## 分子动理论　内能

### 考点一　微观量的估算

1.分子的大小

(1)分子的直径(视为球模型)：数量级为10－10 m；

(2)分子的质量：数量级为10－26 kg.

2.阿伏加德罗常数

(1)1 mol的任何物质都含有相同的粒子数.通常可取*N*A＝6.02×1023 mol－1；

(2)阿伏加德罗常数是联系宏观物理量和微观物理量的桥梁.

技巧点拨

1.微观量与宏观量

(1)微观量：分子质量*m*0、分子体积*V*0、分子直径*d*等.

(2)宏观量：物体的质量*m*、摩尔质量*M*、物体的密度*ρ*、物体的体积*V*、摩尔体积*V*mol等.

2.分子的两种模型

(1)球模型：*V*0＝π*d*3，得直径*d*＝(常用于固体和液体).

(2)立方体模型：*V*0＝*d*3，得边长*d*＝(常用于气体).

3.几个重要关系

(1)一个分子的质量：*m*0＝.

(2)一个分子的体积：*V*0＝(注意：对于气体，*V*0表示一个气体分子占有的空间).

(3)1 mol物体的体积：*V*mol＝.

例题精练

1.(多选)已知阿伏加德罗常数*N*A＝6.0×1023 mol－1，下列关于分子动理论的说法中正确的是(　　)

A.把冰分子看成一个球体，不计冰分子间的空隙，由冰的密度*ρ*＝0.9×103 kg/m3可估算出冰分子直径的数量级为10－10 m

B.布朗运动是指液体分子的无规则运动

C.某油轮载有密度为*ρ*＝0.9×103 kg/m3的原油在海面上航行，由于故障使部分原油泄漏，若共泄漏出原油9 000 kg，这次泄漏事故造成的最大污染面积可达到1011 m2

D.由某气体的密度、体积和摩尔质量可估算出该气体分子的直径

答案　AC

解析　将冰分子看成球体，且一个挨一个紧密排列，冰的摩尔体积为*V*0＝，冰分子的体积*V*＝，根据*V*＝π*R*3＝π*d*3，解得冰分子直径*d*＝，将冰分子的摩尔质量*M*＝18×10－3 kg/moL，*N*A＝6.0×1023 mol－1和*ρ*＝0.9×103 kg/m3代入上式，可得*d*≈4×10－10 m，故A正确；布朗运动是悬浮在液体中固体小颗粒的无规则运动，反映了液体分子的无规则运动，故B错误；原油体积为*V*＝＝ m3＝10 m3，而分子直径数量级为*d*＝10－10 m，所以污染海洋面积*S*＝＝＝1011 m2，故C正确；已知该气体的密度、体积和摩尔质量，可以得到摩尔体积，但缺少阿伏加德罗常数，故不能算出分子间的平均距离，且由于气体间隙较大，不能估算出分子直径，故D错误.

2.某一体积为*V*的密封容器，充入密度为*ρ*、摩尔质量为*M*的理想气体，阿伏加德罗常数为*N*A，则该容器中气体分子的总个数*N*＝\_\_\_\_\_\_\_\_，分子间的平均距离*d*＝\_\_\_\_\_\_\_\_.

答案

解析　气体的质量：*m*＝*ρV*

气体分子的总个数：*N*＝*nN*A＝*N*A＝*N*A

气体分子间的平均间距*d*＝＝.

### 考点二　布朗运动与分子热运动

1.分子热运动

分子做永不停息的无规则运动.

2.扩散现象

(1)扩散现象是相互接触的不同物质彼此进入对方的现象.

(2)扩散现象就是分子的运动，发生在固体、液体、气体任何两种物质之间.

(3)温度越高，扩散越快.

3.布朗运动

(1)布朗运动是悬浮在液体(或气体)中的微粒的无规则运动.

(2)布朗运动不是分子的运动，但它反映了液体分子的无规则运动.

(3)微粒越小，温度越高，布朗运动越明显.

技巧点拨

气体分子运动的速率分布图象

气体分子间距离大约是分子直径的10倍，分子间作用力十分微弱，可忽略不计；分子沿各个方向运动的机会均等；分子速率的分布规律按“中间多、两头少”的统计规律分布，且这个分布状态与温度有关，温度升高时，平均速率会增大，如图1所示.

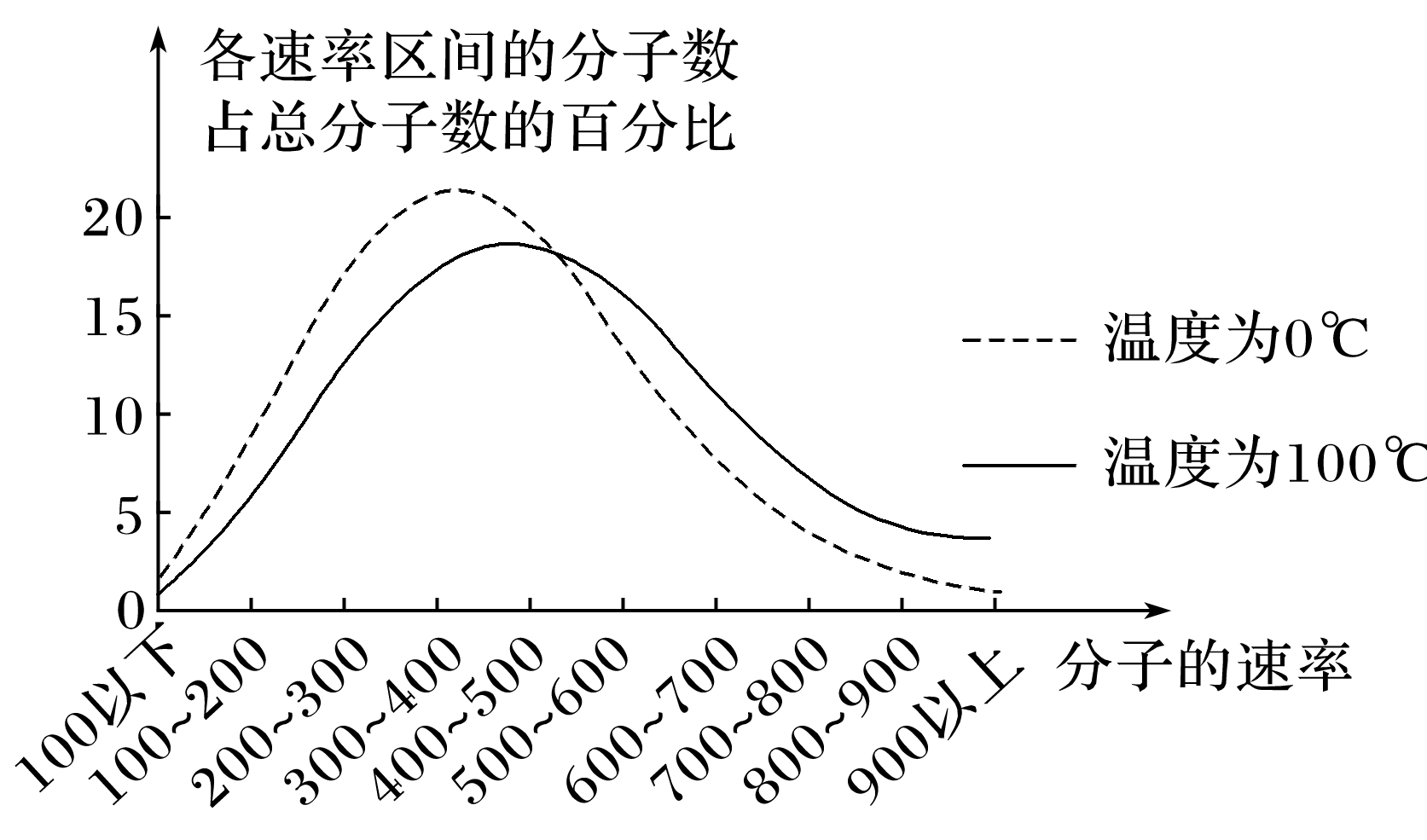


图1

例题精练

3.(多选)关于扩散现象，下列说法正确的是(　　)

A.温度越高，扩散进行得越快

B.扩散现象是不同物质间的一种化学反应

C.扩散现象是由物质分子无规则运动产生的

D.扩散现象在气体、液体和固体中都能发生

E.液体中的扩散现象是由于液体的对流形成的

答案　ACD

解析　根据分子动理论，温度越高，扩散进行得越快，故A正确；扩散现象不是化学反应，故B错误；扩散现象是由物质分子无规则运动产生的，故C正确；扩散现象在气体、液体和固体中都能发生，故D正确；液体中的扩散现象不是由于液体的对流形成的，是液体分子无规则运动产生的，故E错误.

4.关于布朗运动，下列说法中正确的是(　　)

A.悬浮在液体中的微粒越大，布朗运动越明显

B.温度越低，布朗运动越剧烈

C.布朗运动是指液体分子的无规则运动

D.液体分子的无规则运动是产生布朗运动的原因

答案　D

解析　布朗运动是指悬浮在液体中的微粒的无规则运动，C错误；温度越高，布朗运动越剧烈，B错误；悬浮在液体中的微粒越小，布朗运动越明显，A错误；液体分子的无规则运动是产生布朗运动的原因，故D正确.

5.以下关于热运动的说法正确的是(　　)

A.水流速度越大，水分子的热运动越剧烈

B.水凝结成冰后，水分子的热运动停止

C.水的温度越高，水分子的热运动越剧烈

D.水的温度升高，每一个水分子的运动速率都会增大

答案　C

解析　分子热运动与宏观运动无关，只与温度有关，故A错误；温度升高，分子热运动更剧烈，分子平均动能增大，并不是每一个分子运动速率都会增大，故C正确，D错误；水凝结成冰后，水分子的热运动不会停止，故B错误.

6.(多选)氧气分子在0 ℃和100 ℃温度下单位速率间隔的分子数占总分子数的百分比随气体分子速率的变化分别如图2中两条曲线所示.下列说法正确的是(　　)

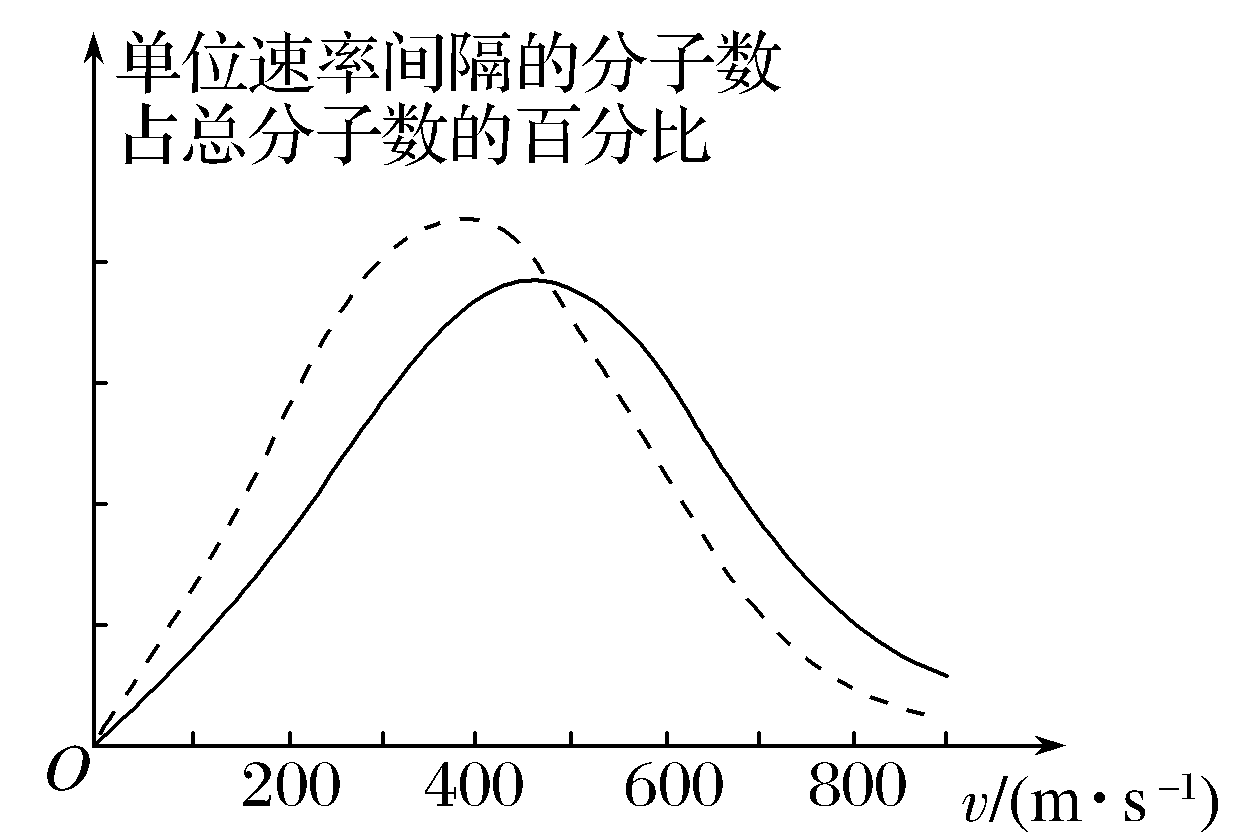


图2

A.图中两条曲线下的面积相等

B.图中虚线对应于氧气分子平均动能较小的情形

C.图中实线对应于氧气分子在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

E.与0 ℃时相比，100 ℃时氧气分子速率出现在0～400 m/s 区间内的分子数占总分子数的百分比较大

答案　ABC

解析　根据图线的物理意义可知，曲线下的面积表示百分比的总和，所以图中两条曲线下的面积相等，选项A正确；温度是分子平均动能的标志，且温度越高，速率大的分子所占比例越大，所以图中实线对应于氧气分子平均动能较大的情形，虚线对应于氧气分子平均动能较小的情形，选项B、C正确；根据曲线不能求出任意区间的氧气分子数目，选项D错误；由图线可知，与0 ℃时相比，100 ℃时氧气分子速率出现在0～400 m/s区间内的分子数占总分子数的百分比较小，选项E错误.

### 考点三　分子间的作用力和内能

1.分子间的作用力

分子间同时存在引力和斥力，且都随分子间距离的增大而减小，随分子间距离的减小而增大，但总是斥力变化得较快.

2.分子动能与分子势能

(1)分子平均动能

①所有分子动能的平均值.

②温度是分子平均动能的标志.

(2)分子势能

由分子间的相对位置决定的能，在宏观上分子势能与物体体积有关，在微观上与分子间的距离有关.

3.物体的内能

(1)内能：物体中所有分子的热运动动能与分子势能的总和.

(2)决定因素：温度、体积和物质的量.

(3)影响因素：物体的内能与物体的位置高低、运动速度大小无关；

(4)改变物体内能的两种方式：做功和热传递.

4.温度

(1)一切达到热平衡的系统都具有相同的温度.

(2)两种温标

摄氏温标和热力学温标.关系：*T*＝*t*＋273.15 K.

技巧点拨

1.分子间的作用力、分子势能与分子间距离的关系

分子间的作用力*F*、分子势能*E*p与分子间距离*r*的关系图线如图3所示(取无穷远处分子势能*E*p＝0).

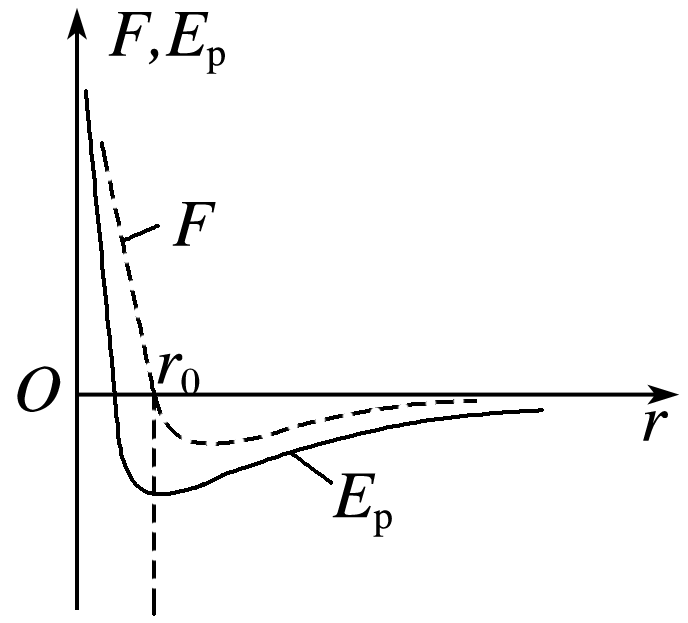


图3

(1)当*r*＞*r*0时，分子间的作用力表现为引力，当*r*增大时，分子间的作用力做负功，分子势能增大.

(2)当*r*＜*r*0时，分子间的作用力表现为斥力，当*r*减小时，分子间的作用力做负功，分子势能增大.

(3)当*r*＝*r*0时，分子势能最小.

2.分析物体内能问题的五点提醒

(1)内能是对物体的大量分子而言的，不存在某个分子内能的说法.

(2)内能的大小与温度、体积、物质的量和物态等因素有关.

(3)通过做功或热传递可以改变物体的内能.

(4)温度是分子平均动能的标志，相同温度的任何物体，分子的平均动能都相同.

(5)内能由物体内部分子微观运动状态决定，与物体整体运动情况无关.任何物体都具有内能，恒不为零.

例题精练

7.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.气体的体积变化时，其内能可能不变

E.气体的内能包括气体分子热运动的动能

答案　BDE

解析　气体的内能不考虑气体自身重力的影响，故气体的内能不包括气体分子的重力势能，A项错误；实际气体的内能包括气体分子热运动的动能和分子势能两部分，B、E项正确；气体整体运动的动能属于机械能，不属于气体的内能，C项错误；气体体积变化时，分子势能发生变化，若气体温度也发生变化，则分子势能和分子动能的和可能不变，即内能可能不变，D项正确.

1. (多选)分子间存在着相互作用的引力和斥力，分子间实际表现出的作用力是引力与斥力的合力.图4甲是分子引力、分子斥力随分子间距离*r*的变化图象，图乙是实际分子力*F*随分子间距离*r*的变化图象(斥力以正值表示，引力以负值表示).将两分子从相距*r*＝*r*2处由静止释放，仅考虑这两个分子间的作用力，下列说法正确的是(　　)

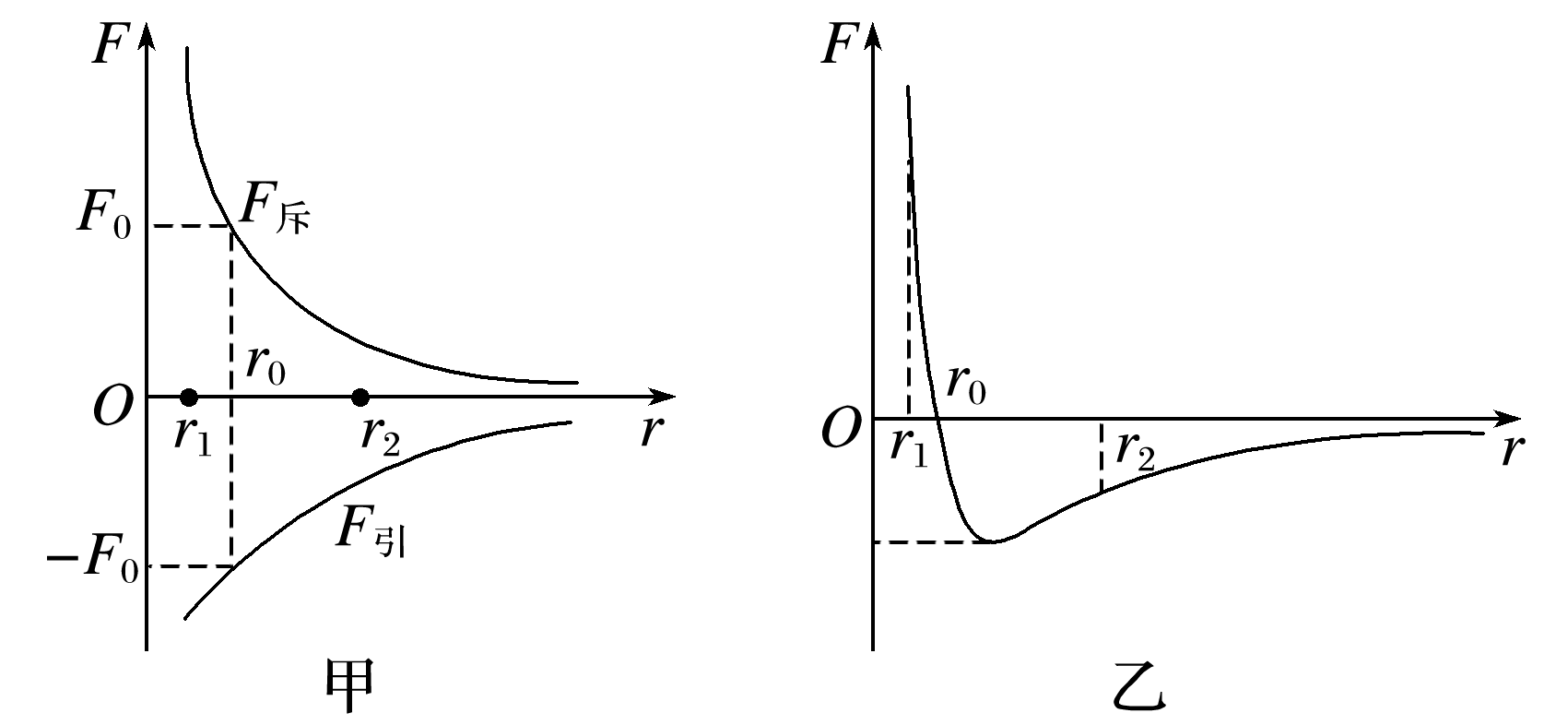


图4

A.从*r*＝*r*2到*r*＝*r*1，分子间引力、斥力都在增大

B.从*r*＝*r*2到*r*＝*r*1，分子间引力减小，斥力增大

C.当*r*<*r*0时，分子间的作用力表现为斥力

D.从*r*＝*r*2到*r*＝*r*0，分子间的作用力一直做正功

E.从*r*＝*r*2到*r*＝*r*0，分子势能先减小后增大

答案　ACD

解析　由题图甲可知，随分子间距离减小，分子间的引力和斥力都在增大，故A正确，B错误；由题图乙可知，当*r*<*r*0时，分子间的作用力为正，即表现为斥力，故C正确；从*r*＝*r*2到*r*＝*r*0过程中，分子间的作用力表现为引力，故随着距离的减小，分子力一直做正功，动能增大，分子势能一直减小，故D正确，E错误.

9.(物体的内能)(多选)(贵州安顺市调研)关于物体的内能，下列说法正确的是(　　)

A.物体内部所有分子动能的总和叫作物体的内能

B.物体被举得越高，其分子势能越大

C.一定质量的0 ℃的冰融化为0 ℃的水时，分子势能增加

D.一定质量的理想气体放出热量，它的内能可能增加

答案　CD

解析　物体的内能包括所有分子动能和分子势能，物体内部所有分子动能的总和只是内能的一部分，故A错误；物体被举得越高，其重力势能越大，与分子势能无关，故B错误；一定质量的0 ℃的冰融化为0 ℃的水时需要吸热，而此时分子平均动能不变，故分子势能增加，故C正确；一定质量的理想气体放出热量，如果同时有外界对它做功，且做功的量大于它放出的热量，它的内能就会增加，故D正确.

# 综合练习

**一．选择题（共19小题）**

1．（二道区校级期中）下面四种说法中，正确的是（　　）

A．温度越高，扩散越快 B．扩散只能在气体中进行

C．气体分子间只存在斥力 D．固体分子间只存在引力

【分析】（1）物体的分子是在不停地做无规则运动的，而且分子运动的快慢和物体的温度高低有关系，温度越高，分子运动越剧烈，因此，分子的这种运动又叫做分子热运动。

（2）分子间有间隙，存在着相互作用的引力和斥力，并且引力和斥力是同时存在的。

【解答】解：A、分子的运动与温度有关，温度越高，运动的越快，故A正确；

B、扩散可以发生在固体、液体和气体之间，故B错误；

CD、气体分子和固体分子之间既存在引力也存在斥力，二者是同时存在的，故CD错误。

故选：A。

【点评】此题主要考查的是学生对热运动概念的理解，属于识记性内容，比较简单。

2．（丰台区二模）用油膜法估测油酸分子直径的实验中，一滴油酸酒精溶液中油酸的体积为V，油膜面积为S，油酸的摩尔质量为M，阿伏加德罗常数为NA，下列说法正确的是（　　）

A．一个油酸分子的质量为

B．一个油酸分子的体积为

C．油酸的密度为

D．油酸分子的直径为

【分析】油酸的体积除以油酸的面积，恰好就是油酸分子的直径；一个油酸分子的质量等于总质量除以分子数；油酸分子的体积等于总体积除以对应的分子数；根据ρ求密度。

【解答】解：A、一个油酸分子的质量等于总质量除以分子数，即，故A错误；

B、一个油酸分子的体积等于总体积除以对应的分子数，题干中V不是油酸的摩尔体积，故B错误；

C、题干中V不是油酸的摩尔体积，题干中M是油酸的摩尔质量，根据ρ求密度，各物理量不具有统一性，故C错误；

D、油酸的体积除以油膜的面积，恰好就是油酸分子的直径，故D正确；

故选：D。

【点评】掌握该实验的原理是解决问题的关键，该实验中以油酸分子呈球型分布在水面上，且一个挨一个，从而可以由体积与面积相除求出油膜的厚度，从而求出分子直径．

3．（綦江县校级月考）关于分子动理论，下列说法中错误的是（　　）

A．显微镜下观察到墨水中的小碳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．随着分子间距离的增大，分子势能可能先减小后增大

D．在真空、高温条件下，可以利用分子扩散向半导体材料掺入其他元素

【分析】显微镜下观察到墨水中的小碳粒作的无规则运动是布朗运动，反映了液体分子运动的无规则性；分子间的作用力与分子距离的关系比较复杂，距离增大，分子力不一定先减小后增大；分子势能也不一定先减小后增大．在真空、高温条件下，可以利用分子扩散向半导体材料掺入其他元素．

【解答】解：

A、显微镜下观察到墨水中的小碳粒在不停地做无规则运动，称为布朗运动，是由于小碳粒周围液体分子撞击的冲力不平衡而引起的，所以小碳粒在不停地做无规则运动，反映了液体分子运动的无规则性，故A正确。

B、分子力与分子间距离的关系比较复杂，要看分子力表现为引力，还是斥力，随着分子间距离的增大，分子间的相互作用力不一定减小后增大，也可能一直减小，故B错误。

C、随着分子间距离的增大，若分子力从引力变为斥力，分子力先做正功，后做负功，则分子势能先减小后增大，故C正确。

D、在真空、高温条件下，可以利用分子扩散向半导体材料掺入其他元素。故D正确。

本题选错误的，故选：B。

【点评】解决本题的关键是掌握分子动理论，理解布朗运动的意义，掌握分子力和分子势能与分子距离的关系等等基础知识．

4．（南平模拟）分子动理论较好地解释了物质的宏观热学性质．据此可判断下列说法中正确的是（　　）

A．布朗运动是指液体分子的无规则运动

B．分子间的相互作用力随着分子间距离的增大，一定先减小后增大

C．一定质量的气体温度不变时，体积减小，压强增大，说明每秒撞击单位面积器壁的分子数增多

D．气体从外界只收热量，气体的内能一定增大

【分析】布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动，是液体分子无规则热运动的反映；

分子间引力和斥力随分子间的距离的增大而减小，随分子间的距离的减小而增大，且斥力减小或增大比引力变化要快些．

【解答】解：A、布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动，是液体分子无规则热运动的反映，悬浮颗粒越小，液体温度越高，布朗运动越显著，故A错误；

B、分子间距离越大，分子间的引力和斥力越小，但合力不一定减小；当分子间距大于平衡距离时，分子间距离越大，达到最大分子力之前，分子力越来越大，故B错误；

C、一定质量的气体温度不变时，体积减小，压强增大，说明每秒撞击单位面积器壁的分子数增多；故C正确；

D、气体从外界吸收热量，若同时对外做功，则内能可能不变，也可能减小，故D错误；

故选：C。

【点评】本题考查了布朗运动、分子力的相关知识，要明确布朗运动的特点和分子力的特点，特别是分子力，要分情况讨论．

5．（南关区校级期中）下列可以算出阿伏加德罗常数，并表示正确的一组数据是（　　）

A．由水的密度ρ和水的摩尔质量M，得NA

B．由水的摩尔质量M和水分子的体积V0，得NA

C．由水分子的质量m0和水的摩尔质量M，得NA

D．由水分子的体积V0和水蒸气的摩尔体积V，得NA

【分析】阿伏加德罗常数表示1摩尔任何物质所含微粒数目，由摩尔质量与一个分子质量可以求解阿伏加德罗常数。对于固体或液体，用摩尔体积除以一个分子的体积V，可计算阿伏加德罗常数；而对水蒸气，由于分子间距的存在，不能使用。

【解答】解：A、由水的密度ρ和水的摩尔质量M，计算出的是水的摩尔体积，不是阿伏加德罗常数，故A错误；

B、知道水的摩尔质量，不知道水分子质量，不能求出阿伏加德罗常数。知道水分子的体积，但不知道水的摩尔体积，也不能求出阿伏加德罗常数，故B错误；

C、由水分子的质量m0和水的摩尔质量M，可以求出阿伏加德罗常数NA，故C正确；

D、因气体分子之间的距离比较大，所以NA，故D错误。

故选：C。

【点评】计算阿伏加德罗常数时，常常由摩尔质量与一个分子质量之比求出。对于液体或固体，可以由摩尔体积除以一个分子的体积V，计算阿伏加德罗常数。这种方法对气体，由于气体分子间隙大，不能使用。

6．（亭湖区校级月考）通过下列各组已知物理量，能估算出气体分子间的平均距离的是（　　）

A．阿伏加德罗常数、气体的摩尔质量

B．气体的密度、体积和摩尔质量

C．气体的质量和体积

D．阿伏加德罗常数、气体的摩尔质量和密度

【分析】气体分子的体积（气体分子所占据的空间）看成球体，气体分子间的平均距离等于球体的直径；求出分子体积即可以求出分子间的平均距离。

【解答】解：A、气体的摩尔质量比阿伏加德罗常数，可求分子质量，密度未知，不可求分子体积，故求不出分子间的平均距离，故A错误；

B、知道该气体的密度、体积和摩尔质量，可以求出该体积摩尔体积及气体物质的量，阿伏加德罗常数没给出，求不出气体分子体积，求不出分子间的平均距离，故B错误；

C、气体的质量和体积仅仅可求出气体密度，故求不出分子间的平均距离，故C错误；

D、已知气体的摩尔质量和密度，求出摩尔体积，知道阿伏加德罗常数可求出分子体积，可以进一步求出分子间的平均距离，故D正确；

故选：D。

【点评】本题根据宏观量求微观量，估算分子间的距离，阿伏加德罗常数是联系宏观量与微观量的桥梁，由阿伏加德罗常数求出分子体积是解题的关键。

7．（通州区一模）关于分子的热运动，下列说法正确的是（　　）

A．扩散现象说明分子间存在斥力

B．物体对外做功，其内能一定减少

C．温度升高，物体的每一个分子的动能都增大

D．气体密封在容积不变的容器内，若温度升高，则气体的压强增大

【分析】一切物质的分子都在不停地做无规则运动，扩散现象是分子运动的结果；做功和热传递都能改变内能；分子运动是杂乱无章的；结合气态方程分析气体压强的变化。

【解答】解：A、扩散现象说明分子在永不停息地运动，故A错误；

B、物体对外做功，其内能不一定减少，还与热传递情况有关，若物体还吸收热量，其内能可能增加，也可能不变，故B错误；

C、温度升高，分子的平均动能增大，由于分子运动是杂乱无章的，所以不是物体的每一个分子的动能都增大，故C错误；

D、气体密封在容积不变的容器内，若温度升高，根据c知，气体的压强增大，故D正确。

故选：D。

【点评】本题的关键要掌握分子动理论、热力学第一定律和气态方程，要注意温度是分子平均动能的标志，温度升高，分子的平均动能增大，但不是每一个分子的动能都增大。

8．（徐州期中）关于热运动的说法中，下列正确的是（　　）

A．热运动是物体受热后所做的运动

B．大量分子的永不停息的无规则运动

C．单个分子的永不停息的无规则运动

D．温度高的物体中的分子的无规则运动

【分析】根据分子热运动的定义分析作答。

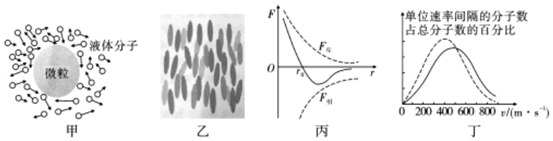
物体是由大量分子构成的，分子在永不停息的做无规则热运动。

【解答】解：所谓的热运动是指大量分子的永不停息的无规则运动，并非是物体受热后所做的运动，也并不是单个分子的永不停息的无规则运动，也不是温度高的物体中的分子的无规则运动，故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】此题考查了分子热运动的定义，解题的关键是理解热运动是微观的定义，指得是大量分子永不停息地无规则运动。

9．（沙坪坝区校级模拟）关于图，下列说法正确的是（　　）



A．图甲中微粒越大，单位时间内受到液体分子撞击次数越多，布朗运动越明显

B．图乙中液晶分子排布有序，因此液晶材料不具备光学各向异性

C．图丙中当分子间距离接近无穷大时，分子间作用力可以忽略不计

D．图丁中虚线为同一气体温度较高时的速率分布图

【分析】根据布朗运动的规律分析。

根据液晶的特性分析。

根据分子势能与分子间距的关系分析。

根据分子速率分布图分析。

【解答】解：A、微粒体积越大，四面八方分子对微粒撞击概率越均等，布朗运动越不明显，故A错误；

B、液晶具有光学各向异性，故B错误；

C、分子间距离趋近于无穷大时，分子力趋近于零，分子势能可以忽略不计，理想气体就是属于这种情况，故C正确；

D、虚线峰值对应横坐标即速率更小，即大量分子处于速率较小的状态，温度更低，故D错误。

故选：C。

【点评】该题考查了布朗运动、晶体、分子势能、分子动理论等，知识点多，难度小，关键是记住基础知识。

10．（天津学业考试）下列说法正确的是（　　）

A．同种元素的固体，可能由于原子（或分子）的排列方式不同而成为不同的晶体

B．悬浮微粒越大，在某一瞬间撞击它的液体分子数越多，布朗运动越明显

C．系统不可能从单一热源吸热全部用于做功

D．布料做成的雨伞，纤维间虽然有缝隙，但是不漏雨，原因是雨水和布料浸润

【分析】晶体是具有一定的规则外形，各项异性，具有固定的熔点；

布朗运动是固体微粒的运动，是液体分子无规则热运动的反应，固体微粒越大布朗运动越不明显，温度越高运动越明显；

不能从单一热源吸热全部用来对外做功而不产生其它影响；

明确表面张力所具有的现象。

【解答】解：A、由同种元素构成的固体，可能会由于原子的排列方式不同而成为不同的晶体，例如石墨和金刚石，故A正确；

B、悬浮在液体或气体中的颗粒越小，液体分子或气体分子对微粒的撞击造成的不平衡越明显，布朗运动越明显，故B错误；

C、热力学第二定律指出不能从单一热源吸热全部用来对外做功而不产生其它影响，故C错误；

D、透过布制的雨伞面能看见纱线间的缝隙，但伞面不却漏雨，这是因为液体表面张力的作用，故D错误。

故选：A。

【点评】本题考查布朗运动的性质，知道了影响布朗运动因素，并理解热力学第二定律的内涵，注意液体表面张力在D选项中应用。

11．（香坊区校级期中）以下说法正确的是（　　）

A．扩散现象只能发生在气体与气体间

B．扩散现象只能发生在液体与液体间

C．扩散现象只能发生在固体与固体间

D．任何物质间都可发生相互扩散

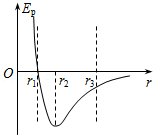
【分析】由于分子的运动，一切气体、液体和固体都存在扩散现象，气体中的扩散现象最快，固体中最慢。

【解答】解：不同物质之间，由于分子的运动，总会存在着扩散现象，只是快慢不同，如：墙角放一堆煤，墙及墙体内都会变黑。所以扩散现象不仅存在于液体与液体、气体与液体、气体与气体之间，同样也存在于固体与固体、气体与固体、液体与固体之间，故ABC错误，D正确。

故选：D。

【点评】此题考查了扩散现象的相关知识，解题的关键是明确扩散现象是分子运动的宏观表现，由于分子的运动，一切气体、液体和固体都存在扩散现象。

12．（房山区二模）分子间存在着分子力，并且分子力做功与路径无关，因此分子间存在与其相对距离有关的分子势能。如图所示为分子势能Ep随分子间距离r变化的图像，取r趋近于无穷大时Ep为零。通过功能关系可以从此图像中得到有关分子力的信息，若仅考虑这两个分子间的作用，下述说法中正确的是（　　）



A．图中r1是分子间引力和斥力平衡的位置

B．假设将两个分子从r＝r2处释放，它们将相互靠近

C．假设将两个分子从r＝r1处释放，当r＝r2时它们的加速度最大

D．假设将两个分子从r＝r1处释放，当r＝r2时它们的速度最大

【分析】当分子间距离等于平衡距离时，分子力为零，分子势能最小；当分子间距离小于平衡距离时，分子力表现为斥力；根据图象分析分子合力，结合牛顿第二定律分析加速度。

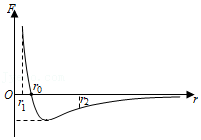
【解答】解：ABC、由图可知，两个分子距离r＝r2时分子势能最小，则分子之间的距离为平衡距离为r2，分子之间的作用力恰好为零，结合分子之间的作用力的特点可知，当分子间距离等于平衡距离时，分子力为零，加速度也为零，分子势能最小，所以将两个分子从r＝r2处释放，它们既不会相互远离，也不会相互靠近，故ABC错误；

D、由于r1＜r2，可知分子在r＝r1处的分子之间的作用力表现为斥力，分子之间的距离将增大，分子力做正功，分子的速度增大；当分子之间的距离大于r2时，分子之间的作用力表现为引力，随距离的增大，分子力做负功，分子的速度减小，所以当 r＝r2，时它们的速度最大，故D正确.

故选：D。

【点评】本题考查分子键相互作用里与分子键距离的关系，注意要掌握基本知识，结合牛顿第二定律分析加速度及运动情况。

13．（北京）分子力F随分子间距离r的变化如图所示。将两分子从相距r＝r2处释放，仅考虑这两个分子间的作用，下列说法正确的是（　　）



A．从r＝r2到r＝r0分子间引力、斥力都在减小

B．从r＝r2到r＝r1分子力的大小先减小后增大

C．从r＝r2到r＝r0分子势能先减小后增大

D．从r＝r2到r＝r1分子动能先增大后减小

【分析】当分子间距离等于平衡距离时，分子力为零，分子势能最小；当分子间距离小于平衡距离时，分子力表现为斥力，当分子间距离大于平衡距离时，分子力表现为引力；根据分子力做功情况分析分析势能和动能的变化。

【解答】解：A、从r＝r2到r＝r0分子间引力、斥力都在增加，但斥力增加得更快，故A错误；

B、由图可知，在r＝r0时分子力为零，故从r＝r2到r＝r1分子力的大小先增大后减小再增大，故B错误；

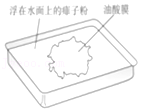
C、分子势能在r＝r0时最小，故从r＝r2到r＝r0分子势能一直在减小，故C错误；

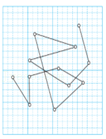
D、从r＝r2到r＝r1分子力先做正功后做负功，故分子动能先增大后减小，故D正确；

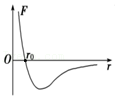
故选：D。

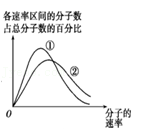
【点评】解决本题的关键是掌握分子力做功与分子势能的关系，知道分子间距离等于平衡距离时，分子力为零，分子势能最小。

14．（海淀区二模）关于分子动理论，下列说法中正确的是（　　）

A．如图“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，应先滴油酸酒精溶液，再撒痱子粉

B．如图为水中某花粉颗粒每隔一定时间位置的连线图，连线表示该花粉颗粒做布朗运动的轨迹

C．如图为分子力F与分子间距r的关系图，分子间距从r0开始增大时，分子力先变小后变大

D．如图为大量气体分子热运动的速率分布图，曲线②对应的温度较高

【分析】先撒痱子粉，再滴油酸酒精溶液，才可以形成良好的油膜，折线是炭粒在不同时刻的位置的连线，并不是固体小颗粒的运动轨迹；分子间距从r0增大时，分子力先变大后变小；②中速率大分子占据的比例较大，②对应的温度较高。

【解答】解：A、“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，应先撒痱子粉，再滴油酸酒精溶液，否则很难形成良好的油膜，故A错误；

B、图中的折线是炭粒在不同时刻的位置的连线，并不是固体小颗粒的运动轨迹，也不是分子的运动轨迹，由图可以看出小炭粒在不停地做无规则运动，故B错误；

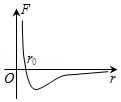
C、根据分子力与分子间距的关系图，可知分子间距从r0增大时，分子力表现为引力，分子力先变大后变小，故C错误；

D、由图可知，②中速率大分子占据的比例较大，则说明②对应的平均动能较大，故②对应的温度较高，即T1＜T2，故D正确。

故选：D。

【点评】本题考查了“用油膜法估测油酸分子的大小”实验的注意事项、布朗运动、分子力、气体分 子热运动的速率分布等热学知识，要求学生对 这部分知识要重视课本，强化记忆。

15．（秦都区校级月考）两分子间的斥力和引力的合力F与分子间距离r的关系如图中曲线所示，曲线与r轴交点的坐标为r0，相距很远的两分子在分子力作用下，由静止开始相互接近。若两分子相距无穷远处时分子势能为零，下列说法正确的是（　　）



A．在r＞r0阶段，F做负功，分子动能减少，势能增加

B．在r＜r0阶段，F做负功，分子动能减小，势能也减小

C．在r＝r0时，分子势能最小为零，动能最大

D．分子动能和势能之和在整个过程中不变

【分析】开始时分子之间距离大于r0，分子力为引力，分子相互靠近时分子力做正功，分子势能减小，当分子之间距离小于r0时，分子力为斥力，再相互靠近分子力做负功，分子势能增大，因此根据分子力做功情况可以分析分子势能的变化．

【解答】解：A、可以根据分子力做功情况判断分子势能的变化情况，开始时分子之间距离大于r0，分子力为引力，分子相互靠近时分子力做正功，分子势能减小，动能增大，故A错误；

B、当分子之间距离小于r0时，分子力为斥力，相互靠近分子力做负功，分子势能增大，动能减小，故B错误；

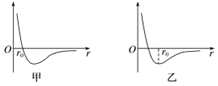
C、由以上的分析可知，在r＝r0时，分子势能最小但不为零，动能最大，故C错误；

D、在分子运动过程中，只有分子力做功，所以分子动能和势能之和在整个过程中不变，故D正确；

故选：D。

【点评】本题可以通过分子力做功情况判断分子势能变化也可以根据分子势能与分子之间距离的变化情况直接判断分子势能的变化．

16．（龙凤区校级期中）分子力F、分子势能Ep与分子间距离r的关系图线如图甲、乙两条曲线所示（取无穷远处分子势能Ep＝0）。下列说法正确的是（　　）



A．乙图线为分子势能与分子间距离的关系图线

B．当r＝r0时，分子势能为零

C．随着分子间距离的增大，分子力先减小后一直增大

D．在r＜r0阶段，分子力减小时，分子势能有可能增大

【分析】当分子间距离等于平衡距离时，分子力为零，分子势能最小。

分子间的引力和斥力都随分子间距离的增大而减小，随分子间距离的减小而增大，但斥力比引力变化得快。

当分子间距离小于平衡距离时，分子力表现为斥力，根据图象分析答题。

【解答】解：AB、在r＝r0时，分子势能最小，但不为零，此时分子力为零，则乙图线是分子势能与分子间距离的关系图线，故A正确，B错误；

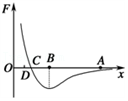
C、从平衡位置开始，随着分子间距离的增大，分子间作用力随分子间距离先增大后减小，故C错误；

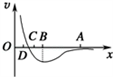
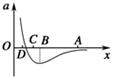
D、当r＜r0时，分子力表现为斥力，当分子力减小时，分子间距离增大，分子力做正功，分子势能减少，故D错误。

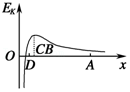
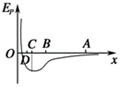
故选：A。

【点评】此题考查了分子力、分子势能与分子间距的关系，知道分子间距离等于平衡距离时分子势能最小，掌握分子间作用力与分子间距离的关系即可正确解题。

17．（龙凤区校级月考）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，选项中四个图分别表示乙分子的速度、加速度、势能、动能与两分子间距离的关系，其中大致正确的是（　　）



A． B．

C． D．

【分析】判断乙分子从A运动到B，是加速还是减速，以及分子势能如何变化，关键看分子力做功情况，分子力做正功，动能增加，分子势能减小，分子力做负功，分子动能减小，分子势能增加；同理即可分析从B经过C到D过程。

【解答】解：A、乙分子的运动方向始终不变，故A错误；

B、加速度与力的大小成正比，方向与力相同，加速度等于0的是C、D点之间，故B正确；

C、分子动能不可能为负值，故C错误；

D、乙分子从A处由静止释放，因分子引力做正功，越过平衡位置C点，分子斥力做负功，因此分子势能先减小，到C点最小后增大，但不能大于，故D错误。

故选：B。

【点评】此题考查分子力、分子动能、分子势能，又考查加速度与速度关系，根据加速度与速度同向加速，分子力做正功，分子势能减小；加速度与速度反向减速，分子力做负功，分子势能增大。注意在平衡位置处，分子力为零，而分子势能最小。

18．（北京学业考试）下列说法正确的是（　　）

A．内能是物体中所有分子热运动所具有的动能的总和

B．温度标志着物体内大量分子热运动的剧烈程度

C．气体压强仅与气体分子的平均动能有关

D．气体膨胀对外做功且温度降低，分子的平均动能可能不变

【分析】温度是分子平均动能的标志。

内能是所有分子的分子动能和分子势能的总和。

气体压强与温度、体积有关。

【解答】解：A、内能是物体内所有分子的分子动能和分子势能的总和，故A错误；

B、温度是分子平均动能的标志，标志着物体内大量分子热运动的剧烈程度，故B正确；

C、气体压强不仅与分子的平均动能有关，还与分子的密集程度有关，故C错误；

D、气体膨胀对外做功且温度降低，温度是分子平均动能的标志，温度降低，则分子的平均动能变小，故D错误。

故选：B。

【点评】此题解答的关键是掌握温度的含义和气体压强的微观意义，并能运用来分析实际问题。温度是分子平均动能的标志，温度越高，分子平均动能越大。

19．（香洲区校级期中）下列关于内能的说法正确的是（　　）

A．质量和温度都相同的理想气体，内能一定相同

B．气体温度不变，整体运动速度越大，其内能越大

C．铁块熔化成铁水的过程中，温度不变，内能不变

D．18g的水、18g的水蒸气在它们的温度都是100℃时，它们的分子数目相同，分子动能相同，水蒸气的内能比水大

【分析】质量和温度都相同的气体，因为气体种类不同，则摩尔数不一定相同，内能不一定相同；物体的内能与温度、体积有关，与物体宏观整体运动的机械能无关；改变内能的方式是做功和吸放热；温度是分子热运动平均动能的标志；内能包括分子势能和分子热运动动能，温度相等，内能可以不相同；

【解答】A、质量和温度都相同的气体，因为气体种类不同，则摩尔数不一定相同，内能不一定相同，故A错误；

B、物体的内能与温度、体积有关，与物体宏观整体运动的机械能无关，所以整体运动速度越大，其内能不一定越大，故B错误；

C、在铁块熔化成铁水的过程中，温度不变，分子的平均动能不变，但是由于吸收热量，则内能增加，故C错误；

D、温度是分子热运动平均动能的标志。18g的水、18g的水蒸气它们的分子数目相同，温度都是100℃时，分子热运动的平均动能相同，总的分子动能相同；内能包括分子热运动动能和分子势能，100℃水吸收热量变为100℃水蒸气，根据热力学第一定律U＝Q+W，内能增加了（增加了分子势能），内能不相同，故D正确。

故选：D。

【点评】此题需掌握内能包括分子热运动动能和分子势能；温度是分子热运动平均动能的标志；会用热力学第一定律U＝Q+W分析问题。

**二．多选题（共10小题）**

20．（巴宜区校级四模）关于分子动理论，下列说法正确的是（　　）

A．液晶像液体一样具有流动性，而其光学性质和某些晶体相似，具有各向异性

B．布朗运动反映了悬浮颗粒内部的分子在不停地做无规则热运动

C．气体从外界吸收热量，其内能不一定增加

D．如果两个系统分别与第三个系统达到热平衡，那么这两个系统彼此之间也必定处于热平衡，用来表征它们所具有的“共同热学性质”的物理量叫做内能

E．当两个分子间的距离为分子力平衡距离r0时，分子势能最小

【分析】液晶具有流动性和晶体的各向异性．布朗运动是液体或气体中悬浮微粒的无规则运动，它是液体分子无规则运动的反映；

明确热力学第一定律的基本内容，知道做功和热传递均可以改变物体的内能；

达到热平衡的标志是温度相等；明确分子力和分子势能之间的关系，知道分子间距离为平衡距离时，分子势能最小．

【解答】解：A、液晶是一类特殊的物质形态，它像液体一样具有流动性，而其光学性质和某些晶体相似具有各向异性。故A正确；

B、布朗运动是液体或气体中悬浮微粒的无规则运动，它反映的是液体分子的无规则运动，不能反映颗粒分子的无规则运动，故B错误。

C、气体从外界吸收热量，如果同时对外做功，则其内能不一定增加，故C正确；

D、如果两个系统分别与第三个系统达到热平衡，那么这两个系统彼此之间也必定处于热平衡，用来表征它们所具有的“共同热学性质”的物理量叫做温度；故D错误；

E、当两个分子间的距离为分子力平衡距离r0时，分子势能最小，故E正确。

故选：ACE。

【点评】本题考查热学中的布朗运动、液晶、热力学第一定律、热平衡以及分子势能等基本内容，要求能准确记忆相关内容，并正确理解热力学第一定律等重点内容，并能准确应用．

21．（南昌二模）分子在不停地做无规则运动，它们之间存在着相互作用．这两种相互的因素决定了分子的三种不同的聚集形态：固体、液体和气体．下列说法正确的是（　　）

A．固体中的分子是静止的，液体、气体中的分子是运动的

B．液体表面层中分子间的相互作用表现为引力

C．液体的蒸发现象在任何温度下都能发生

D．汽化现象是液体分子间因相互排斥而发生的

E．有的物态变化中虽然吸收热量但温度却不升高

【分析】分子永不停息做无规则运动；液体表面张力表现为引力；任何温度下均能发生蒸发；汽化现象与分子力无关；晶体有时吸收热量，温度不变．

【解答】解：A、不论固体，还是液体与气体，分子均是永不停息做无规则运动，故A错误；

B、液体表面层中，分子间距较大，分子间的相互作用表现为引力，即为表面张力，故B正确；

C、在任何温度下，液体的蒸发现象都能发生，故C正确；

D、汽化现象与液体分子间相互作用力无关，故D错误；

E、有的物态变化中虽然吸收热量但温度却不升高，如晶体，故E正确；

故选：BCE。

【点评】考查分子永不停息做无规则运动，理解液体表面张力的含义，知道蒸发快慢与温度有关，而有无蒸发与温度无关，掌握存在吸热，而温度不一定升高的结论．

22．（二道区校级期中）某气体的摩尔质量为Mmol，摩尔体积为Vmol，密度为ρ，每个分子的质量和体积分别为m和V0，则阿伏加德罗常数NA不可表示为（　　）

A．NA B．NA

C．NA D．NA

【分析】对于气体，分子间有间距，所以分子的体积并不是所占空间的体积，但是每摩尔任何物质都含有NA分子。

【解答】解：A、某气体的摩尔质量为Mmol，则阿伏加德罗常数，故A、B可表示。

C、由于气体分子间有间距，则分子的体积并不是所占空间的体积，所以NA不等于摩尔体积与一个分子体积的比值，故C不可表示。

D、气体的密度与分子体积的乘积不等于分子质量，则，故D不可表示。

本题选不可表示的，故选：CD。

【点评】本题主要考查阿伏加德罗常数的计算，注意气体分子间距大，分子占据的空间体积远大于分子的体积。

23．（河北月考）目前，我省已开展空气中PM2.5浓度的监测工作．PM2.5是指空气中直径等于或小于2.5μm的悬浮颗粒物，其飘浮在空中做无规则运动，很难自然沉降到地面，吸入后对人体形成危害．矿物燃料燃烧的排放物是形成PM2.5的主要原因．下列关于PM2.5的说法中正确的是（　　）

A．PM2.5的尺寸与空气中氧分子的尺寸的数量级相当

B．PM2.5在空气中的运动属于分子热运动

C．PM2.5的运动轨迹只是由大量空气分子对PM2.5无规则碰撞的不平衡和气流的运动决定的

D．温度越高PM2.5活动越剧烈

E．PM2.5必然有内能

【分析】“PM2.5”是指直径小于等于2.5微米的颗粒物，PM2.5尺度大于空气中氧分子的尺寸的数量级．PM2.5在空气中的运动是固体颗粒、是分子团的运动，不是分子的热运动．组成物质的所有分子动能与分子势能的和统称为物体内能．

【解答】解：A、“PM2.5”是指直径小于等于2.5微米的颗粒物，PM2.5尺度大于空气中氧分子的尺寸的数量级。故A错误

B、PM2.5在空气中的运动是固体颗粒、是分子团的运动，不是分子的热运动。故B错误

C、PM2.5除了受由大量空气分子对PM2.5无规则碰撞外，还受空气对整个PM2.5的作用力，如空气流动，故C正确；

D、温度越高，布朗运动越剧烈，即温度越高PM2.5活动越剧烈，故D正确

E、分子在不停地做无规则运动，PM2.5内能不为零，故E正确。

故选：CDE。

【点评】本题考查了PM2.5的有关问题，涉及的知识点较多，是一道综合题，但难度不大．

24．（湘桥区校级一模）关于热现象，下列说法正确的是（　　）

A．布朗运动反映了悬浮在液体中的小颗粒内部的分子在做无规则运动

B．气体的温度升高，分子热运动的平均动能增大

C．液体的表面张力造成液面有收缩的趋势

D．一定质量的理想气体温度升高、压强降低，一定从外界吸收热量

E．在完全失重状态下，密闭容器中的理想气体的压强为零

【分析】布朗运动是指悬浮于液体中的颗粒所做的无规则的运动，不是分子运动；

气体的温度升高，分子平均动能增大；

凡作用于液体表面，使液体表面积缩小的力，称为液体表面张力；

根据热力学第一定律结合理想气体状态方程分析气体的吸放热；

气体的压强不是由于分子的重力产生的，而是由于大量气体分子频繁碰撞容器壁产生的。

【解答】解：A、布朗运动是指悬浮在液体中的固体颗粒所做的无规则运动，布朗运动不反映颗粒内部分子的运动，故A错误；

B、温度是分子平均动能的标志，气体的温度升高，分子热运动的平均动能增大，故B正确；

C、凡作用于液体表面，使液体表面积缩小的力，称为液体表面张力，表面张力使液体的表面有收缩的趋势，故C正确；

D、一定质量的理想气体温度升高、压强降低过程中，根据理想气体状态方程，C，可知气体的体积一定增大，气体对外做功，温度升高，内能增大，根据热力学第一定律分析得知，气体一定从外界吸收热量，故D正确；

E、密闭容器中气体的压强不是由于分子的重力产生的，而是由于大量气体分子频繁碰撞容器壁产生的，所以在完全失重状态下，气体的压强不变，故E错误。

故选：BCD。

【点评】此题考查了布朗运动、热力学第一定律、液体表面张力、气体压强等相关知识，解决本题的关键要掌握密闭容器中气体的压强不是由于分子的重力产生的，而是由于大量气体分子频繁碰撞容器壁产生的。

25．（玉林月考）下列说法正确的是（　　）

A．用温度计测量温度是根据热平衡的原理

B．能出淤泥而不染，说明扩散现象在淤泥中不能进行

C．一定质量的晶体在熔化过程中，其内能保持不变，分子势能增大

D．将未饱和汽转化成饱和汽，可行的方法之一是保持体积不变，降低温度

E．在“用油膜法测分子直径”的实验中，作出了把油膜视为单分子层、忽略油酸分子间的间距并把油酸分子视为球形这三方面的近似处理

【分析】当两物体达到热平衡状态时，它们的温度相同；

一切物质都会发生扩散现象；

晶体在熔化过程中，温度不变；

饱和汽压与温度以及液体的种类有关，与饱和汽的体积无关；

知道在油膜法测分子大小的实验中，将分子视为球形，并且不计分子间的间隙，同时形成的是单分子油膜。

【解答】解：A、用温度计测量温度的原理是根据热平衡的原理，当两物体达到热平衡状态时，它们的温度相同。故A正确；

B、一切物质的分子都在不停地做无规则运动，所以固体、液体或气体之间都会发生扩散现象，故B错误；

C、晶体在熔化过程中，温度不变，分子动能不变，吸热，故分子势能增大，内能增加，故C错误；

D、若体积不变，当降低温度时，可使压强减小到降低温度后的饱和汽压，故D正确；

E、在“用油膜法测分子直径”的实验中，作出了把油膜是呈单分子分布的；把油酸分子看成球形；分子之间没有空隙，紧密排列，故E正确。

故选：ADE。

【点评】本题考查了扩散、晶体、饱和汽等相关知识，解题的关键是理解“用油膜法测分子直径”的实验中的各种近似处理。

26．（广东模拟）关于分子动理论和物体的内能，下列说法正确的是（　　）

A．“油膜法”估测分子大小实验中，可将纯油酸直接滴入浅盘的水面上

B．温度越高，液体中悬浮微粒的布朗运动就越明显

C．液体很难被压缩，这是因为压缩时液体分子间的分子力表现为斥力

D．分子势能随分子间距离的增大而增大

E．当分子间的引力和斥力平衡时，分子势能最小

【分析】“油膜法”估测分子大小实验中，将油酸酒精溶液滴入浅盘的水面上；温度越高，布朗运动越明显；液体很难被压缩，这是因为液体分子间存在斥力；分子势能随分子间距离的增大而减小；当分子间的引力和斥力平衡时，分子势能最小．

【解答】解：A、在“油膜法”估测分子大小实验中，先在水面上撒上痱子粉，再将油酸溶液滴入痱子粉上，故A错误。

B、布朗运动是由于液体分子碰撞的不平衡性造成的；温度越高，液体分子运动越激烈，则液体中悬浮微粒的布朗运动就越明显；故B正确。

C、液体很难被压缩，这是因为压缩时液体分子间的分子力表现为斥力，故C正确。

D、当分子力表现为斥力时，分子势能随分子间距离的增大而减小，故D错误。

E、当分子力表现为斥力时，分子势能随分子间距离的增大而减小，当分子力表现为引力时，分子势能随分子间距离的增大而增大，则知当分子力为零，即当分子间的引力和斥力平衡时，分子势能最小。故E正确。

故选：BCE。

【点评】本题要理解并掌握“油膜法”估测分子大小实验原理和方法，知道布朗运动的特点，掌握分子势能与分子力的关系，知识点多，难度小，关键是记住基础知识．

27．（永州模拟）下列说法正确的有（　　）

A．温度、压力、电磁作用可以改变液晶的光学性质

B．大气中PM2.5颗粒的运动就是分子的热运动

C．空气的相对湿度定义为空气中所含水蒸气压强与同温度水的饱和蒸气压的比值

D．用手捏面包，面包体积会缩小，说明分子之间有间隙

E．用力拉铁棒的两端，铁棒没有断，这是分子间存在吸引力的宏观表现

【分析】根据液晶的光学性质由分子的排列及其电子性质决定得到影响因素；

悬浮在空气中的PM2.5颗粒不是分子；

根据温度是气体平均动能的宏观标志得到温度相同，平均平动动能相等；

分子之间存在相互作用的引力与斥力。

【解答】解：A、温度、压力、电磁作用会影响分子的电子性质，从而改变液晶的光学性质；故A正确；

B、悬浮在空气中的PM2.5颗粒是由大量的分子组成的，不是分子，所以它的运动不是分子的运动，属于布朗运动，故B错误；

C、空气的相对湿度定义为空气中所含水蒸气的实际压强与同温度下水蒸气的饱和汽压的比值，故C正确；

D、用手捏面包，面包体积会缩小，说明面包内有气孔，不能说明分子之间有间隙。故D错误；

E、用力拉铁棒的两端，铁棒没有断，这是分子间存在吸引力的宏观表现，故E正确。

故选：ACE。

【点评】掌握分子动理论、液晶、布朗运动的概念是解答本题的关键。对于这些基本知识一定注意加强记忆和积累。

28．（长汀县期中）设r＝r0时分子间作用力为零，则在一个分子从远处以某一动能向另一个分子靠近的过程中，下列说法正确的是（　　）

A．r＞r0时，分子力做正功，动能不断增大，势能减小．

B．r＝r0时，动能最大，势能最小．

C．r＜r0时，分子力做负功，动能减小，势能增大．

D．以上均不对

【分析】明确分子间作用力随分子间距离的变化规律，知道r＝r0时分子间作用力为零，依据分子力随距离的变化，分析分子力做功的正负，进而判断动能和电势的变化．

【解答】解：r＞r0时，分子力表现为引力，故两分子相互靠近时，分子力做正功，分子势能减小，分子动能增大；

当r＜r0时，分子力表现为斥力，两分子相互靠近时，分子力做负功，动能先增大后减小，因此当r＝r0时，动能最大，势能最小，故ABC正确，D错误。

故选：ABC。

【点评】本题考查分子力做功与分子势能间的关系，要注意明确分子力在平衡位置为0，由此依据r＞r0时，分子力表现为引力，当r＜r0时，分子力表现为斥力；由力做功来分析能量，是解答此类问题的常用办法．

29．（邗江区校级期中）关于物体的内能，下列说法中正确的是（　　）

A．手感到冷时，搓搓手就会感到暖和些，这是利用做功来改变物体的内能

B．物体沿光滑斜面下滑时速度增大，是利用做功来使物体内能增大

C．阳光照晒衣服，衣服的温度升高，是利用热传递来改变物体的内能

D．用打气筒打气，筒内气体变热，是利用热传递来改变物体的内能

【分析】做功和热传递都可以改变物体的内能，热传递是能量的转移过程，做功过程实际是能量的转化过程．

【解答】解：A、双手搓擦克服摩擦做功，机械能会转化为手的内能，此过程是靠做功改变手的内能，所以A正确；

B、物体沿光滑斜面下滑时速度增大，但是物体和斜面之间没有摩擦力，物体的内能不会改变，所以B错误；

C、阳光照晒衣服，衣服的温度升高，是利用热传递来改变物体的内能，所以C正确；

D、用打气筒打气，筒内气体变热，是通过做功来改变物体的内能，所以D错误；

故选：AC。

【点评】本题主要是掌握住做功和热传递的区别，知道做功和热传递都可以改变物体的内能．

**三．填空题（共9小题）**

30．（新疆校级月考）大量偶生事件整体表现出来的规律叫统计规律．　对　．（判断对错）

【分析】根据统计规律的定义，即可求解．

【解答】解：大量偶然事件的整体表现所显示的规律性，叫做统计规律．

故答案为：对．

【点评】考查统计规律的适用条件，体现大量及整体表面，是解题的关键．

31．（未央区校级模拟）水的分子量是18，水的密度ρ＝1.0×103kg/m3，阿伏加德罗常数NA＝6.02×1023mol﹣1，则

（1）水的摩尔质量M＝　18g•mol﹣1　；

（2）水的摩尔体积Vm＝　1.8×10﹣5m3•mol﹣1　；

（3）一个水分子的体积V＝　3×10﹣29m3　；

（4）一个水分子的质量m＝　3×10﹣26kg　；

（5）水分子的直径d＝　4×10﹣10m　。

【分析】（1）水的分子量是18，故摩尔质量为18g•mol﹣1；

（2）水的摩尔体积等于摩尔质量与密度之比。

（3）水分子的体积为摩尔体积与阿伏加德罗常数的比值。

（4）水分子的质量为摩尔质量与阿伏加德罗常数的比值；

（5）将水分子看做是个球体；

【解答】解：（1）水的分子量是18，故摩尔质量为18g•mol﹣1；

（2）水的摩尔体积：Vm1.8×10﹣5m3•mol﹣1；

（3）一个水分子的体积：

V3×10﹣29m3

（4）一个水分子的质量：

m3×10﹣26kg；

（5）将水分子看做是个球体，故：

V；解得：d4×10﹣10m；

故答案为：（1）18g•mol﹣1；（2）1.8×10﹣5m3•mol﹣1；（3）3×10﹣29m3；（4）3×10﹣26kg； （5）4×10﹣10m。

【点评】本题关键是明确阿伏加德罗常数是联系宏观物理量与微观物理量的桥梁，同时要建立分子的球模型，计算要力求准确。

32．（新疆校级期中）往一杯清水中滴入一滴红墨水，过一段时间后，整杯水都变成了红色，这一现象在物理学中称为　扩散　现象，是由于分子的　无规则热运动　而产生的．

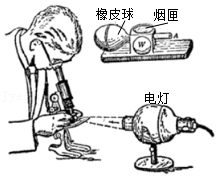
【分析】不同物质彼此进入对方的现象，我们称为扩散现象，是由分子的无规则运动产生的，这一过程是向着热运动的无序性方向进行的．

【解答】解：不同物质彼此进入对方的现象，我们称为扩散现象，是由分子的无规则运动产生的，这一过程是有热运动的无序性向有序性进行的；因此往一杯清水中滴入一滴红墨水，一段时间后，整杯水都变成了红色．这一现象在物理学中称为 扩散现象，是由于分子的无规则运动而产生的．

故答案为：扩散，无规则热运动．

【点评】本题考查了扩散现象，是一道基础题，熟练掌握基础知识即可正确解题．

33．（徐汇区二模）如图，通过橡皮球将烟雾吸入镶有玻璃的透明小盒中，在强光照射下通过显微镜观察，可以观察到烟雾颗粒在做　永不停息的无规则（或布朗）　运动；烟雾颗粒做这样运动的原因是：　空气中气体分子在做无规则运动　。



【分析】悬浮在液体或气体中的固体小颗粒的永不停息地做无规则运动，称为布朗运动，原因是小颗粒受到不同方向的液体分子无规则运动产生的撞击力不平衡引起的；布朗运动间接证明了：分子永不停息地做无规则运动．

【解答】烟雾颗粒受到空气分子来自不同方向的撞击作用，这些撞击作用不能相互抵消，且不同时刻合力方向不断改变，致使颗粒的运动状态不断发生变化，因此可以观察到的现象是：烟雾颗粒做永不停息的无规则运动（即布朗运动），这样运动的原因是：空气中气体分子在做无规则运动；

故答案为：永不停息的无规则（或布朗）；空气中气体分子在做无规则运动

【点评】本题考查布朗运动现象以及产生的原因，要求学生理解并掌握分子热运动相关内容和本质，难度适中。

34．往一杯清水中滴入一滴红墨水，一段时间后，整杯水都变成了红色，这一现象在物理学中称为　扩散　现象，是由于分子的　无规则运动　而产生的，这一过程是沿着分子热运动的无序性　增加　的方向进行的。这一过程的熵　增加　。

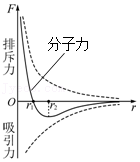
【分析】物理学中的扩散现象，是由于分子的热运动产生的。而分子热运动总是向着无序性增大的方向进行。

【解答】解：往一杯清水中滴入一滴红墨水，一段时间后，整杯水都变成了红色。这种不同物质彼此进入对方的现象，这一现象在物理学中称为扩散现象，是由于分子的热运动产生的。由热力学第二定律可知，分子热运动总是沿着无序性增大的方向进行；

故答案为：扩散；无规则运动；增加；增加。

【点评】本题主要考查扩散现象的本质，要注意明确一切热学现象都具有向着无序性程度增大的方向进行。

35．（广东模拟）分子间的作用力跟分子间距离的关系如图所示，从图中可看出，随着分子间距离由零开始逐渐增大，分子力大小的变化情况为　先减小到零再增大到某一峰值然后减小到零　；当分子间距离为　r1　 （选填“r1”或“r2”）时，分子间的吸引力与排斥力大小相等。



【分析】由分子之间的作用力跟分子间距离的关系图1，直接读出分子力随着分子间距离的增大而变化的关系。分子力是分子斥力与引力的合力，当分子力为零时，说明分子之间的引力等于分子之间的斥力。

【解答】解：由引力图线可知，分子之间的作用力合力为分子力，先减小到零再增大到某一峰值然后减小到零；

由分子力图线可知，当分子间距离为r1时，分子力为零，而分子力是分子斥力与引力的合力，当分子力为零时，说明分子之间的引力等于分子之间的斥力。

故答案为：先减小到零再增大到某一峰值然后减小到零；r1

【点评】本题要掌握实际的分子力是分子引力与斥力的合力，直接由读出分子力的变化。注意分子力是矢量，正为斥力，负为引力。

36．（延边州校级月考）分子直径的数量级一般是　10﹣10　m．在两分子间的距离由r0（此时分子间的引力和斥力相互平衡，分子力为零）逐渐增大的过程中，分子力的变化情况是　先增大后减小　（填“逐渐增大”、“逐渐减小”、“先增大后减小”、“先减小后增大”）．

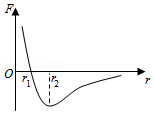
【分析】物质是由大量分子组成的，分子在永不停息地做无规则运动，分子间存在着相互作用的引力和斥力；分子直径的数量级为是10﹣10m．根据分子动理论进行解答．

【解答】解：分子直径数量级一般是10﹣10m，当分子间距大于平衡位置时，若间距增大，则分子引力与斥力都在减小，但斥力减小得快，所以体现为引力，则引力越来越大，随着间距增大一定值时，引力与斥力都变小，所以分子力也变小，故分子力先增大后减小．

故答案为：10﹣10，先增大后减小．

【点评】本题考查了分子动理论，对分子动理论的三点内容要记清楚，并掌握分子力与间距的变化关系，同时强调间距与平衡位置的比较．

37．（新课标Ⅰ）分子间作用力F与分子间距r的关系如图所示，r＝r1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r2的过程中，势能　减小　（填“减小”“不变”或“增大”）；在间距由r2减小到r1的过程中，势能　减小　（填“减小”“不变”或“增大”）；在间距等于r1处，势能　小于　（填“大于”“等于”或“小于”）零。



【分析】当分子间距离等于平衡距离时，分子力为零，分子势能最小；根据图象可知，分子间距与分子引力与斥力关系，再结合分子力做正功，分子势能减小，分子力做负功，分子势能增大，从而即可判定。

【解答】解：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r2的过程中，分子体现引力，分子力做正功，分子势能减小；

在间距由r2减小到r1的过程中，分子体现引力，分子做正功，分子势能减小；

规定两分子相距无穷远时分子间的势能为零，在间距小于r1过程中，分子体现斥力，分子力负功，分子势能增加，因此在间距等于r1处，势能小于零，

故答案为：减小；减小；小于。

【点评】分子间的势能及分子力虽然属于微观世界的关系，但是可运用我们所学过的力学中功能关系进行分析，注意分子体现引力还是斥力是解题的关键，同时理解分子力做功与分子势能的关系。

38．（德州校级期中）大烧杯中装有冰水混合物，在冰水混合物悬挂一个小试管，试管内有冰，给大烧杯加热时，试管内的冰先熔化． 　错　．（判断对错）

【分析】冰水混合物的温度是零度，当试管中的冰达到0℃时冰水两者间不传递热量，只有当烧杯中的冰熔化完毕，温度开始上升时，试管中的冰才开始熔化．

【解答】解：物体间要发生热传递的条件是两者存在温度差．冰水混合物中的冰熔化完以前，温度仍保持在0℃．当试管中的冰达到0℃时两者不再传递热量，故试管内的冰不能熔化，只有当烧杯中的冰熔化完毕，温度开始上升时，试管中的冰才开始熔化．这个说法是错的．

故答案为：错．

【点评】解决本题的关键要知道物体间存在温度差时才能发生热传递，冰水混合物的温度是零度．

**四．计算题（共3小题）**

39．（鼓楼区校级月考）铜的密度ρ＝8.96×103kg/m3、摩尔质量M＝6.35×10﹣2kg/mol，阿伏加德罗常数NA＝6.0×1023mol﹣1。可将铜原子视为球体，试估算：（保留一位有效数字）

（1）1克铜含有的分子数；

（2）一个铜原子的直径大小。

【分析】一个铜原子的质量等于铜的摩尔质量与阿伏加德罗常数的比值，将铜原子当作球体，先求解体积，再求解直径；

【解答】解：（1）质量m＝1g的铜中含有的分子数为n（个）＝9×1021 （个）

（2）一个铜原子的质量：m0，所以铜原子的体积：V0。

将铜原子当作球体，故：V0

联立解得：D3×10﹣10m。

答：（1）1克铜含有的分子数为9×1021个；

（2）一个铜原子的直径大小为3×10﹣10m。

【点评】本题关键是明确根据摩尔质量和阿伏加德罗常数、摩尔体积的关系列式求解，牢记相关的公式即可，基础题。

40．（江宁区校级月考）已如常温常压CO2气体的密度为ρ，CO2的摩尔质量为M，阿伏加德罗常数为NA。

（1）求在这状态下容器内体积V为CO2气体含有的分子数；

（2）在3km的深海中，CO2浓缩成近似固体的硬胶体，此时若将CO2分子看做直径为d的球，求该容器内CO2气体全部变成硬胶体后体积约为多少。

【分析】（1）根据密度和体积求出该状态下CO2气体的质量，结合摩尔质量求出摩尔数，从而求出CO2气体含有的分子数。

（2）CO2浓缩成近似固体的硬胶体，分子个数不变，结合一个分子的体积求出CO2气体全部变成硬胶体后体积。

【解答】解：（1）体积为V 的CO2气体质量为m＝ρV，则分子数为

nNA

（2）CO2浓缩成近似固体的硬胶体后，分子个数不变，则该容器内CO2气体全部变成硬胶体后体积约为：

V′＝n•πd3

答：（1）在这状态下容器内体积V为CO2气体含有的分子数为；

（2）该容器内CO2气体全部变成硬胶体后体积约为。

【点评】本题关键要抓住二氧化碳气体变成固体后，分子数目不变．再根据质量与摩尔质量的关系求出分子数，即可求出固体二氧化碳的体积。

41．（东台市模拟）1mol的气体在0℃时的体积是22.4L，发生等压变化时温度升高到273℃，已知阿伏加德罗常数为NA＝6.0×1023mol﹣1，估算此时气体分子间的平均距离。（计算结果保留一位有效数字）

【分析】根据查理定律得出气体的体积，从而得出一个分子所占的体积，结合立方体的体积得出气体分子间的平均距离。

【解答】解：气体从0℃变化到273℃时体积为V2，根据等压变化的规律有：，

代入数据有：

解得：V2＝44.8L

所以分子间的平均距离为：m＝6×10﹣9m。

答：气体分子间的平均距离为6×10﹣9m。

【点评】本题考查了气体定律与分子热运动的综合运用，通过气体的体积求出一个分子所占的体积是解决本题的关键。

**五．解答题（共8小题）**

42．（武威校级期末）请简述分子动理论的基本内容．

【分析】分子动理论的主要内容：

（1）物质是由大量的分子构成的；

（2）物质内的分子在不停地做热运动；

（3）分子之间存在着引力和斥力．

【解答】解：分子动理论包括三方面内容：

①物质由大量分子组成；

组成物质的分子数目的“大量”和分子的“小”是对应的．

②分子在永不停息地做无规则运动；

通过扩散现象和布朗运动就是分子无规则运动的宏观体现．分子运动越剧烈，物体温度就越高，故称为“热运动”．

③分子间存在相互作用的引力和斥力；

斥力和引力是同时存在的，且均随着分子间距离r的增大而减小，只是斥力较引力对r值更为敏感．因此当r小于某一值r0（即平衡位置）时，分子间的合力表现为斥力；当r大于r0时，分子间的合力表现为引力．

答：分子动理论的基本内容：物质由大量分子组成；分子在永不停息地做无规则运动；分子间存在相互作用的引力和斥力．

【点评】物理学上的分子包括化学上的分子和原子，原子在物理学上往往被看做是“单原子分子．

43．（涟水县校级月考）目前城乡家庭使用的液化天然气主要成分是甲烷（CH4），常用的液化气钢瓶容积为V，充装标准为最大充装的85%．已知液化气的密度ρ，平均摩尔质量M，阿伏加德罗常数为NA．试求：

（1）则该瓶装液化天然气甲烷分子的总数N；

（2）一个甲烷分子的直径d。

【分析】（1）要计算甲烷分子的总数N，先算摩尔数，算摩尔数乘以阿伏加德罗常数为NA。

（2）摩尔体积除以阿伏加德罗常数得到一个甲烷分子的体积，球体模型，即可求解甲烷分子的直径。

【解答】解：（1）甲烷的摩尔体积为：；甲烷分子数为：N

（2）将甲烷分子看成球形，由得甲烷分子的直径为：d

答；（1）该瓶装液化天然气甲烷分子的总数为；

（2）一个甲烷分子的直径为。

【点评】本题的解题关键是建立物理模型，抓住阿伏加德罗常数是联系宏观与微观的桥梁，注意甲烷实际所占体积0.85V。

44．（无锡期末）因环境污染，有人设想用瓶装纯净空气推向市场。设瓶装纯净空气的容积为500mL，所装空气的压强为2atm，空气的摩尔质量M＝29×10﹣5kg/mol，NA＝6.0×1023mol﹣1，标准状况下气体的摩尔体积为22.4L/mol。现按标准状况计算：（结果均保留1位有效数字）

（1）瓶中空气在标况下的体积；

（2）瓶中空气的质量；

（3）瓶中空气的分子数。

【分析】（1）根据理想气体的状态方程即可求出瓶中空气在标况下的体积。

（2）根据瓶子的体积求出瓶中气体的摩尔数，结合摩尔质量求出一瓶纯净空气的质量。

（3）然后根据瓶中气体的物质的量结合阿伏加德罗常数求出分子数。

【解答】解：（1）标准状况下：P＝P0＝2atm，V＝？

瓶中气体：P′＝2atm，V′＝500mL＝0.5L

由于温度相等，所以得：PV＝P′V′

代入数据得：V＝1L

（2）一瓶纯净空气的物质的量为：nmol。

则瓶中气体的质量为：m＝nMkg＝1×10﹣5kg。

（3）分子数为：N＝nNA•NA个＝3×1022个。

答：（1）瓶中空气在标况下的体积是1L；

（2）瓶中空气的质量是1×10﹣5kg；

（3）瓶中空气的分子数是3×1022个。

【点评】解决本题的关键知道摩尔质量、质量、摩尔数之间的关系，知道分子数等于质量与分子质量的比值。分子数也可以通过摩尔量与阿伏加德罗常数的乘积求解。

45．（石家庄二模）下列说法正确的是　BCD　（填正确答案标号）

A．气体扩散现象表明气体分子间存在斥力；

B．对于同一理想气体，温度越高，分子平均动能越大；

C．热量总是自发的从分子平均动能大的物体传递到分子平均动能小的物体；

D．用活塞压缩气缸内的理想气体，对气体做了3.0×105J的功，同时气体向外界放出1.5×105J的热量，则气体内能增加了1.5×105J；

E．在阳光照射下，可以观察到教室空气中飞舞的灰尘做无规则运动，灰尘的运动属于布朗运动．

【分析】气体扩散现象说明气体分子在做无规则运动；

同一理想气体，温度越高，分子的平均动能越大；

热量总是自发地温度高的物体传递到低温物体；

由热力学第一定律可求得气体内能的增加量；

布朗运动是指悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动；空气中的灰尘的运动不属于布朗运动．

【解答】解：A、扩散说明分子在做无规则运动，不能说明分子间的斥力；故A错误；

B、温度是分子平均动能的标志，温度越高，分子的平均动能越大；故B正确；

C、热量总是自发的从温度大的物体传递到温度低的得物体；而温度是分子平均动能的标志；故C正确；

D、由热力学第一定律可知，△U＝W+Q＝3.0×105﹣1.5×105＝1.5×105J；故内能增加；故D正确；

E、灰尘的运动是由于对流引起的，不属于布朗运动；故E错误；

故选：BCD

【点评】本题考查分子动理论的内容，在解题时要注意热力学第一定律中的符号问题，引起内能增加的均为正值，引起内能减小的均为负值；内能的增加为正值，内能的减小为负值．

46．（阜宁县校级期末）在房间的一角打开一瓶香水，如果没有空气对流，在房间另一角的人并不能马上闻到香味，这是由气体分子运动速率不大造成的．这种说法对吗？为什么？

【分析】这种说法错误，气体分子运动的速率实际上是比较大的，在房间另一角的人过一会才能闻到香味原因是：虽然气体分子运动的速率比较大，但由于分子运动时无规则的，且与空气分子不断碰撞，因此要闻到足够多的香水分子，必须经过一段时间．

【解答】解：这种说法错误，气体分子运动的速率实际上是比较大的，在房间另一角的人过一会才能闻到香味原因是：虽然气体分子运动的速率比较大，但由于分子运动时无规则的，且与空气分子不断碰撞，因此要闻到足够多的香水分子，必须经过一段时间．

答：这种说法错误，气体分子运动的速率实际上是比较大的，在房间另一角的人过一会才能闻到香味原因是：虽然气体分子运动的速率比较大，但由于分子运动时无规则的，且与空气分子不断碰撞，因此要闻到足够多的香水分子，必须经过一段时间．

【点评】本题关键是要考虑香水分子与空气的碰撞作用，即空气分子对香水分子的阻碍作用．

47．（新沂市期中）如图所示，把一块洁净的玻璃板吊在橡皮筋下端，使玻璃板水平接触水面。如果你想使玻璃板离开水面，拉橡皮筋拉力必须　大于　（选填“大于”、“等于”或“小于”）玻璃板重力，原因是水分子和玻璃的分子间存在　引力　作用。



【分析】玻璃板与水面接触时，玻璃板与水分子之间存在作用力，当用力向上拉时，水分子之间要发生断裂，还要克服水分子间的作用力，所以拉力比玻璃板的重力要大，反映出水分子和玻璃的分子间存在引力作用。

【解答】解：当玻璃板与水面接触时，玻璃板与水分子之间存在作用力，当用力向上拉时，水分子之间要发生断裂，还要克服水分子间的作用力，所以拉力比玻璃板的重力要大，反映出水分子和玻璃的分子间存在引力作用。

故答案为：大于，引力。

【点评】本题主要考查对分子间相互作用力的应用以及表面层与表面张力的作用，不要与大气压力混淆，基础题。

48．（三明期末）当两分子间距为r0时，它们之间的引力和斥力相等；当两个分之间的距离大于r0时，分子间相互作用力表现为　引力　（选填“引力”或“斥力”）；当两个分子间的距离由r＝r0开始减小的过程中，分子间相互作用力　增大　（选填“增大”或“减小”）；当两个分子间的距离等于r0时，分子势能　最小　（选填“最大”或“最小”）．

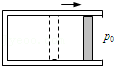
【分析】分子间同时存在着相互作用的引力和斥力，当分子间距离增大时，表现为引力，当分子间距离减小时，表现为斥力，而分子间的作用力随分子间的距离增大先减小后增大，再减小；当分子间距等于平衡位置时，引力等于斥力，即分子力等于零，分子势能为最小．

【解答】解：当两分子间距为r0时，它们之间的引力和斥力相等；当两个分之间的距离大于r0时，分子间相互作用力表现为引力；当两个分子间的距离由r＝r0开始减小的过程中，分子间相互作用力表现为斥力，且斥力增大；当两个分子间的距离等于r0时，分子势能最小．

故答案为：引力，增大，最小．

【点评】此题考查的是分子间的相互作用力，以及作用力和分子间距离的关系，注意当r＝r0时，分子力为零，而分子势能却最小，并不为零，同时注意引力与斥力随着间距变化出现都增大或都减小的现象．

49．（盐城模拟）如图所示，内壁光滑的气缸水平放置。一定质量的理想气体被密封在气缸内，外界大气压强为p0．现对气缸缓慢加热，气体吸收热量Q后，体积由V1增大为V2．则在此过程中，气体分子平均动能　增大　（选增“增大”、“不变”或“减小”），气体内能变化了　Q﹣p0（V2﹣V1）　。



【分析】温度是分子平均动能变化的标志，活塞缓慢上升为等压过程，由功的表达式求解即可。

由热力学第一定律△u＝W+Q可求。

【解答】解：现对气缸缓慢加热，温度升高，气体分子平均动能增大，活塞缓慢上升，视为等压过程，则气体对活塞做功为：

W＝F△h＝p0（V2﹣V1）

根据热力学定律有：△U＝W+Q＝Q﹣p0（V2﹣V1）

故答案为：增大，Q﹣p0（V2﹣V1）

【点评】基本公式的应用，明确做功与热量的正负的确定是解题的关键。