**《大学物理II》作业No. 8 平衡态的气体动理论 （C卷）**

**班级 \_\_\_\_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

1. **选择题**（8小题）
2. 若室内生起炉子后温度从高到，而室内气压不变，则此时室内的分子数减少了

**[ ]** A. B.

C. D.

**答案：B**

**答案解析：**由理想气体状态方程 ，根据题意可知

即

室内分子数减少。因此选B。

1. 一瓶氦气和一瓶氧气，它们的压强和温度都相同，但体积不同。下列结论正确的是

**[ ]** (1) 单位体积的分子数相同； (2) 单位体积的质量相同；

(3) 分子的平均平动动能相同； (4) 分子的方均根速率相同。

A. (2) (3) B. (3) (4)

C. (1) (3) D. (1) (2)

**答案：C**

**答案解析：**(1) 正确。由理想气体状态方程，得单位体积的分子数，因为两种气体的压强和温度都相同，所以两种气体相同。

(2) 错误。由气体状态方程，得单位体积的质量，即气体密度，因为两种气体的摩尔质量不相同，所以两种气体单位体积的质量不相同。

(3) 正确。一个分子的平均平动动能为 ，因为两种气体温度相同，所以两种分子的平均平动动能相同。

(4) 错误。分子方均根速率 ，因为两种气体的摩尔质量不相同，所以两种分子的方均根速率不相同。

因此选C。

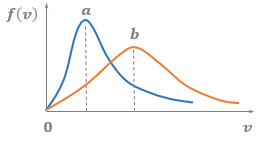
1. 在A，B，C三个容器中装有同种理想气体，它们的分子数密度相同，方均根速率之比，则它们的压强之比为

**[ ]** A. B.

C. D.

**答案：C**

**答案解析：**理想气体的压强，所以。因此选C。



1. 设图示的两条曲线分别表示在相同温度下氧气和氢气分子的速率分布曲线；令和分别表示氧气和氢气的最概然速率，则

**[ ]**

A. 图中表示氧气分子的速率分布曲线； B. 图中表示氧气分子的速率分布曲线；

C. 图中表示氧气分子的速率分布曲线；

D. 图中表示氧气分子的速率分布曲线；

**答案：B**

**答案解析：**因氧气摩尔质量比氢气摩尔质量大，

由理想气体最概然速率公式知：在相同温度下，氧气的最概然速率比氢气的最概然速率小，其比值为 。

再因速率分布曲线下面积应相等归一化，所以氧气分子的速率分布曲线要陡一些。因此选B。

1. 设某种气体分子的速率分布函数为，则速率在区间内的分子的平均速率为

**[ ]** A. B.

C. D.

**答案：C**

**答案解析：**速率在区间的分子数为

该区间内分子速率之和为 ，

所以该区间分子的平均速率为

1. 在容积的容器中，装有压强的理想气体，则容器中气体分子的平均平动动能总和为：

**[ ]** A. B.

C. D.

**答案：B**

**答案解析：**一个分子的平均平动动能为 ，

容器中气体分子的平均平动动能总和为

。因此选B。

1. 若为气体分子速率分布函数，为分子总数，为分子质量，则的物理意义是

**[ ]**

A. 速率为的各分子的总平均动能与速率为的各分子的总平均动能之差。

B. 速率为的各分子的总平动动能与速率为的各分子的总平动动能之和。

C. 速率处在速率间隔之内的分子的平均平动动能。

D. 速率处在速率间隔之内的分子平动动能之和。

**答案：D**

**答案解析：**因为，所以

表示在速率间隔内的分子平动动能之和。所以D正确。

1. 一定量的某种理想气体若体积保持不变，则其平均自由程和平均碰撞频率与温度的关系正确的是

**[ ]** A. 温度升高，减少而增大 B. 温度升高，增大而减少

C. 温度升高，和均增大 D. 温度升高，保持不变而增大

**答案：D**

**答案解析：**理想气体体积不变时其分子数数密度不变，平均速率，则由平均自由程公式与无关，平均碰撞频率公式 ，知

当理想气体体积不变而温度增大时，保持不变而增大，因此选D。

1. **判断题**（8小题）
2. **[ ]** 气体的温度是分子平均平动动能的量度。温度的高低反映物质内部分子运动剧烈程度的不同。

**答案：√**

**答案解析：**由温度的统计意义 , 可知表述正确。

1. **[ ]** 微观解释认为，理想气体在热力学过程中能够达到平衡态的原因是，无外界影响，分子不停地运动并不断地相互碰撞交换能量，而且气体达到平衡态后，分子仍然不停地运动。

**答案：√**

**答案解析：**热力学平衡态是指系统的各种宏观性质不随时间发生变化的稳定状态。 处于平衡态时，反映系统整体特征的宏观量（如体积、温度、压强）等具有稳定值；描述单个粒子运动状态的微观量（如单个粒子的动量、单个粒子的瞬时速度、单个粒子的动能）等却是不断变化的。因此热力学平衡态是一种动态平衡。

1. **[ ]** 处于平衡状态的一瓶氦气和一瓶氮气的密度相同，分子平均平动动能相同，则它们的温度、压强都相同。

**答案：×**

**答案解析：**由分子平均平动动能公式 , 可知两种气体的温度相同。

根据理想气体状态方程 ，得压强。因为它们的密度相同，所以摩尔质量小的气体，压强大。由于氦气的摩尔质量小于氮气的摩尔质量，所以氦气的压强大于氮气的压强。

1. **[ ]** 温度、压强相同的氦气和氧气，它们分子的平均动能和平均平动动能都相等。

**答案：×**

**答案解析：**分子平均动能，平均平动动能，氦气和氧气自由度不同，

所以二者不等，但相等。

1. **[ ]** 若为气体分子速率分布函数，为分子总数，则表示在速率区间内的分子出现的概率。

**答案：×**

**答案解析：**表示在速率区间内的分子数目。

：表示分子速率在区间内的概率；或者速率在区间的分子数占总分子数的比值。

1. **[ ]** 有两种组成成分和状态不同的理想气体，若它们的平均速率相等，则它们的最概然速率和方均根速率也相等。

**答案：√**

**答案解析：**根据三种速率的定义：最概然速率为；平均速率为； 方均根速率为，

可以判断表述正确。

1. **[ ]** 理想气体平衡态的统计假设，在没有外力场作用下，气体分子沿各个方向运动的概率均等，即。

**答案：√**

**答案解析：**在推导理想气体压强公式中，体现统计意义的两条假设是

平衡态下，系统内分子处于容器内任一位置的概率相同；

平衡态下，气体分子沿各个方向运动的概率相同（）

1. **[ ]** 在气体动理论中，有时视理想气体分子为有质量而无大小的质点，有时视为有一定大小（体积）的刚性小球，这主要取决于研究问题的不同。

**答案：√**

**答案解析：**理想气体分子模型在气体动理论中讨论不同问题时有所不同。在压强和温度公式的推导中（弹性自由质点）；在能均分定律中（有内部结构的质点组）；在分子平均碰撞自由程的推导中（直径为d的刚性小球）。

1. **填空题**（8小题）
2. 在推导理想气体压强公式中，体现统计意义的两条假设是
3. ；
4. 。

**答案：平衡态下，系统内分子处于容器内任一位置的概率相同；**

**平衡态下，气体分子沿各个方向运动的概率相同（）**

1. 某理想气体在温度为和压强为情况下，密度为，则这气体的摩尔质量＝ 。（摩尔气体常量）

**答案：**

**答案解析：**由理想气体状态方程 ，可得摩尔质量为

1. 当理想气体处于平衡态时，气体分子速率分布函数为，则分子速率处于最概然速率至范围内的概率  。

**答案：**

**答案解析：**由气体分子速率分布函数可知：

分子速率处于最概然速率至之间的分子数为

则分子速率处于最概然速率至范围内的概率

1. 某气体在温度为时，压强为， 密度，则该气体分子的方均根速率为  。

**答案：**

**答案解析：**由理想气体状态方程，得

方均根速率为

1. 一超声波源发射声波的功率为。假设它工作，并且全部波动能量都被氧气（视为刚性分子）吸收而用于增加其内能，问氧气的温度升高了 。

**答案：**

**答案解析：**声波源发射出的声波总能量为（式中为超声波源功率），

理想气体的内能改变为，由题意知氧气的温度升高为

（氧气分子视为刚性双原子分子，总自由度数为5）。

1. 一群总能量为的宇宙射线粒子，射入一氖管中，氖管内充有的氖气，若宇宙射线粒子的能量全部被氖分子所吸收，则氖气温度升高了 。

（，）

**答案：**

**答案解析：**氖气为单原子分子，其等体摩尔热容为，

由理想气体内能公式得，

氖气温度升高为 。

1. 无线电收音机所用真空管的真空度约为，在时分子的平均自由程为  。（设分子的有效直径）

**答案：**

**答案解析：**已知，

单位体积内分子数

分子的平均自由程

1. 已知大气中分子数密度随高度的变化规律，式中为处的分子数密度。若大气中空气的摩尔质量为，温度为，且处处相同，并设重力场是均匀的，则空气分子数密度减少到地面的一半时的高度为。（符号，即）

**答案：**

**答案解析：**玻尔兹曼粒子数按势能（高度）分布规律 ，

空气分子数密度减少到地面的一半时，得 ，高度 。

1. **计算题**（3小题）
   * + 1. 容积为的盒子以速率匀速运动，容器中充有质量为，温度为的氢气（可视为刚性分子），设盒子突然停止，全部定向运动的动能都变为气体分子热运动的动能，容器与外界没有热量交换，则达到热平衡后，氢气的温度增加了多少？氢气的压强增加了？

**解：**由能量守恒转换定律 **（2分）**

氢气的温度增加 **（2分）**

氢气体积不变，根据理想气体状态方程， **（1分）**

知等体过程的压强改变满足，即

**（2分）**

**（1分）**

* + - 1. 容器内某理想气体的温度，压强，密度，求：

(1) 气体分子运动的方均根速率。

(2) 气体的摩尔质量，是何种气体？

(3) 气体分子的平均平动动能和转动动能。

(4) 单位体积内气体分子的总平动动能。

(5) 假设该气体为，求气体的内能。

**解：**由理想气体状态方程：，得 ， **（2分）**

(1) 方均根速率 **（2分）**

(2) 根据，

可得摩尔质量，这是N2或CO。 **（2分）**

(3) 分子平动动能： **（1分）**

把分子看成刚性分子，无论N2或CO其转动动能

**（1分）**

(4) 由压强公式：，可得气体分子数密度。

单位体积内气体分子的总平动动能 **（2分）**

(5) 刚性气体N2或CO自由度，则其内能为

**（2分）**

* + - 1. 设个粒子系统的速率分布函数为：

为常量

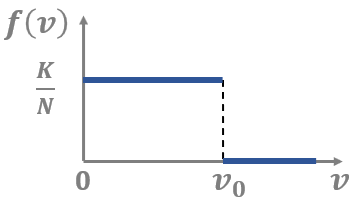
(1) 画出分布函数图；

(2) 用和定出常量；

(3) 用表示出平均速率和方均根速率。

**解**：(1) 由速率分布函数定义得：

分布函数，分布函数图



**（2分）**

(2) 由归一化条件， **（1分）**

得 **（2分）**

分布函数为

(3) 平均速率 **（2分）**

由 **（1分）**

得方均根速率 **（1分）**