D < T_C$ (B) $T_D = T_C$
 (C) $T_D > T_C$ (D) 无法确定



9. 两瓶不同种类气体, 体积不同, 但温度和压强相同, $\bar{\epsilon}_k$ 表示气体分子的平均平动动能, $n\bar{\epsilon}_k$ 表示单位体积分子总的平均平动动能, 则下列表述正确的是 (A)

- (A) $\bar{\epsilon}_k$ 相同, $n\bar{\epsilon}_k$ 也相同 (B) $\bar{\epsilon}_k$ 相同, $n\bar{\epsilon}_k$ 不同
(C) $\bar{\epsilon}_k$ 不同, $n\bar{\epsilon}_k$ 相同 (D) $\bar{\epsilon}_k$ 不同, $n\bar{\epsilon}_k$ 也不同

10. 处于平衡状态下的一瓶氢气和一瓶氮气的分子数密度相同, 分子的平均平动动能也相同, 则下列表述正确的是 (C)

- (A) 温度、压强均不相同
(B) 温度相同, 但氢气压强大于氮气的压强
(C) 温度、压强均相同
(D) 温度相同, 但氢气压强小于氮气的压强

11. 保持气体的压强恒定, 当其温度升高时, 则每秒与器壁碰撞的气体分子数以及每个分子在碰撞时施于器壁的冲量的变化分别为 (B)

- (A) 每秒与器壁碰撞的气体分子数将变大, 每个分子在碰撞时施于器壁的冲量将减少
(B) 每秒与器壁碰撞的气体分子数将减少, 每个分子在碰撞时施于器壁的冲量将变大
(C) 每秒与器壁碰撞的气体分子数将减少, 每个分子在碰撞时施于器壁的冲量也减少
(D) 每秒与器壁碰撞的气体分子数将变大, 每个分子在碰撞时施于器壁的冲量也变大

12. 1 mol 刚性双原子分子理想气体的内能为 (B)

- (A) $\frac{5}{2}kT$ (B) $\frac{5}{2}RT$ (C) $\frac{7}{2}kT$ (D) $\frac{7}{2}RT$

13. 根据能量均分定理, 分子的每一自由度所具有的平均能量为 (A)

- (A) $\frac{1}{2}kT$ (B) kT (C) $\frac{3}{2}kT$ (D) $\frac{5}{2}kT$

14. 质量为 M kg 的刚性三原子分子理想气体, 其分子的摩尔质量为 μ , 当它处于温度为 T 的平衡态时, 该气体所具有的内能为 (B)

- (A) $\frac{7}{2} \frac{M}{\mu} RT$ (B) $\frac{3}{2} \frac{M}{\mu} RT$ (C) $\frac{5}{2} \frac{M}{\mu} RT$ (D) $\frac{3}{2} \frac{M}{\mu} RT$

15. 质量为 M , 摩尔质量为 μ 的单原子理想气体, 经历了一个等压过程, 温度增量为 ΔT , 则内能增量为 (B)

- (A) $\Delta U = \frac{M}{\mu} R \Delta T$ (B) $\Delta U = \frac{M}{\mu} \frac{3}{2} R \Delta T$
(C) $\Delta U = \frac{M}{\mu} \frac{5}{2} R \Delta T$ (D) $\Delta U = \frac{M}{\mu} \frac{7}{2} R \Delta T$

16. 用绝热材料制成的一个容器, 体积为 $2V_0$, 被绝热板隔成 A、B 两部分, A 内储 1mol 单原子理想气体, B 内储有 2 mol 刚性双原子理想气体, A、B 两部分压强相等均为 p_0 , 两部分体积均为 V_0 , 则两种气体各自的内能分别为 (C)

- (A) $U_A = \frac{5}{2} p_0 V_0$, $U_B = \frac{7}{2} p_0 V_0$ (B) $U_A = \frac{5}{2} p_0 V_0$, $U_B = \frac{7}{2} p_0 V_0$
(C) $U_A = \frac{3}{2} p_0 V_0$, $U_B = \frac{5}{2} p_0 V_0$ (D) $U_A = \frac{5}{2} p_0 V_0$, $U_B = \frac{3}{2} p_0 V_0$

17. 麦克斯韦速率分布函数 $f(v)$ 的物理意义是 (A)

- (A) 它是气体分子处于 v 附近单位速率区间的概率
 (B) 它是气体分子处于 v 附近的频率
 (C) 它是气体分子处于 $v \sim v + dv$ 速率区间内的分子数
 (D) 它是气体分子处于 $v \sim v + dv$ 速率区间内的相对分子数

18. 气体的三种统计速率：最概然速率 v_p 、平均速率 $\bar{v}$ 、方均根速率 $\sqrt{v^2}$ ，它们之间的大小关系为 (C)

- (A) $v_p > \bar{v} > \sqrt{v^2}$ (B) $v_p = \bar{v} = \sqrt{v^2}$
 (C) $v_p < \bar{v} < \sqrt{v^2}$ (D) 无法确定

19. 已知 n 为单位体积分子数， $f(v_x)$ 为麦克斯韦速度分量的分布函数，则 $nf(v_x)dv$ 表示为 (B)

- (A) 单位时间内碰到单位面积器壁上的速度分量 v_x 处于 $v \sim v + dv$ 区间的分子数
 (B) 单位体积内速度分量 v_x 处于 $v \sim v + dv$ 区间的分子数
 (C) 速度分量在 v_x 附近， dv_x 区间内的分子数占总分子数的比率
 (D) 速度分量在 v_x 附近， dv_x 区间内的分子数

20. 一定量的气体，体积不变而温度升高时，分子碰撞频率和平均自由程的变化为 (A)

- (A) $\bar{z}$ 增大， $\bar{\lambda}$ 不变 (B) $\bar{z}$ 不变， $\bar{\lambda}$ 增大
 (C) $\bar{z}$ 减少， $\bar{\lambda}$ 不变 (D) $\bar{z}$ 增大， $\bar{\lambda}$ 减少

21. 在一个体积不变的容器中，储有一定量的某种理想气体，温度为 T_0 时，气体分子的平均速率为 $\bar{v}_0$ ，平均自由程为 $\bar{\lambda}_0$ ，当气体温度升高为 $4T_0$ 时，气体分子的平均速率 $\bar{v}$ 和平均自由程 $\bar{\lambda}$ 分别为 (B)

- (A) $\bar{v} = 4\bar{v}_0$ ， $\bar{\lambda} = 4\bar{\lambda}_0$ (B) $\bar{v} = 2\bar{v}_0$ ， $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0$
 (C) $\bar{v} = 2\bar{v}_0$ ， $\bar{\lambda} = 4\bar{\lambda}_0$ (D) $\bar{v} = 4\bar{v}_0$ ， $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0$

二、判断题

1. 从分子运动论的观点说明：当气体的温度升高时，只要适当增大容器的容积，就可使气体的压强保持不变。【√】

2. 理想气体是真实气体在压强趋于零时的极限情形，是一种理想化的模型，它严格遵从理想气体状态方程。【√】

3. 两瓶不同种类的气体，它们的体积不同，但它们的温度和压强相同，所以它们单位体积内的分子数一定相同。【√】

答案：对 ($n = \frac{p}{kT}$)

4. 在推导理想气体压强公式时，可以不考虑分子间的相互碰撞。【√】

答案：对 (因是大量分子共同作用的统计效果)

5. 给自行车轮胎打气，使其达到所需要的压强，不管是夏天或冬天，打入胎内的空气质量一定相同。【×】

答案：错 (轮胎内的空气密度 $\rho = \frac{\mu p}{RT}$ ，其中 μ 表示分子的摩尔质量)

6. 在推导理想气体压强公式的过程中, 利用了理想气体的假设、平衡态的条件和统计平均的概念。【√】

7. 气体处于平衡态时, 其分子的平均速率不等于零, 但分子的平均速度等于零, 平均动量也等于零。【√】

8. 不管气体处于平衡态还是非平衡态, 按统计规律性都有 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ 。【×】

答案: 错 (非平衡态时不成立)

9. 温度反映了组成系统的大量分子无规则运动的剧烈程度。它是大量分子热运动的集体表现, 所以对于单个分子不能说它的温度有多高。【√】

10. 在一封闭容器中装有某种理想气体, 若气体的温度保持不变, 当气体的压强增大时, 气体的体积也同时增大。【×】

11. 由理想气体分子的平均平动动能与温度的关系 $\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}kT$ 可知, 单个分子的温度就是理想气体的温度。【×】

答案: 错 (因温度是一个统计量, 所以说个别分子有多少温度是没有意义的)

12. 从气体动理论的观点来看, 若理想气体分子的数密度越大, 则压强越大; 若分子平均平动动能越大, 则压强也越大。【√】

答案: 对 ($p = \frac{2}{3}n\overline{\epsilon_k}$)

13. 在一封闭容器中装有某种理想气体, 在保持该气体压强恒定的情况下, 使其温度升高, 则每秒与器壁碰撞的气体分子数将增大, 每个分子在碰撞时施于器壁的冲量也增大。【×】

答案: 错 (因当气体的温度增大时, 气体的体积也增大, 故分子的数密度减小; 而当温度增大时, 分子的运动速率变大, 故每个分子在碰撞时施于器壁的冲量也变大)

14. 在推导理想气体的压强公式时, 曾假设分子与器壁间的碰撞是完全弹性的。实际上, 器壁可以是非弹性的, 只要器壁和气体的温度相同, 弹性和非弹性的效果没什么不同。【√】

15. 由于理想气体忽略了分子间的相互作用, 因此理想气体的内能只是温度的单值函数。【√】

16. 能量均分定理指出, 无论是平动、转动或者振动, 每一个速度二次方项或者每一个坐标二次方项所对应的平均能量均相等, 都等于 $\frac{1}{2}kT$ 。【√】

17. 如果氢气和氦气的温度相同, 摩尔数相同, 那么这两种气体的平均动能也一定相同。【×】

答案: 错 (因两者的自由度不同)

18. 一容器内贮有某种气体, 如果容器漏气, 则容器内气体分子的平均平动动能将减少, 气体的内能也减少。【×】

答案: 错 (因容器的温度不变, 所以气体分子的平均平动动能不变, 气体的内能减少)

19. 从分子动理论的观点来看, 对于一定量的理想气体的内能与温度 T 成正比, 温度 T 越高, 它的内能也越大。【√】

20. 理想气体分子的最概然速率, 就是麦克斯韦速率分布曲线峰值对应的速率。【√】

21. 两容器都储有氢气, 温度相同, 体积不相同, 两者的气体质量也不相等, 但它们的分子速率分布相同。【√】

答案: 对 (因两容器的分子质量相等、温度相等)

22. 麦克斯韦速率分布函数 $f(v) = \frac{dN}{Ndv}$ 是平衡态下理想气体质心的速率分布函数。

它表示平衡态下的理想气体分子数按速率的分布规律。【√】

23. 混合气体处于平衡状态时，每种气体分子的速率分布情况与该种气体单独存在时分子的速率分布情况完全相同。【√】

24. 最概然速率相同的两种不同气体，它们的速率分布曲线一定相同。【√】

答案：对 ($f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} v_p^{-3} e^{-\left(\frac{v}{v_p}\right)^2} v^2$)

25. 在单位时间内，分子 α 与其他分子碰撞的平均次数叫做分子的每秒平均碰撞次数，或称平均碰撞频率。【√】

26. 平均自由程就是各个分子在两次碰撞间走过的路程。【×】

答案：错（是指分子连续两次碰撞间所经过的路程的平均值）

27. 对于同种理想气体，在温度不变的情况下，增大气体分子的平均自由程，就可以减少分子的每秒平均碰撞次数。【√】

28. 平均自由程与分子碰撞截面、分子数密度成反比，与分子平均速率成正比。【×】

答案：错 ($\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$)

29. 在氦分子的有效直径 2.59×10^{-10} m、温度 600 K 不变的情况下，即使压强继续减小，氦分子的平均碰撞次数也是不变的。【×】

答案：错（减小）

30. 考虑到分子是一个复杂的系统，分子之间的相互作用也很复杂，所以在推导平均碰撞次数的过程中，我们把气体分子当作直径为 d 的弹性小球，并且把分子间的碰撞看成完全弹性碰撞，是不准确的。【√】

三、填空题

1. 体积为 1.0×10^{-3} m³ 的容器中含有 1.01×10^{23} 个理想气体分子，如果气体压强为 1.01×10^5 Pa，则该理想气体的温度为_____K。

答案：72.5 K

2. 一打足气的自行车内胎，在 $t_1 = 7.0$ °C 时，轮胎中空气的压强为 $p_1 = 4.0 \times 10^5$ Pa，则当温度变为 $t_2 = 37.0$ °C 时，轮胎内空气的压强 p_2 为_____Pa。

答案： 4.43×10^5 Pa

3. 一定量的理想气体储于某一容器中，温度为 T ，气体分子的质量为 m ，根据理想气体分子模型和统计假设，分子速度在 x 方向的速度分量平均值 $\bar{v}_x =$ _____，分量 $\overline{v_x^2} =$ _____。

答案：0, $\overline{v_x^2} = \frac{kT}{m}$

4. 一容积为 10 cm³ 的电子管，当温度为 300 K 时，用真空泵把管内空气抽成压强为 5×10^{-6} mmHg 的高真空，则此时管内的空气分子数为_____。

答案： $N = pV / kT = 1.61 \times 10^{12}$

5. 一容积为 10 cm³ 的电子管，当温度为 300 K 时，用真空泵把管内空气抽成压强为

$5 \times 10^{-6} \text{ mmHg}$ 的高真空, 则此时管内的空气分子的平均平动动能的总和为_____。

答案: $\frac{3}{2} NkT = 1.0 \times 10^{-8} \text{ J}$

6. 温度为 27°C 时, 1 mol 氧气具有的平均平动动能为_____J。

答案: $E_{\text{平}} = \frac{3}{2} RT = 3740 \text{ J}$

7. 某容器内分子数密度为 $1.0 \times 10^{26} \text{ m}^{-3}$, 每个分子的质量为 $3.0 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 设其中 $1/6$ 分子数以速率 $v=200 \text{ m/s}$ 垂直地向容器的一壁运动, 而其余 $5/6$ 分子或者离开此壁, 或者平行此壁方向运动, 且分子与容器壁的碰撞为完全弹性。则每个分子作用于器壁的冲量为_____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

答案: $\Delta p = 2mv = 1.2 \times 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

8. 刚性双原子分子理想气体的定压摩尔热容为_____。

答案: $\frac{7R}{2}$

9. 1 mol 刚性分子的理想气体氦(He), 当其温度升高 1 K 时, 其内能的增加值为_____。

答案: 12.5 J

10. 有一瓶质量为 M 的氧气 (视为刚性双原子分子理想气体), 温度为 T , 则氧分子的平均动能为_____。

答案: $\bar{\varepsilon}_k = \frac{5}{2} kT$

11. 某状态下理想气体刚性双原子分子的平均平动动能为 $6.0 \times 10^{-21} \text{ J}$, 则其平均转动动能为_____。

答案: $4.0 \times 10^{-21} \text{ J}$

12. 若温度为 T 的水蒸气可视为刚性分子理想气体, 那么 1 mol 该温度下的水蒸气内能为_____。

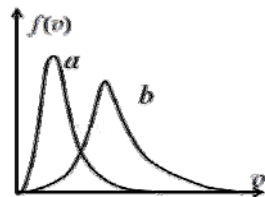
答案: $3RT$

13. 如果氢气和氦气的温度相同, 则它们的分子平均动能_____。(填: 相等或不等)

答案: 不等

14. 如图所示, 两条曲线分别表示相同温度下的氢气和氧气分子的速率分布曲线, 则 b 曲线表示_____分子的速率分布曲线。(填氧气或氢气)

答案: 氢气



15. 已知某理想气体的速率分布函数为 $f(v) = \frac{dN}{Ndv}$, 其中 N

为气体的总分子数, dN 为分子速率在 $v \sim v+dv$ 区间内的分子数, 则表达式 $f(v)dv$ 的物理意义是:_____。

答案: 表示在总分子数 N 中, 速率在 $v \sim v+dv$ 区间的分子数占分子总数的百分比, 或者表示分子在速率 $v \sim v+dv$ 区间内的概率

16. 同温度下氢气分子与氧气分子的平均速率之比为_____。

答案: $4:1$

17. 理想气体分子的最概然速率 v_p 的物理意义是_____。

答案：分子速率在 v_p 附近分布的概率最大或分子速率在 v_p 附近的分子数最多

18. 已知 $f(v)$ 为麦克斯韦速率分布函数, v_p 为分子的最概然速率, 则 $\int_0^{v_p} f(v)dv$ 表示_____。

答案：速率区间 $0 \sim v_p$ 的分子数占总分子数的百分比

19. 某实验室获得的极限真空约为 $1.33 \times 10^{-11} \text{ Pa}$, 当温度在 27°C 时分子的平均自由程为 $\bar{\lambda} = 7.79 \times 10^8 \text{ m}$, 则气体分子的有效直径为_____m。

答案： $d = 3.0 \times 10^{-10} \text{ m}$

20. 今测得温度为 T , 压强为 p 时, 氩分子和氖分子的平均自由程分别为: $\bar{\lambda}_{Ar}$ 和 $\bar{\lambda}_{Ne}$, 则氖分子和氩分子的有效直径之比 $d_{Ne} : d_{Ar} =$ _____。

答案： $\sqrt{\frac{\bar{\lambda}_{Ar}}{\bar{\lambda}_{Ne}}}$

四、计算题

1. 求在温度为 30°C 时氧气分子的平均平动动能, 平均动能, 平均能量以及 $4.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 的氧气的内能? (常温下, 氧气分子可看成刚性分子)

【解】 常温下, 氧气分子看成刚性分子, 所以其自由度为 $i = 5$

氧气分子的平均平动动能: $\bar{\varepsilon}_{kt} = \frac{3}{2} kT = 6.28 \times 10^{-21} \text{ J}$

氧气分子的平均动能: $\bar{\varepsilon}_k = \frac{5}{2} kT = 1.05 \times 10^{-20} \text{ J}$

氧气分子的平均能量: $\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_k = \frac{5}{2} kT = 1.05 \times 10^{-20} \text{ J}$

$4.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 氧气的内能:

$$U = \frac{i}{2} \frac{M}{\mu} RT = \frac{5}{2} \cdot \frac{4.0 \times 10^{-3}}{32 \times 10^{-3}} \times 8.31 \times 303 = 787 \text{ J}$$

2. 温度为 0°C 和 100°C 时理想气体分子的平均平动动能各为多少? 欲使分子的平均平动动能等于 $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$, 则气体的温度需多高?

【解】 0°C 时的平均平动动能

$$\bar{\varepsilon}_{k1} = \frac{3}{2} kT_1 = 1.5 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273 = 5.65 \times 10^{-21} \text{ J}$$

100°C 时的平均平动动能

$$\bar{\varepsilon}_{k2} = \frac{3}{2} kT_2 = 1.5 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 373 = 7.72 \times 10^{-21} \text{ J}$$

分子的平均平动动能 $\bar{\varepsilon}_k = \frac{3}{2} kT = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 时的温度为

$$T = \frac{2\bar{\varepsilon}_k}{3k} = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{3 \times 1.38 \times 10^{-23}} = 7.73 \times 10^3 \text{ K}$$