# 第十章 分子动理论

## 第一节 分子的大小

#### 课时聚焦

##### 1．用油膜法估测油酸分子的大小

（1）实验原理：将组成物质的分子视作\_\_\_\_\_\_形，把一定量的某种物质的分子一个紧挨—个地平铺开来，形成一层\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。只要知道这部分物质的\_\_\_\_\_\_和这层膜的\_\_\_\_\_\_，就可以估算出膜的厚度 *d* = \_\_\_\_\_\_，即分子的\_\_\_\_\_\_。

（2）实验方案：将\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_滴在水面上时，溶液会在水面上很快散开，其中酒精溶于水，最后在水面上形成一层纯油酸组成的\_\_\_\_\_\_薄膜。

（3）实验器材：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_和筛子、量筒、刻度尺、浅水盘、刻有方格的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、水彩笔等。

（4）实验操作与数据收集、分析：

① 把已知浓度为 *C* 的油酸酒精溶液滴入量筒，记下滴数 *n*0，测量溶液体积 *V*0。

② 计算出每滴溶液的体积为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，每滴溶液中的油酸的体积 *V* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

③ 将\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_均匀地撒在水面上，滴入一滴油酸酒精溶液。

④ 待油膜的形状稳定后，将油膜的轮廓描绘在刻有方格的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_上。

⑤数出油膜覆盖的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，算出油膜的面积 *S*。

（5）实验结论：油酸分子的直径 *d* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。多数分子直径的数量级为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_nm。

##### 2．物质的量 阿伏加德罗常数

（1）物质的量的单位是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，简称\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，是国际单位制中七个基本量之一。

（2）1 mol 物质所含的粒子数是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（恒定／变化）的，即 6.02×1023 个，这个数称为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，通常用符号 *N*A 表示。

（3）\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_是联系宏观世界与微观世界之间的重要桥梁。在已知宏观物理量的基础上往往可借助阿伏加德罗常数 *N*A 计算出某些微观物理量，其主要计算：

①已知物质的摩尔质量 *M*，可求出这种物质的分子质量 *m*0 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

②已知物质的摩尔体积 *V*m、，可求出这种物质的一个分子所占有的体积 *V*0 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

③已知物体的体积 *V* 和摩尔体积 *V*m，可求出物体的分子数 *N* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

④已知物体的质量 *m* 和摩尔质量 *M*，可求出物体的分子数 *N* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

#### 典例精析

##### 【考点一】用油膜法估测油酸分子的大小

例1 在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，用 *a* mL纯油酸配成 *b* mL 油酸酒精溶液，用量筒和注射器测得 60 滴这样的溶液为 1 mL，用注射器把一滴该溶液滴入表面撒有痱子粉的浅水盘里，待油膜形状稳定后，把透明板盖在浅水盘上并描画出油膜的轮廓如图所示。

（l）每滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积 *V* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_mL；

（2）图中单分子油膜的面积相当于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_个小方格的面积。再测量出小方格的边长，从而计算出浅水盘中单分子油膜的面积 *S*；

（3）估测出油酸分子的直径 *d* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（用 *V*、*S* 表示）。

（4）若计算油膜面积时，把所有不足一格的方格都当成一格，则实验的计算结果将\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“偏大”“偏小”或“无影响”）。

##### 【考点二】与阿伏加德罗常数有关的计算

例2 已知铜的摩尔质量为 *M*，阿伏加德罗常数为 *N*A，则质量为 *m* 的铜含有\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_个铜原子；若将铜原子设想为球体，且铜原子一个挨着一个排列，已知铜的密度为 *ρ*，则铜原子的半径为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

#### 同步精练

##### 基础达标精练

**一、单项选择题**

1．在“用单分子油膜估测分子的大小”实验中，没有使用到的研究方法是（ ）

A．累积法 B．模型法 C．估算法 D．控制变量法

2．关于阿伏加德罗常数的说法正确的是（ ）

A．是指 1 m3 的任何物质含有的分子数

B．是指任何状态下 1 mol 的任何物质含有的分子数

C．是指标准状态下 1 mol 气体含有的分子数

D．是指 1 kg 任何物质含有的分子数

3．关于“用油膜法估测油酸分子的大小”实验，下列操作正确的是（ ）

A．将纯油酸直接滴在水面上

B．水面上撒的痱子粉越多越好

C．用试管向水面倒酒精油酸溶液少许

D．待水面稳定后再将痱子粉均匀撒在水面上

4．已知油酸分子的体积和阿伏加德罗常数，则能算出（ ）

A．油的密度 B．一滴油的质量

C．油酸的摩尔体积 D．油酸的摩尔质量

5．在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，通过测量出的数据计算分子直径时，发现计算结果较实际值偏小，其原因可能是（ ）

A．油酸未充分散开

B．已知的油酸溶液浓度高于真实值

C．计算油膜面积时，少数了一个格子

D．计算每滴溶液体积时，将1 ml．的溶液的滴数多记了10滴

**二、填空题**

6．如图所示是利用\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_法估测分子大小的示意图。若一滴油酸的体积为 *V*，其在水面上散开的面积为 *S*．则油酸分子的直径大小 *d* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

水

7．在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，需要配制低浓度的油酸酒精溶液而不使用纯油酸滴入蒸发皿中的水面，原因是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。注射器滴下的一滴溶液体积约为 0.005 mL，分子直径约为 10−10 m，则配制的溶液浓度相对合理的是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“10%”“1%”或“0.1%”）。

8．水的摩尔质量 *M* = 18 g/mol，水的密度 *ρ* = 1.0×103 kg/m3，则一个水分子的质量为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kg，一瓶 600 mL 的纯净水所含水分子的个数为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。（阿伏加德罗常数 *N*A 取 6.0×1023 mol−1）

**三、综合题**

9．“用油膜法估测油酸分子的大小”实验的步骤如下：

① 用滴管将浓度为 0.1% 的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中，记下滴入 1 mL 的油酸酒精溶液的滴数 *N*，求出\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；

② 将痱子粉均匀地撒在浅水盘内的水面上，用滴管吸取浓度为 0.1% 的油酸酒精溶液，从低处向水面中央滴入一滴油酸酒精溶液，使之充分扩散，形成\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；

③待油膜的形状稳定后，将透明板放在浅水盘上，用彩笔将油膜的形状画在透明板上；

④将画有油膜轮廓的透明板放在坐标纸上，以坐标纸上边长为 1 cm 的正方形为单位，数出轮廓内正方形的个数为 *M*，计算出油膜的面积。

利用以上测量数据，写出单个油酸分子直径的表达式为 *d* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m。

10．在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，已知配制的油酸溶液中，纯油酸与溶液体积之比为 1∶1 000，1 mL 该溶液能滴 50 滴，一滴溶液在水面上形成的单分子油膜的面积为 250 cm2。

（1）求一滴溶液中所含的纯油酸的体积。

（2）求测得油酸分子的直径。

（3）借鉴“用油膜法估测油酸分子的大小”实验的设计思路，写出利用天平和刻度尺，较精确地测量一片厚度均匀、密度为 *ρ* 的长方形塑料薄片的厚度的实验步骤。

##### 拓展提升糈练

**一、选择题**

1．在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，下列操作错误的是（ ）

A．将痱子粉均匀地撒在水面上

B．滴入液滴时，滴管下端应靠近水面

C．待油酸薄膜形状稳定后，在透明板上描下油酸膜的形状

D．向量筒中滴 5 滴溶液，测出 5 滴溶液的体积，算得 1 滴溶液的体积



2．某同学在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，滴下油酸酒精溶液后，发现痱子粉迅速散开形成如图所示的锯齿状边沿图案，这可能是由于（ ）

A．盘中的水太多 B．痱子粉撒得太多，且厚度不均匀

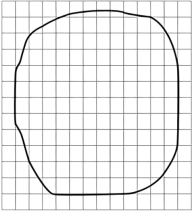
C．盘太小，导致油酸无法形成单分子层 D．油酸酒精溶液的浓度过大

3．某种油剂的密度为 8×102 kg/m3，取这种油剂 0.8 g 滴在平静的水面上，最终可能形成的油膜最大面积约为（已知油滴分子的直径为 1×10−10 m）（ ）

A．10−10 m2 B．104 m2 C．107 m2 D．1010 m2

4．（多选）若以 *M* 表示水的摩尔质量，*V*m 表示在标准状态下水蒸气的摩尔体积，*ρ* 为在标准状态下水蒸气的密度，*N*A 为阿伏加德罗常数，*m*、*V*0 分别表示每个水分子的质量和体积，下列关系式正确的是（ ）

A．*ρ* = B．*N*A = C．*m* = D．*V*0 =

5．（多选）在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，所用的油酸酒精溶液为每 1 000 mL 溶液中有纯油酸 0.6 mL。用注射器测得 1 mL 上述溶液为 80 滴，把 1 滴该溶液滴入浅水盘内，让油膜在水面上尽可能散开，测得油膜的轮廓形状如图所示。图中正方形小方格的边长为 1 cm，下列说法正确的是（ ）

A．实验时将油酸分子看成球体模型

B．实验时不考虑各油酸分子间的间隙

C．测出分子直径后，就可以根据已知条件算出阿伏加德罗常数

D．该实验测出油酸分子的直径约为 6.5×10−8 m

**二、填空题**

6．在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，有以下 4 种情形：①水面上痱子粉撒得太多；②将滴入的油酸酒精溶液的体积作为油酸的体积进行计算；③实验时没有使用方形浅水盘，用了圆形浅水盘；④配制好的油酸酒精溶液放置时间过久。其中会使测得的分子直径偏大的是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，会使测得的分子直径偏小的是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。（均选填序号）

7．将 *m* mL 的油酸配制成 *n* mL 的油酸酒精溶液，将其滴入撒有痱子粉的自来水中，测得其面积与滴入的溶液滴数图像的斜率为 *k*。已知 1 mL 溶液的总滴数为 *P*，则 1 滴油酸酒精溶液中的油酸含量为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m3，油酸分子的半径为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m。

**三、综合题**

8．某实验小组在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，需使油酸在水面上形成\_\_\_\_\_\_\_\_\_油膜，为使油酸尽可能地散开，将纯油酸用酒精稀释，若稀释后的油酸酒精溶液的浓度为每 1 000 mL油酸酒精溶液中有油酸 0.5 mL，用滴管向量筒内滴 50 滴上述溶液，量筒中的溶液体积增加 1 mL。若油酸未完全散开就开始测量油酸膜的面积，会导致油酸分子直径的计算结果\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“偏大”“偏小”或“不变”）。若一滴油酸酒精溶液形成的油膜面积为 160 cm2，则可测出油酸分子的直径为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m（结果保留一位有效数字）。

9．“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验步骤如下：

①向体积为 *V*1 的纯油酸中加入酒精，直到油酸酒精溶液的总体积为 *V*2；

②用注射器吸取上述溶液，一滴一滴地滴入小量筒．当滴入 *n* 滴时的体积为 *V*0；

③先往边长为 30 ~ 40 cm 的正方形浅盘里倒入 2 cm 深的水；

④用注射器往水面上滴 1 滴上述溶液；

⑤测量油膜的面积：油酸酒精溶液滴入水中后，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（从以下选项中选择合适的操作），用 *S* 表示测得的面积。

A．立即用刻度尺去量油膜的面积

B．让油膜尽可能地散开，再用刻度尺去量油膜的面积

C．立即将油膜昀轮廓画在透明板上，再利用坐标纸去计算油膜的面积

D．让油膜尽可能地散开，再把油膜的轮廓画在透明板上，然后用坐标纸去计算油膜的面积

则上述过程遗漏的步骤是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，油酸分子直径的表达式为 *d* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

10．成年人在正常状态下 1 min 呼吸约 20 次，每次吸入的空气约为 500 mL，空气中氧气的体积含量约为 21%，常温常压下空气的密度约为 1.2 kg/m3，阿伏加德罗常数 *N*A 取 6.0×1023 mol−1。

（l）试估算成年人在 1 h 内吸入空气的质量。

（2）若常温常压下气体的摩尔体积 *V*m = 24 L，试估算成年人在 1 min 内吸入氧气的分子数 *N*。

## 第二节 分子的运动 分子间的相互作用

#### 课时精练

##### 1．分子的运动

（1）扩散现象：不同的物质能够彼此\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_的现象。

①产生原因：由分子的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动产生的。

② 发生环境：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_都能发生。

③ 规律：温度越\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（高／低），扩散现象越明显。

④ 意义：证明了分子永不停息地做\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动。

（2）布朗运动：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_在液体或气体中的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动。

① 产生原因：由大量液体分子对悬浮颗粒撞击的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（平衡／不平衡）造成的。

② 特点：永不停息的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动。

③ 影响因素：悬浮颗粒越\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（大／小），布朗运动越明显；温度越\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（高／低），布朗运动越剧烈。

④ 意义：反映\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动的无规则性。

（3）分子热运动：组成物质的分子\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动，温度越\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（高／低）这种运动越剧烈。

##### 2．分子间的相互作用

如图所示，两条虚线分别表示两个分子间的引力 *F*引 和斥力 *F*斥 随分子间距离 *r* 变化的情形，实线表示 *F*引 和 *F*斥 的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（即实际表现出来的分子间的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_）随 *r* 变化的情形。

*r*

*r*0

*O*

*F*

*F*斥

*F*引

（1）*F*引 和 *F*斥 都随着 *r* 增大而\_\_\_\_\_\_\_，且\_\_\_\_\_\_\_减小得更快。

（2）当 *r* = *r*0（数量级约为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m）时，*F*引 \_\_\_\_\_\_\_ *F*斥，*F* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，这个位置称为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_位置。

（3）当 *r* < *r*0 时，*F*引 \_\_\_\_\_\_\_ *F*斥，*F* 表现为\_\_\_\_\_\_\_（引／斥）力，且 *F* 随 *r* 的增大而\_\_\_\_\_\_\_。

（4）当 *r* > *r*0 时，*F*引 \_\_\_\_\_\_\_ *F*斥．*F* 表现为\_\_\_\_\_\_\_（引，斥）力，且随 *r* 的增大，*F* 先\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_后\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

（5）当 *r* 的数量级大于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m 时，分子间的作用力可以忽略不计。

##### 3．分子动理论的基本观点

（1）物体是由\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_组成的。

（2）分子在做\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动。

（3）分子之间同时存在着\_\_\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_\_\_。

#### 典例精析

##### 【考点一】扩散现象

例1 （多选）下列关于扩散现象的说法正确的是（ ）

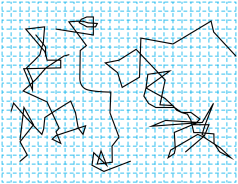
A．洗衣服时，洗衣粉撒入水中，发生了扩散现象

B．扩散现象说明分子间有斥力作用

C．利用扩散现象研究分子的运动采用了转换法

D．在真空、高温条件下，可以利用分子扩散在半导体材料中掺入其他元素

##### 【考点二】布朗运动

例2 如图所示是用显微镜观察布朗运动时记录的图像，下列说法正确的是（ ）

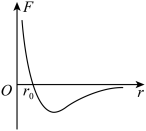
A．液体分子的无规则运动是布朗运动

B．温度越高，布朗运动越明显

C．悬浮颗粒的大小对布朗运动无影响

D．图为悬浮颗粒在这一段时间内的运动轨迹

##### 【考点三】分子间的相互作用

例3 分子间的引力和斥力都跟分子间的距离有关，分子力 *F* 与分子间距离 *r* 的关系如图所示，下列说法正确的是（ ）

A．分子间不能同时存在引力和斥力

B．当 *r* > *r*0 时，随着分子间距离的增大，分子力先减小后增大

C．当 *r* = *r*0 时，分子力为零，说明此时分子间既不存在引力，也不存在斥力

D．当分子间的距离 *r* < *r*0 时，分子力表现为斥力

#### 同步精练

##### 基础达标精练

一、单项选择题

1．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．液体中的扩散现象是由于液体的对流形成的

D．扩散现象仅在液体或气体中才能发生

2．酒精和水混合后体积变小的现象表明（ ）

A．分子间有作用力 B．分子间有空隙

C．分子做无规则的热运动 D．分子的质量极其微小

3．将橡皮筋拉伸时，橡皮筋内分子间（ ）

A．只存在引力 B．只存在斥力

C．引力小于斥力 D．引力大于斥力

4．下面所列举的现象中，不能说明分子是不断运动着的是（ ）

A．汽车开过后，公路上尘土飞扬 B．将香水瓶盖打开后能闻到香味

C．洒在地上的水，过一段时间就干了 D．悬浮在水中的花粉做无规则的运动

5．下面所列举的现象中，主要是由分子热运动引起的是（ ）

A．菜籽油滴入水中后会漂浮在水面

B．含有泥沙的浑水经过一段时间会变清

C．密闭容器内悬浮在水中的花粉颗粒会移动

D．荷叶上水珠呈球形

6．关于布朗运动，下列说法正确的是 （ ）

A．悬浮在液体中的颗粒越小，布朗运动越明显

B．布朗运动是固体小颗粒中固体分子的运动

C．阳光照进室内看到的尘埃在不停地运动，这种运动是布朗运动

D．因为布朗运动的激烈程度跟温度有关，所以布朗运动也可以称为热运动

7．关于分子间的作用力，下列说法正确的是 （ ）

A．引力和斥力都随距离的减小而增大

B．两分子间的距离为 *r*0 时，分子间斥力为零，引力也为零

C．两分子间距离为 *r*0 时，分子处于静止状态

D．分子力的本质是万有引力

**二、填空题**

8．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\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，造成这一现象的原因是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

9．用显微镜观察悬浮在水中的小炭粒的运动，其现象属于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。打湿了的两张纸很难分开是因为分子间存在\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。玻璃打碎后，无法把它们再拼起来，是因为此时玻璃分子间的作用力为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

10．温度降低，分子的热运动变慢，当温度降低到 0 ℃ 以下时，分子就停止运动了，这种说法\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“正确”或“错误”），理由是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

11．大量事实表明分子的无规则运动与\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_有关，故把分子的无规则运动称为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。PM2.5 是指大气中直径小于或等于 2.5 μm 的颗粒物，它的无规则运动\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_热运动（选填“是”或“不是”）。

##### 拓展提升精练

**一、选择题**

l．下列说法正确的是（ ）

A．扩散现象是永不停息的

B．布朗运动是微观粒子的运动，牛顿运动定律对它不适用

C．气体能充满任何容器是因为分子间的斥力大于引力

D．花粉在水中做布朗运动的现象说明花粉的分子在做激烈的热运动

2．关于分子的热运动，下列说法正确的是（ ）

A．分子的热运动就是布朗运动

B．热运动是分子的无规则运动，同种物质的分子的热运动激烈程度相同

C．氕体分子的热运动不一定比液体分子激烈

D．物体运动的速度越大，其内部分子的热运动就越激烈

3．关于分子动理论，下列说法正确的是（ ）

A．扩散现象和布朗运动表明，分子在做永不停息的热运动

B．布朗运动就是液体分子的无规则热运动

C．两个邻近分子间不可能同时存在斥力和引力

D．微粒越大，液体温度越高，布朗运动就越明显

4．把铅块和金块的接触面磨平磨光后紧紧压在一起，几年后发现金中有铅、铅中有金，对于此现象的解释，下列说法正确的是（ ）

A．是由扩散现象造成的，原因是金分子和铅分子的运动

B．是由布朗运动造成的，小金粒进入铅块中，小铅粒进入金块中

C．是因为分子间存在引力使小铅粒进入了金块中

D．是因为铅和金之间存在表面张力的原因

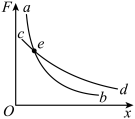
5．两个分子从靠得不能再靠近的位置开始，使两者之间的距离逐渐增大，直到大于分子直径的 10 倍以上。这一过程中，关于分子间的相互作用力，下列说法正确的是（ ）

A．分子间的引力和斥力都在增大

B．分子间的斥力在减小，引力在增大

C．分子间的相互作用力的合力在逐渐减小

D．分子间的相互作用力的合力先减小后增大，再减小

6．如图，设有一分子位于坐标原点 *O* 处不动，另一分子可位于 *x* 轴正方向上的不同位置，纵坐标表示这两个分子间分子力的大小，两条曲线分别表示斥力或引力的大小随两分子间距离变化的关系，e 为两条曲线的交点，则（ ）

A．曲线 ab 表示引力，曲线 cd 表示斥力，点 e 的横坐标约为 10−15 m

B．曲线 ab 表示斥力，曲线 cd 表示引力，点 e 的横坐标约为 10−10 m

C．曲线 ab 表示斥力，曲线 cd 表示引力，点 e 的横坐标约为 10−15 m

D．曲线 ab 表示引力，曲线 cd 表示斥力，点 e 的横坐标约为 10−10 m

7．（多选）据研究发现，某病毒的传播途径之一是气溶胶传播。气溶胶是指悬浮在气体介质中的固态或液态颗粒所组成的气态分散系统，这些固态或液态颗粒的大小一般在 10−3 ~ 103 μm 之间，布朗运动的微粒大小通常在 10−6 m 数量级。下列关于大小约为 1 μm 的固态或液态颗粒的说法正确的是（ ）

A．颗粒做布朗运动，运动的轨迹就是颗粒分子的无规则运动的轨迹

B．颗粒能很长时间悬浮在空气中，这是因为颗粒受到了空气分子无规则热运动的撞击

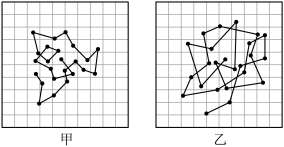
C．同态或液态颗粒越小，颗粒的运动越明显

D．环境温度越高，颗粒的运动越明显

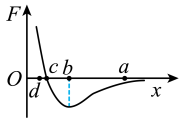
**二、填空题**

8．在“天宫课堂”第二课“水油分离”实验中，王亚平将装有水和油的瓶子摇晃多次后，水和油均匀地混在了一起，这一现象\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“能”或“不能”）说明分子在不停地做无规则热运动，因为分子热运动是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“自发”或“不自发”）的。

9．如图甲和乙所示，为 A、B 两位同学分别在高倍显微镜下每隔 30 s 追踪记录水中小炭粒运动位置的连线图，两方格纸每格均为边长相等的正方形。比较两图可知：若水温相同，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“甲”或“乙”）中炭粒的颗粒较大；若炭粒大小相同，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“甲”或“乙”）中水分子的热运动较剧烈；水中小炭粒的运动\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“是”或“不是”）水分子的运动。



**三、综合题**

 10．如图，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，a、b、c、d 为 *x* 轴上四个特定的位置。若把乙分子从 a 处静止释放，问：

（1）乙分子从 a 点运动到 d 点的过程中，其速度如何变化？

（2）乙分子从 a 点运动到 d 点的过程中，其加速度的大小和方向如何变化？

## 第三节 分子运动速率分布的统计规律

#### 课时精练

##### 点Jl分子速率分布的统计规律

##### 1．“伽尔顿板”实验的启示

对于由大量分子组成的系统，\_\_\_\_\_\_\_\_（个别／大量）分子的运动并无规律可言；但\_\_\_\_\_\_\_\_（个别／大量）分子的热运动，却可能显示出一定的\_\_\_\_\_\_\_\_。

##### 2．分子速率分布的统计规律

（1）英国物理学家\_\_\_\_\_\_\_\_确定了分子速率分布的统计规律。该分子速率分布函数 *f*(*v*)（在速率 *v* 附近\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_气体分子数与\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_的比）的图像如图所示。

*f* (*v*)

*O*

*v*

低温分布

高温分布

（2）规律：

① 一般而言，气体分子的速率各不相同，但大多数分子的速率都在某个数值（\_\_\_\_\_\_\_\_）附近，离开这个数值越远，分子数越\_\_\_\_\_\_\_\_（多／少），呈现出“中间\_\_\_\_\_\_\_\_，两头\_\_\_\_\_\_\_\_”的分布特征。

② 温度升高．图线的峰值会向速率\_\_\_\_\_\_\_\_（大／小）的方向移动，速率的分布范围\_\_\_\_\_\_\_\_，整个曲线将变得较为\_\_\_\_\_\_\_\_。

温度越高，速率大的分子所占的比例越\_\_\_\_\_\_\_\_（大／小）。

温度升高，气体分子的平均速率变\_\_\_\_\_\_\_\_（大／小）；但具体到某一个气体分子，速率无法确定。

#### 典例精析

【考点】（多选）如图所示是某种气体在温度分别为 *T*1 和 *T*2 时的分子速率分布图像，下列说法正确的是（ ）

A．两条图线的温度关系为 *T*1 < *T*2

B．温度升高时，气体分子中速率大的分子所占的比例会增加

C．温度升高时，所有气体分子的速率都变大

D．从图中可以直观地体会到温度越高，分子的热运动越剧烈

#### 同步精练

##### 基础达标精练

**一、单项选择题**

1．对于某一温度下大量气体分子的无规则运动，下列说法正确的是（ ）

A．所有分子的速率都相同 B．每个分子都有一个确定的速率

C．多数分子的速率都在某个数值附近 D．可以得到每个分子运动的全部信息

2．关于气体分子的运动情况，下列说法正确的是（ ）

A．某一时刻具有任意速率的分子数目是相等的

B．某一时刻一个分子速度的大小和方向是偶然的

C．某一温度下，大多数气体分子的速率不会发生变化

D．分子的速率分布毫无规律

3．关于对分子速率分布的解释，下列说法错误的是（ ）

A．分子的速率大小与温度有关，温度越高，所有分子的速率都越大

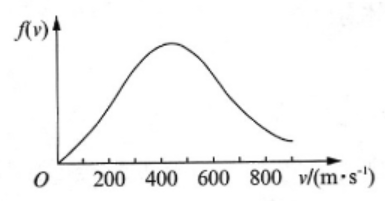
B．分子的速率大小与温度有关，温度越高，分子的平均速率越大

C．分子的速率分布总体呈现出“中间多、两头少”的分布特征

D．分子的速率分布遵循统计规律，适用于大量分子

4．“伽尔顿板”可以演示统计规律。如图，让大量小球从上方漏斗形入口落下，则下图中能正确反映最终落在槽内小球的分布情况的是（ ）

（A） （B） （C） （D）

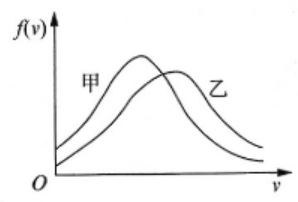
5．氧气分子在 100 ℃ 时的分子速率分布曲线如图所示，则下列说法错误的是（ ）

A．100 ℃ 时也有部分氧气分子的速率大于 900 m/s

B．曲线反映 100 ℃ 时氧气分子的速率呈“中间多，两头少”的分布

C．在 100 ℃ 时，部分氧气分子的速率比较大，说明其内部也有温度较高的区域

D．温度降低时，氧气分子单位速率间隔的分子数占总分子数的百分比的最大值将向速率小的方向移动

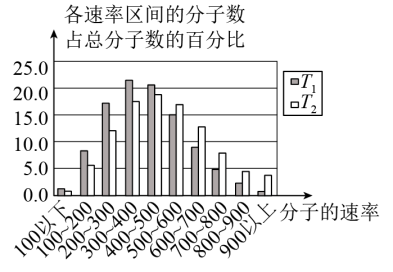
6．如图所示是氧气在 0 ℃ 和 100 ℃ 两种不同温度下的分子速率分布图，则下列说法正确的是（ ）

A．图线甲为 0 ℃ 时的情况，其速率大的分子的比例比 100 ℃ 时速率大的分子的比例低

B．图线乙为 0 ℃ 时的情况，其速率大的分子的比例比 100 ℃ 时速率大的分子的比例低

C．图线甲为 100 ℃ 时的情况，其速率小的分子的比例比 0 ℃ 时速率小的分子的比例高

D．图线乙为 100 ℃ 时的情况，其速率小的分子的比例比 0 ℃ 时速率小的分子的比例高

7．如图所示为密闭钢瓶中的气体分子在 *T*1、*T*2 两种不同温度下的速率分布情况的柱形图，由图可知（ ）

A．*T*2 时每个气体分子的速率都比 T1 时的大

B．*T*1 对应于气体分子平均速率较大的情形

C．分别将 *T*1、*T*2 柱形图顶端用平滑的曲线连接起来，则两条曲线下的面积相等

D．与 *T*1 时相比，*T*2 时气体分子的速率出现在 0 ~400 m/s 区间内的分子数占总分子数的百分比较大

**二、填空题**

8．某种气体在不同温度下的气体分子速率分布曲线如图所示，曲线 Ⅰ、曲线 Ⅱ、曲线 Ⅲ 所对应的温度分别为 *T*Ⅰ、*T*Ⅱ、*T*Ⅲ，则 *T*Ⅰ \_\_\_\_\_\_\_ *T*Ⅱ \_\_\_\_\_\_\_ *T*Ⅲ（选填“>”或“<”）；当温度升高时，分子的平均速率\_\_\_\_\_\_\_ （（选填“增大”“减小”或“不变”）。

*O*

*f*(*v*)

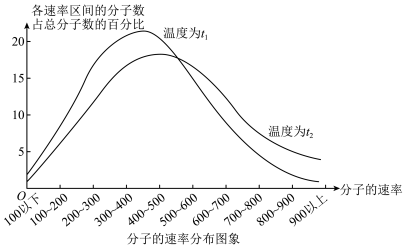
*v*

Ⅰ

Ⅱ

Ⅲ

9．一定质量的氧气，在温度分别为 *t*1 和 *t*2时各速率区间的分子数占总分子数的百分比（简称为分子数占比）分布图如图所示。温度为 *t*1 时，分子数占比大于 15 % 的速率位于\_\_\_\_\_\_\_区间和\_\_\_\_\_\_\_区间之间。对比两个温度对应的分子数占比分布图，可知 *t*1 \_\_\_\_\_\_\_ *t*2（选填“>”或“<”）。



10．一定量的氧气贮存在密封容器中，在 *T*1 和 *T*2 温度下其分子速率分布的情况如下表，则 *T*1 \_\_\_\_\_\_\_ *T*2。若约 10 % 的氧气从容器中泄漏，泄漏前后容器内温度均为 *T*1，则在泄漏后的容器中，速率处于 400 ~ 500 m/s 区间的氧气分子数占总分子数的百分比 \_\_\_\_\_\_\_ 18.6 %。（均选填“大于”“小于”或“等于”）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 速率区间 /(m·s−1) | 各速率区间的分子数占总分子数的百分比 / % | |
| 温度 *T*1 | 温度 *T*2 |
| 100 以下 | 0.7 | 1.4 |
| 100 ~ 200 | 5.4 | 8.1 |
| 200 ~ 300 | 11.9 | 17.0 |
| 300 ~ 400 | 17.4 | 21.4 |
| 400 ~ 500 | 18.6 | 20.4 |
| 500 ~ 600 | 16.7 | 15.1 |
| 600 ~ 700 | 12.9 | 9.2 |
| 700 ~ 800 | 7.9 | 4.5 |
| 800 ~ 900 | 4.6 | 2.0 |
| 900 以上 | 3.9 | 0.9 |

## 第十章测试卷

（满分100分，考试时间60分钟）

##### 一、阅读材料，回答下列问题。（共18分）

**爱因斯坦与布朗运动**

布朗最早用显微镜观察悬浮在液体中的花粉粒子的运动，并于 1827 年 8 月发表有关布朗运动的文章。可是布朗运动到底是怎么产生的呢？直到 1905 年，困扰了科学家半个多世纪的现象才被爱因斯坦成功解释。

1．（6分）布朗运动是指悬浮在液体中的花粉颗粒所做的无规则的运动。

（1）布朗运动表明（ ）

A．分子间有引力 B．分子间有斥力

C．花粉颗粒有热运动 D．液体分子有热运动

（2）布朗运动的不规则性，反映了\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；布朗运动和温度有关，表明了\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

2．（3分）墨滴入水，扩而散之，徐徐混匀。关于该现象的分析正确的是（ ）

A．混合均匀主要是由于碳粒受重力作用

B．混合均匀的过程中，水分子和碳粒都做无规则运动

C．使水温升高，混合均匀的过程进行得更缓慢

D．使用碳粒更小的墨汁，混合均匀的过程进行得更缓慢

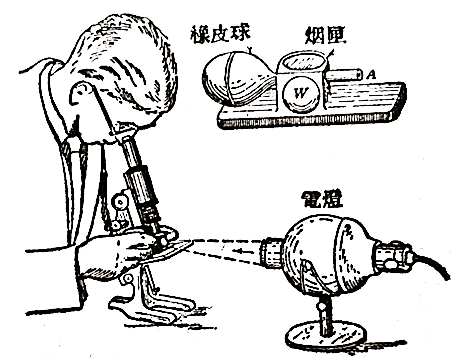
3．（3分）某病毒依靠呼吸道飞沫传播。从患者口中呼出的含病毒飞沫微粒经空气分子碰撞后杂乱无章地运动。下列关于含病毒飞沫微粒运动的说法正确的是（ ）

A．环境温度越低，飞沫微粒的运动越明显

B．飞沫微粒越大，其运动越明显

C．飞沫微粒能长时间悬浮在空气中是因为空气浮力的作用

D．飞沫微粒的运动是布朗运动

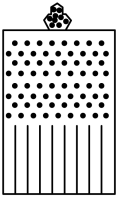


4．（6分）如图，通过橡皮球将烟雾吸入镶有玻璃的透明小盒中，在强光照射下通过显微镜观察，可以观察到烟雾颗粒在做\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_运动；烟雾颗粒做这样运动的原因是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

##### 二、阅读材料，回答下列问题。（共21分）

**麦克斯韦速率分布律**

在某一时刻，某一特定分子的速度大小是不可预知的，且运动方向也是随机的。但在一定的宏观条件下，对大量气体分子而言，它们的速度分布却遵从一定的统计规律。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，并给出了它的分布函数表达式。

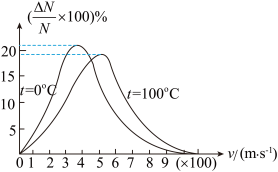
1．（3分）“伽尔顿板”可以演示统计规律。如图，让大量小球从上方漏斗形入口落下，最终小球都落在槽内。重复多次实验后发现（ ）

A．某个小球落在哪个槽是有规律的

B．大量小球在槽内的分布是有规律的

C．越接近漏斗形入口处的槽内，小球聚集越少

D．大量小球落入槽内后均匀分布在各槽中

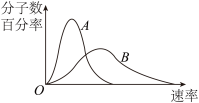
2．（3分）如图所示是氧气分子在不同温度（0 ℃ 和 100 ℃）下的速率分布，是分子数所占的比例。由图线信息可得到的正确结论是（ ）

A．同一温度下，速率大的氧气分子数所占的比例大

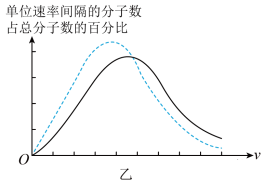
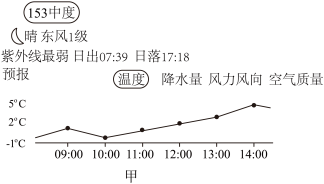
B．温度升高使得每一个氧气分子的速率都增大

C．温度越高，一定速率范围内的氧气分子所占的比例越小

D．温度升高使得速率较小的氧气分子所占的比例变小

3．（6分）如图所示为同一密闭气体在不同温度时分子速率分布的两条曲线，则\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_表示高温分布曲线（选填“A”或“B”）；图中两条曲线下的面积\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“A大”“B大”或“相同”）。

4．（9分）某地某天的天气情况如图甲所示，细颗粒物（PM2.5 等）的污染程度为中度，出现了大范围的雾霾。11：00 和 14：00 的空气分子速率分布曲线如图乙所示。



（1）细颗粒物在大气中的漂移\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“是”或“不是”）布朗运动；

（2）图乙中\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“实线”或“虚线”）表示 11：00 的空气分子速率分布曲线；

（3）单位时间内空气分子对细颗粒物的平均撞击次数 14：00 比 12：00\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“多”或“少”）。

##### 三、阅读材料，回答下列问题。（共39分）

**分子大小的测定**

为了使分子动理论成为一种精确的物理理论，对分子大小的精确测定是 19 世纪末至 20 世纪初的一个重要研究课题。到 1905 年，对于分子大小的测定已有几种实验方法。但当时测定的都是气体分子的大小。爱因斯坦的论文——《分子大小的新测定》，首先给出了一种用液体中的现象来测定分子大小的方法。

1．（9分）在“用单分子油膜估测分子的大小”实验中，

（1）用到了“数格子”的方法，是为了估算（ ）

A．一滴油酸的体积

B．一滴油酸的面积

C．一个油酸分子的体积

D．一个油酸分子的面积

（2）某小组测量出的油酸分子直径比教材上介绍的分子直径大几百倍，可能性最大的原因是（ ）

A．测量 1 滴油酸溶液体积时误将 29 滴当作 30 滴

B．水面上痱子粉撒得过多，导致油膜没有充分展开

C．计算油膜面积时，只数了完整方格的数目

D．误将 1 滴油酸酒精溶液的体积当作 1 滴油酸的体积

（3）测出油酸分子的直径后，要测定阿伏加德罗常数，还需要知道油滴的（ ）

A．摩尔质量 B．摩尔体积 C．质量 D．体积

2．（9分）甲、乙、丙三位同学分别在三个实验小组做“用单分子油膜估测分子的大小”实验，但都发生了操作错误。

甲：在配制油酸酒精溶液时，不小心把酒精倒多了一点，导致油酸酒精溶液的实际浓度比计算值小一些。

乙：在计算注射器滴出的每一滴油酸酒精溶液的体积后，不小心拿错了一个注射器把溶液滴在水面上，这个拿错的注射器的针管比原来的粗，每滴油酸酒精溶液的体积比原来的大。

丙：在计算油膜的面积时，把凡是半格左右的油膜都算成了一格，导致计算的面积比实际面积大一些。

分析：这三位同学的操作错误会导致实验测得的油酸分子直径偏大还是偏小？说明理由。

3．（12分）在“用单分子油膜估测分子的大小”实验中，有下列实验步骤：

① 往边长约为 40 cm 的方形浅盘里倒入约 2 cm 深的水，待水面稳定后将适量的痱子粉均匀地撒在水面上。

② 用注射器将配好的油酸酒精溶液滴一滴在水面上，待薄膜形状稳定。

③ 将画有油膜形状的透明板平放在坐标纸上，计算出油膜的面积，根据油酸的体积和面积计算出油酸分子直径的大小。

④ 用注射器将事先配好的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中，记下量筒内每增加一定体积时的滴数，由此计算出一滴油酸酒精溶液的体积。

⑤ 将透明板放在浅盘上，然后将油膜的形状用彩笔描绘在透明板上。

（1）上述步骤的正确顺序是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填写步骤前面的序号）。

（2）将 1 cm3 的油酸溶于酒精，制成 300 cm3 的油酸酒精溶液；测得 1 cm3 的油酸酒精溶液有 50 滴。取一滴该油酸酒精溶液滴在水面上，测得所形成的油膜的面积为 0.13 m2。由此估算出油酸分子的直径为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m（结果保留一位有效数字）；

（3）（多选）该实验中做了哪些科学的近似（ ）

A．把在水面上尽可能扩散开的油膜视为单分子油膜

B．把形成油膜的分子看作紧密排列的球形分子

C．将油膜视为单分子油膜，但需要考虑分子间隙

D．将油酸分子视为立方体模型

4．（9分）已知水的密度 *ρ* = 1.0×103 kg/m3，水的摩尔质量 *M* = 1.8×10−2 kg/mol，阿伏加德罗常数 *N*A 取 6×1023 mol−1，求：（结果均保留一位有效数字）

（1）一个水分子的直径；

（2）1 cm3 水中含有水分子的个数。

##### 四、阅读材料，回答下列问题。（共22分）

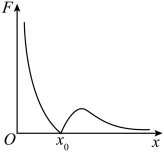
**分子间作用力**

对于分子间作用力的研究可以追溯到早期的化学史上。早在古希腊时期，人们就已经开始研究物质的构成和性质。不过，直到 18 世纪，化学家才开始逐渐认识到分子和原子是构成物质的基本单位，并开始关注它们之间的相互作用。

1．（3分）分子间同时存在引力和斥力，当分子间距减小时，分子间（ ）

A．引力减小、斥力减小 B．引力增大、斥力增大

C．引力增大、斥力减小 D．引力减小、斥力增大

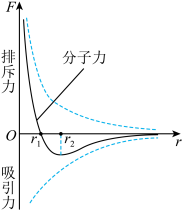
2．（3分）如图，设有一分子位于图中的坐标原点 *O* 处不动，另一分子可位于 *x* 轴上不同位置处，图中纵坐标表示这两个分子间分子力的大小，则（ ）

A．分子在 *x*0 左侧受引力作用，在 *x*0 右侧受斥力作用

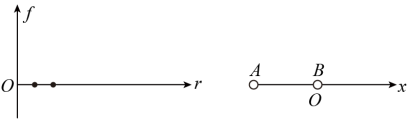
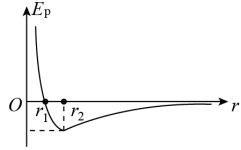
B．分子在 *x*0 左侧的受力一定大于在 *x*0 右侧的受力

C．分子在 *x*0 处加速度为 0，速度也为 0

D．分予在 *x*0 右侧由静止释放，向左运动的过程中速度先增大后减小到 0

3．（6分）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\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；当分子间距离为\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“*r*1”或“*r*2”）时，分子间的吸引力与排斥力大小相等。

4．（10分）已知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。如果选取两个分子相距无穷远时的势能为零，则作出的两个分子之间的势能 *E*p 与它们之间距离 *r* 的 *E*p – *r* 关系如图甲所示。根据分子力做功与分子势能变化量的关系，可以从分子势能的图像中得到有关分子力的信息。



（1）写出分子势能 *E*p – *r* 图像斜率的绝对值的物理意义；

（2）在图乙中定性地画出分子力 *F* 随分子间距离 *r* 变化的 *F* – *r* 图像（作图要求：约定分子力是斥力时 *F* > 0，*F* = 0 的点对应横坐标选用图甲中的 *r*1 或 *r*2 标明）。