专题 18.2 热学综合（精讲精练）

第一部分、基础知识梳理 1
考点一、分子动理论的基本观点和实验依据、阿伏加德罗常数 1
考点二、温度与内能 3
考点三、晶体和非晶体　晶体的微观结构 4
考点四、液体与液晶 5
考点四、气体压强的产生与计算 7
考点五、气体实验定律和理想气体状态方程的应用 8
考点六、热力学定律与能量守恒 9
第二部分、题型学习 10
题型一、考查分子间的力学及能量变化规律 10
题型二、考查油膜法测量分子直径的实验 11
题型三、固体和液体的性质 12
题型四、气缸模型 13
题型五、液柱模型 14
题型五、理想气体图像类问题 16
题型六、热力学定律的综合考查 17

第一部分、基础知识梳理

考点一、分子动理论的基本观点和实验依据、阿伏加德罗常数

1．物体是由大量分子组成的：阿伏加德罗常数是联系宏观物理量与微观物理量的桥梁，1 mol 的任何物质都含有相同的粒子数。通常可取 $N_A=6.02\times10^{23}\ \text{mol}^{-1}$。

2．分子永不停息地做无规则运动

(1)扩散现象并不是外界作用引起的，也不是化学反应的结果，而是由物质分子的无规则运动产生的。温度越高，扩散越快。

(2)布朗运动。

①布朗运动是固体颗粒的运动，反映了液体内部分子的无规则运动。

②微粒越小，布朗运动越明显；温度越高，布朗运动越剧烈。

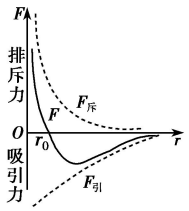
(3)热运动：分子永不停息的无规则运动叫作热运动。分子的无规则运动和温度有关，温度越高，分子无规则运动越剧烈。

3．分子间的相互作用力

(1)分子间同时存在相互作用的引力和斥力。实际表现出的分子力是引力和斥力的合力。

(2)引力和斥力都随分子间距离的减小而增大；随分子间距离的增大而减小；斥力比引力变化快。

(3)分子力 F 与分子间距离 r 的关系(r_0 的数量级为 10^{-10} m)。

距离	分子力 F		F-r 图象
$r=r_0$	$F_{引}=F_{斥}$	$F=0$	
$r<r_0$	$F_{引}<F_{斥}$	F 为斥力	
$r>r_0$	$F_{引}>F_{斥}$	F 为引力	
$r>10r_0$	$F_{引}=F_{斥}=0$	$F=0$	

4.典例应用

1．(多选)下列说法正确的是_____。

A．气体扩散现象表明了气体分子的无规则运动

B．气体温度升高，分子的平均动能一定增大

C．布朗运动的实质就是分子的热运动

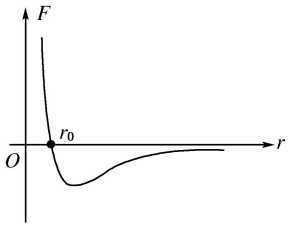
D．当分子间作用力表现为斥力时，分子势能随分子间距离的减小而减小

E．当分子间作用力表现为引力时，分子势能随分子间距离的减小而减小

【答案】： ABE

【解析】： 布朗运动是悬浮在液体中微粒的运动，它是液体分子无规则热运动的反映，选项 C 错；当分子间作用力表现为斥力时，分子势能随分子间距离的减小而增大，选项 D 错。

2．(多选)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 轴交点的横坐标为 r_0。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时分子势能为零，下列说法正确的是_____。



A．在 $r=r_0$ 时，分子势能为零

B．在 $r>r_0$ 阶段，F 做正功，分子动能增加，势能减小

C．在 $r<r_0$ 阶段，F 做负功，分子动能减小，势能也减小

D．在 $r=r_0$ 时，分子势能最小，动能最大

E．分子间的斥力和引力随 r 增大而减小，在 $r>r_0$ 阶段，斥力比引力减小得快一些，分子间的作用力表现为引力

【答案】： BDE

【解析】： 由图象可知，分子间距离为 r0 时分子势能最小，此时分子间的距离为平衡距离；当 r 等于 r0 时，分子势能最小但不为零，故 A 错误；r0 是分子的平衡距离，r 大于平衡距离，分子力表现为引力，F 做正功，分子动能增加，势能减小，故 B 正确；当 r 小于 r0 时，分子间的作用力表现为斥力，F 做负功，分子动能减小，势能增加，故 C 错误；分子动能和势能之和在整个过程中不变，当 r 等于 r0 时，分子势能最小，动能最大，故 D 正确；分子间同时存在斥力和引力，在 r>r0 阶段，当分子间的距离增大时，分子间的引力和斥力均减小，但斥力减小得更快，所以分子间的作用力表现为引力，故 E 正确。故选 B、D、E。

考点二、温度与内能

1．温度：两个系统处于热平衡时，它们必定具有某个共同的热学性质，把表征这一“共同热学性质”的物理量叫作温度。一切达到热平衡状态的系统都具有相同的温度。温度标志物体内部大量分子做无规则运动的剧烈程度。

2．摄氏温标和热力学温标

	单位	规定	关系
摄氏温标(t)	℃	在标准大气压下，冰的熔点是 0_℃，水的沸点是 100 ℃	$T=t+273.15$ K
热力学温标 (T)	K	零下 273.15_℃即为 0 K	$\Delta T=\Delta t$

3.分子的动能

(1)分子动能是分子热运动所具有的动能。

(2)分子热运动的平均动能是所有分子热运动的动能的平均值，温度是分子热运动的平均动能的标志。

(3)分子热运动的总动能是物体内所有分子热运动动能的总和。

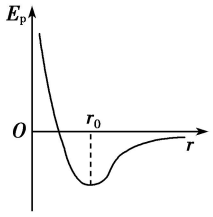
4．分子的势能

(1)意义：由于分子间存在着引力和斥力，所以分子具有由它们的相对位置决定的能。

(2)分子势能的决定因素：

①微观上——决定于分子间距离和分子排列情况；取 r→∞处为零势能处，分子势能 Ep 与分子间距离 r 的关系如图所示，当 r＝r0 时分子势能最小。

②宏观上——决定于体积和状态。



5．物体的内能

(1)等于物体中所有分子的热运动动能与分子势能的总和，是状态量。对于给定的物体，其内能大小由物体的温度和体积决定。

(2)改变物体内能有两种方式：做功和热传递。

6.典例应用

1．(多选)(2018·湖南邵阳二模)热学现象在生活中无处不在，下列与此有关的分析正确的是_____。

A．固体很难被压缩是因为分子之间有斥力

B．物体吸收热量，其内能一定增加

C．温度高的物体，其内能一定大

D．气体在对外做功的过程中，其内能可能增加

E．中午闻到食堂炒菜的香味是因为分子的运动

【答案】：ADE

【解析】：固体很难被压缩是因为分子之间有斥力，故 A 正确；物体吸收热量时如果同时对外做功，其内能不一定增加，故 B 错误；内能大小取决于温度、体积和物质的量，故温度高的物体，其内能不一定大，故 C 错误；根据热力学第一定律$\Delta U=Q+W$，气体在对外做功的过程中，如果同时吸热，且吸热大于做功，则其内能可能增加，故 D 正确，根据分子动理论可知 E 正确。

考点三、晶体和非晶体　晶体的微观结构

1．晶体和非晶体

分类 / 比较项目	晶　体		非晶体
	单晶体	多晶体	
外　形	规则	不规则	不规则

熔　点	确定	确定	不确定
物理性质	各向异性	各向同性	各向同性
原子排列	有规则	晶粒的排列无规则	无规则
转　化	晶体和非晶体在一定条件下可以相互转化		
典型物质	石英、云母、明矾、食盐		玻璃、橡胶

2.晶体的微观结构

(1)结构特点：组成晶体的物质微粒有规则地、周期性地在空间排列。

(2)用晶体的微观结构特点解释晶体的特点

现象	**原因**
晶体有规则的外形	由于内部微粒有规则的排列
晶体各向异性	由于内部从任一结点出发在不同方向的相同距离上的微粒数不同
晶体的多形性	由于组成晶体的微粒可以形成不同的空间点阵

3.（典例应用）

1．(多选)(2015·新课标全国Ⅰ·33)下列说法正确的是_____。

A．将一块晶体敲碎后，得到的小颗粒是非晶体

B．固体可以分为晶体和非晶体两类，有些晶体在不同方向上有不同的光学性质

C．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

D．在合适的条件下，某些晶体可以转变为非晶体，某些非晶体也可以转变为晶体

E．在熔化过程中，晶体要吸收热量，但温度保持不变，内能也保持不变

【答案】：　BCD

【解析】：晶体有固定的熔点，并不会因为颗粒的大小而改变，即使敲碎为小颗粒，仍旧是晶体，选项 A 错误；固体分为晶体和非晶体两类，有些晶体在不同方向上光学性质不同，表现为晶体具有各向异性，选项 B 正确；同种元素构成的可能由于原子的排列方式不同而形成不同的晶体，如金刚石和石墨，选项 C 正确；晶体的分子排列结构如果遭到破坏就可能形成非晶体，反之亦然，选项 D 正确；熔化过程中，晶体要吸热，温度不变，但是内能增大，选项 E 错误。

考点四、液体与液晶

1．液晶

(1)具有液体的流动性。

(2)具有晶体的光学各向异性。

(3)在某个方向上看，其分子排列比较整齐，但从另一方向看，分子的排列是杂乱无章的。

2．液体的表面张力现象

(1)形成原因

表面层中分子间的距离比液体内部分子间的距离大，分子间的相互作用力表现为引力。

(2)作用

液体的表面张力使液面具有收缩到表面积最小的趋势。

(3)方向

表面张力跟液面相切，且跟这部分液面的分界线垂直。

(4)大小

液体的温度越高，表面张力越小；液体中溶有杂质时，表面张力变小；液体的密度越大，表面张力越大。

3．饱和蒸汽、未饱和蒸汽和饱和蒸汽压

(1)饱和汽与未饱和汽

①饱和汽：与液体处于动态平衡的蒸汽。

②未饱和汽：没有达到饱和状态的蒸汽。

(2)饱和汽压

①定义：饱和汽所具有的压强。

②特点：饱和汽压随温度而变。温度越高，饱和汽压越大，且饱和汽压与饱和汽的体积无关。

4．湿度

(1)定义：空气的潮湿程度。

(2)描述湿度的物理量

①绝对湿度：空气中所含水蒸气的压强。

②相对湿度：空气的绝对湿度与同一温度下水的饱和汽压相比。

③相对湿度公式：相对湿度$=\dfrac{\text{水蒸气的实际压强}}{\text{同温度水的饱和汽压}}\left(B=\dfrac{p}{p_s}\times 100\%\right)$

5.典例应用

1.(多选)关于表面张力，下列说法正确的是_____。

A．液体表面层的分子间的距离比较大

B．液体表面层的分子间的距离比较小

C．表面张力的产生，是由于表面层中分子间的引力大于斥力

D．表面张力的方向是与液面相切，与分界线相平行

E．叶面上的露珠呈球形，是表面张力使液体表面收缩的结果

【答案】： ACE

【解析】： 液体的表面层像一个张紧的橡皮膜，这是因为表面层的分子间距比内部要大，使表面层分子间的引力大于斥力，而产生表面张力。表面张力的方向与液面相切，与分界线垂直，且与分界线的长度成正比。表面张力使液体表面收缩到最小，因此叶面上露珠呈球形。选项 A、C、E 正确。

2.(多选)关于饱和汽压和相对湿度，下列说法中正确的是_____。

A．温度相同的不同饱和汽的饱和汽压都相同

B．温度升高时，饱和汽压增大

C．在相对湿度相同的情况下，夏天比冬天的绝对湿度大

D．饱和汽压和相对湿度都与体积有关

E．在一定温度下水蒸气达到饱和时，水蒸气的压强不变

【答案】： BCE

【解析】：在一定温度下，饱和汽压是一定的，饱和汽压随温度的升高而增大，饱和汽压与液体的种类有关，与体积无关。空气中所含水蒸气的压强，称为空气的绝对湿度；相对湿度$=\frac{\text{水蒸气的实际压强}}{\text{同温度下水的饱和汽压}}$，夏天的饱和汽压大，在相对湿度相同时，夏天的绝对湿度大。

考点四、气体压强的产生与计算

1．产生的原因

由于大量气体分子无规则地运动而碰撞器壁，形成对器壁各处均匀、持续的压力，作用在器壁单位面积上的压力叫作气体的压强。

2．决定因素

(1)宏观上：决定于气体的温度和体积。

(2)微观上：决定于分子的平均动能和分子的密集程度。

3．平衡状态下气体压强的求法

(1)液片法：选取假想的液体薄片(自身重力不计)为研究对象，分析液片两侧受力情况，建立平衡方程，消去面积，得到液片两侧压强相等方程，求得气体的压强。

(2)力平衡法：选取与气体接触的液柱(或活塞)为研究对象进行受力分析，得到液柱(或活塞)的受力平衡方程，求得气体的压强。

(3)等压面法：在连通器中，同一种液体(中间不间断)同一深度处压强相等。

4．加速运动系统中封闭气体压强的求法

选取与气体接触的液柱(或活塞)为研究对象，进行受力分析，利用牛顿第二定律列方程求解。

5.（典例应用）

1．(多选)(2018·河北唐山模拟)对于一定质量的理想气体，下列论述正确的是_____。

A．若单位体积内分子个数不变，当分子热运动加剧时，压强一定变大

B．若单位体积内分子个数不变，当分子热运动加剧时，压强可能不变

C．若气体的压强不变而温度降低时，则单位体积内分子个数一定增加

D．若气体的压强不变而温度降低时，则单位体积内分子个数可能不变

E．若气体体积减小，温度升高，单位时间内分子对器壁的撞击次数增多，平均撞击力增大，因此压强增大

【答案】：ACE

【解析】：气体压强的大小与气体分子的平均动能和单位体积内的分子数两个因素有关。若单位体积内分子数不变，当分子热运动加剧时，决定压强的两个因素中一个不变，一个增大，故气体的压强一定变大，A 对，B 错；若气体的压强不变而温度降低，只有增大单位体积内的分子个数才能实现，故 C 对，D 错，由气体压强产生原因知，E 对。

考点五、气体实验定律和理想气体状态方程的应用

1．理想气体状态方程与气体实验定律的关系

$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}$**错误!**

2．几个重要的推论

(1)查理定律的推论：$\Delta p=\frac{p_1}{T_1}\Delta T$。

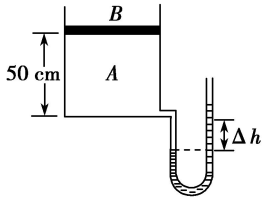
(2)盖 -吕萨克定律的推论：$\Delta V=\frac{V_1}{T_1}\Delta T$。

3.（典例应用）

1.(2018·湖南永州二模)如图所示，在绝热圆柱形汽缸中用光滑绝热活塞密闭有一定质量的理想气体，在汽缸底部开有一小孔，与 U 形水银管相连，外界大气压为 $p_0=1.0\times10^5$ Pa，缸内气体温度 $t_0=27$ ℃，稳定后两边水银面的高度差为$\Delta h=1.5$ cm，此时活塞离容器底部的高度为 $l=50$ cm(U 形管内气体的体积忽略不计)。已知柱形容器横截面 $S=0.01$ m^2，重力加速度 g 取 10 m/s^2。

(1)求活塞的质量；

(2)若容器内气体温度缓慢降至－3 ℃，求此时 U 形管两侧水银面的高度差$\Delta h'$和活塞离容器底部的高度 l'。



【答案】： (1)2 kg (2)$\Delta h'=1.5$ cm，$l'=45$ cm

【解析】：

(1)A 中气体压强 $p_A=p_0+p_{\Delta h}=1.02\times10^5$ Pa 对活塞：$p_AS=p_0S+mg$，解得：$m=2$ kg。

(2)由于气体等压变化，U 形管两侧水银面的高度差不变：$\Delta h'=1.5$ cm

$T_1=300$ K，体积 $V_1=50S$，$T_2=270$ K，体积 $V_2=l'S$ 由$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$，解得 $l'=45$ cm。

考点六、热力学定律与能量守恒

1．改变物体内能的两种方式

(1)做功。

(2)热传递。

2．热力学第一定律

(1)内容：一个热力学系统的内能增量等于外界向它传递的热量与外界对它所做的功的和。

(2)表达式：ΔU＝Q＋W。

3.能量守恒定律

（1）内容：能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，它只能从一种形式转化为另一种形式，或者是从一个物体转移到别的物体，在转化或转移的过程中，能量的总量保持不变。

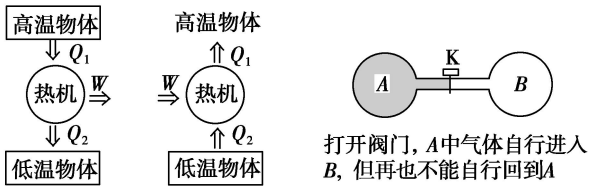
（2）．第一类永动机是不可能制成的，它违背了能量守恒定律。

4.热力学第二定律

1.热力学第二定律的三种表述

(1)克劳修斯表述：热量不能自发地从低温物体传到高温物体。

(2)开尔文表述：如图甲所示，不可能从单一热源吸收热量，使之完全变成功，而不产生其他影响。或表述为“第二类永动机不可能制成”。



甲 乙

(3)用熵的概念表示热力学第二定律

如图乙所示，用熵的概念表述：在任何自然过程中，一个孤立系统的总熵不会减小(热力学第二定律又叫做熵增加原理)。

2．热力学第二定律的微观意义：一切自发过程总是沿着分子热运动的无序性增大的方向进行。

3．第二类永动机不可能制成的原因是违背了热力学第二定律。

5.典例应用

1．(多选)下列叙述和热力学定律相关，其中正确的是_____。

A．第一类永动机不可能制成，是因为违背了能量守恒定律

B．能量耗散过程中能量不守恒

C．电冰箱的制冷系统能够不断地把冰箱内的热量传到外界，违背了热力学第二定律

D．能量耗散是从能量转化的角度反映出自然界中的宏观过程具有方向性

E．物体从单一热源吸收的热量可全部用于做功

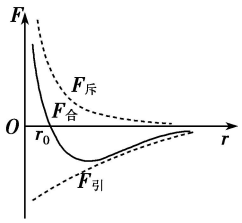
【答案】：ADE

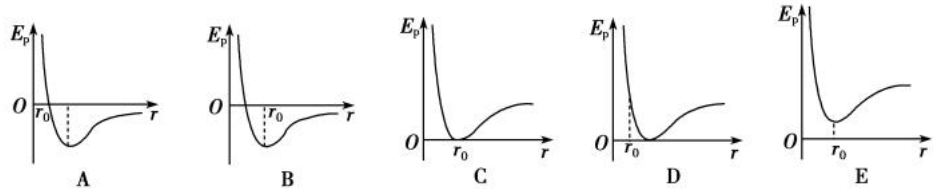
【解析】：第一类永动机不可能制成，是因为违背了能量守恒定律，选项 A 正确。能量耗散过程中能量仍然守恒，只是将能量从高度有用的形式降级为不大可用的形式，选项 B 错误。电冰箱的制冷系统能够不断地把冰箱内的热量传到外界，是利用压缩机做功，引起了其他变化，不违背热力学第二定律，选项 C 错误。能量耗散是从能量转化的角度反映出自然界中的宏观过程具有方向性，选项 D 正确。物体从单一热源吸收的热量可全部用于做功，引起了其他变化，选项 E 正确。

第二部分、题型学习

题型一、考查分子间的力学及能量变化规律

1．(多选)(2018·许昌模拟)两个相邻的分子之间同时存在着引力和斥力，它们随分子之间距离 r 的变化关系如图所示。图中虚线是分子斥力和分子引力曲线，实线是分子合力曲线。当分子间距为 $r=r_0$ 时，分子之间合力为零，则下列关于该两分子组成系统的分子势能 E_p 与两分子间距离 r 的关系曲线，可能正确的是(　　)

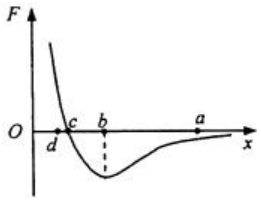




【答案】： BCE

【解析】： 由于 $r=r_0$ 时，分子之间的作用力为零，当 $r>r_0$ 时，分子间的作用力为引力，随着分子间距离的增大，分子力做负功，分子势能增加，当 $r<r_0$ 时，分子间的作用力为斥力，随着分子间距离的减小，分子力做负功，分子势能增加，故 $r=r_0$ 时，分子势能最小。综上所述，选项 B、C、E 正确，选项 A、D 错误。

2.如图所示,甲分子固定于坐标原点 O,乙分子位于 x 轴上,甲、乙两分子间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,现将乙分子从 a 移动到 d 的过程中,两分子间的分子力和分子势能同时都增大的阶段是( )



A. 从 a 到 b B.从 b 到 c C.从 b 到 d D. 从 c 到 d

【答案】：D

【解析】:A、乙分子由 a 到 b 一直受引力,分子力增大,分子力做正功,分子势能减小,故 A 错误;

B、从 b 到 c 分子力逐渐变小但仍为引力,分子力做正功,分子势能减小,故 B 错误;

C、从 b 到 d 分子力先减小后增大,分子力先是引力后是斥力,分子势能先减少后增大,故 C 错误;

D、从 c 到 d 分子力是斥力,增大,分子力做负功,分子势能增大,所以 D 选项是正确的;所以 D 选项是正确的

题型二、考查油膜法测量分子直径的实验

3．(多选)(2018·武汉模拟)若以 V 表示在标准状态下水蒸气的摩尔体积，ρ表示在标准状态下水蒸气的密度，M 表示水的摩尔质量，M_0 表示一个水分子的质量；V_0 表示一个水分子的体积，N_A 表示阿伏加德罗常数，则下列关系式中正确的是（ ）

A．$V=\frac{M}{\rho}$ B．$V_0=\frac{V}{N_A}$ C．$M_0=\frac{M}{N_A}$ D．$\rho=\frac{M}{N_A V_0}$ E．$N_A=\frac{\rho V}{M_0}$

【答案】ACE

【解析】：将水蒸气看作立方体模型，则 $V=\frac{M}{\rho}$，选项 A 正确；但由于水蒸气分子间距远大于分子直径，则

$V_0 \ll \frac{V}{N_A}$，选项 B 错误；1 mol 水蒸气的质量等于水分子的质量与阿伏加德罗常数 N_A 的乘积，选项 C 正确；由于摩尔体积 V 远大于 $N_A \cdot V_0$，则 $\rho = \frac{M}{V} < \frac{M}{N_A V_0}$，选项 D 错误；水蒸气的摩尔质量 ρV 除以水蒸气分子的质量等于阿伏加德罗常数，选项 E 正确。

4．在“油膜法估测油酸分子的大小”实验中，有下列实验步骤：

①往边长约为 40 cm 的浅盘里倒入约 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用注射器将事先配好的油酸酒精溶液滴一滴在水面上，待薄膜形状稳定。

③将画有油膜形状的玻璃板平放在坐标纸上，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将玻璃板放在浅盘上，然后将油膜的形状用彩笔描绘在玻璃板上。

完成下列填空：

(1)上述步骤中，正确的顺序是_____。(填写步骤前面的数字)

(2)将 1 cm^3 的油酸溶于酒精，制成 300 cm^3 的油酸酒精溶液；测得 1 cm^3 的油酸酒精溶液有 50 滴。现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是 0.13 m^2。由此估算出油酸分子的直径为_____m。(结果保留一位有效数字)

【答案】：(1)④①②⑤③　(2)5×10^{-10}

【解析】：(1)依据实验顺序，先配制混合溶液(④)，然后在浅盘中放水和痱子粉(①)，将一滴溶液滴入浅盘中(②)，将玻璃板放在浅盘上获取油膜形状(⑤)，最后用已知边长的坐标纸上的油膜形状来计算油膜的总面积(③)。故正确的操作顺序为④①②⑤③。

(2)一滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积为 $V = \frac{1\ cm^3}{50} \times \frac{1}{300} = 6.7\times10^{-5}\ cm^3$，故油酸分子直径 $d = \frac{V}{S} = \frac{6.7\times10^{-5}\ cm^3}{0.13\ m^2} = \frac{6.7\times10^{-11}\ m^3}{0.13\ m^2} \approx 5\times10^{-10}\ m$。

题型三、固体和液体的性质

5．(多选)下列对饱和汽、未饱和汽、饱和汽压以及湿度的认识，正确的是_____。

A．液体的饱和汽压只与液体的性质和温度有关，而与体积无关

B．增大压强一定可以使未饱和汽变成饱和汽

C．降低温度一定可以使未饱和汽变成饱和汽

D．空气中所含水蒸气的压强越大，空气的绝对湿度越大

E．干湿泡湿度计的干、湿两支温度计的示数差越小，空气的相对湿度越大

【答案】： ADE

【解析】： 饱和汽压的大小取决于物质的性质和温度，而与体积无关，故 A 正确；饱和汽压与压强无关，故 B 错误；降低温度可能使饱和汽变成未饱和汽，但不一定使未饱和汽变成饱和汽，故 C 错误；空气的湿度是指相对湿度，空气中所含水蒸气的压强越大，空气的绝对湿度越大，但相对湿度不一定越大，故 D 正确；干湿泡湿度计的干、湿两支温度计示数差越小，说明空气越潮湿，相对湿度越大，故 E 正确。

6．(多选)(2018·安徽安庆模拟)下列说法正确的是_____。

A．液面上方的蒸汽达到饱和时就不会有液体分子从液面飞出

B．萘的熔点为 80 ℃，质量相等的 80 ℃的液态萘和 80 ℃的固态萘具有不同的分子势能

C．车轮在潮湿的地面上滚过后，车辙中会渗出水，属于毛细现象

D．液体表面层分子的势能比液体内部分子的势能大

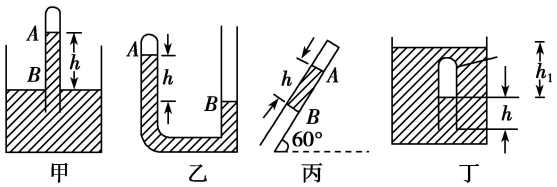
E．液晶像液体一样具有流动性，而其光学性质与某些晶体相似，具有各向同性

【答案】： BCD

【解析】：液面上方的蒸汽达到饱和时，液体分子从液面飞出，同时有蒸汽分子进入液体中，从宏观上看，液体不再蒸发，故 A 错误；80 ℃时，液态萘凝固成固态萘的过程中放出热量，温度不变：则分子的平均动能不变，萘放出热量的过程中内能减小，而分子平均动能不变，所以一定是分子势能减小，故 B 正确；由毛细现象的定义可知，C 正确；液体表面层的分子间距离比液体内部的分子间距离大，故液体表面层分子之间的作用力表现为引力，分子之间的距离有缩小的趋势，可知液体表面层的分子比液体内部的分子有更大的分子势能，故 D 正确；液晶像液体一样具有流动性，而其光学性质与某些晶体相似，具有各向异性，E 错误。

题型四、气缸模型

7．若已知大气压强为 p_0，在图中各装置均处于静止状态，图中液体密度均为ρ，求被封闭气体的压强。



【答案】： 甲：$p_0-\rho gh$ 乙：$p_0-\rho gh$ 丙：$p_0-\frac{\sqrt{3}}{2}\rho gh$ 丁：$p_0+\rho gh_1$

【解析】： 在甲图中，以高为 h 的液柱为研究对象，由二力平衡知

$p_{甲}S=-\rho ghS+p_0S$

所以 $p_{甲}=p_0-\rho gh$

在图乙中，以 B 液面为研究对象，由平衡方程 $F_{上}=F_{下}$ 有：

$p_AS+\rho ghS=p_0S$

$p_{乙}=p_A=p_0-\rho gh$

在图丙中，仍以 B 液面为研究对象，有

$p_A'+\rho gh\sin 60°=p_B'=p_0$

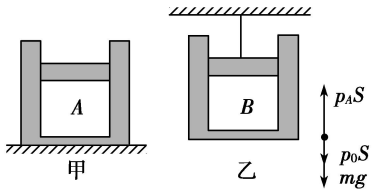
所以 $p_{丙}=p_A'=p_0-\frac{\sqrt{3}}{2}\rho gh$

在图丁中，以液面 A 为研究对象，由二力平衡得

$p_{丁}S=(p_0+\rho gh_1)S$

所以 $p_{丁}=p_0+\rho gh_1$

8．如图中两个汽缸质量均为 M，内部横截面积均为 S，两个活塞的质量均为 m，左边的汽缸静止在水平面上，右边的活塞和汽缸竖直悬挂在天花板下。两个汽缸内分别封闭有一定质量的空气 A、B，大气压为 p_0，求封闭气体 A、B 的压强各多大？



【答案】：　$p_0+\frac{mg}{S}$　$p_0-\frac{Mg}{S}$

【解析】：题图甲中选 m 为研究对象。

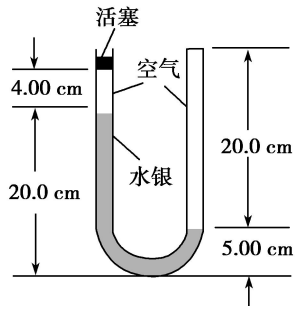
$p_AS=p_0S+mg$ 得 $p_A=p_0+\frac{mg}{S}$



题图乙中选 M 为研究对象得 $p_B=p_0-\frac{Mg}{S}$。

题型五、液柱模型

9.（2016·全国 3）一 U 形玻璃管竖直放置，左端开口，右端封闭，左端上部有一光滑的轻活塞。初始时，管内汞柱及空气柱长度如图所示。用力向下缓慢推活塞，直至管内两边汞柱高度相等时为止。求此时右侧管内气体的压强和活塞向下移动的距离。已知玻璃管的横截面积处处相同；在活塞向下移动的过程中，没有发生气体泄漏；大气压强 $p_0=75.0$ cmHg。环境温度不变。



【答案】： 144 cmHg 9.42 cm

【解析】： 设初始时，右管中空气柱的压强为 p_1，长度为 l_1；左管中空气柱的压强为 $p_2=p_0$，长度为 l_2。活塞被下推 h 后，右管中空气柱的压强为 p_1'，长度为 l_1'；左管中空气柱的压强为 p_2'，长度为 l_2'。以 cmHg 为压强单位。由题给条件得 $p_1=p_0+(20.0-5.00)$ cmHg①

$l_1'=(20.0-\frac{20.0-5.00}{2})$ cm②

由玻意耳定律得 $p_1l_1=p_1'l_1'$③

联立①②③式和题给条件得

$p_1'=144$ cmHg④

依题意 $p_2'=p_1'$⑤

$l_2'=4.00\text{ cm}+\frac{20.0-5.00}{2}\text{cm}-h$⑥

由玻意耳定律得 $p_2l_2=p_2'l_2'$⑦

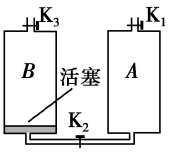
联立④⑤⑥⑦式和题给条件得 $h=9.42$ cm

10.如图，容积均为 V 的汽缸 A、B 下端有细管(容积可忽略)连通，阀门 K_2 位于细管的中部，A、B 的顶部各有一阀门 K_1、K_3；B 中有一可自由滑动的活塞(质量、体积均可忽略)。初始时，三个阀门均打开，活塞在 B 的底部；关闭 K_2、K_3，通过 K_1 给汽缸充气，使 A 中气体的压强达到大气压 p_0 的 3 倍后关闭 K_1。已知室温为 27℃，汽缸导热。

(ⅰ)打开 K_2，求稳定时活塞上方气体的体积和压强；

(ⅱ)接着打开 K_3，求稳定时活塞的位置；

(ⅲ)再缓慢加热汽缸内气体使其温度升高 20℃，求此时活塞下方气体的压强。



【答案】：(ⅰ)$\frac{V}{2}$　$2p_0$　(ⅱ)上升直到 B 的顶部　(ⅲ)$1.6p_0$

【解析】：(ⅰ)设打开 K_2 后，稳定时活塞上方气体的压强为 p_1，体积为 V_1。依题意，被活塞分开的两部分气体都经历等温过程。由玻意耳定律得

$p_0V=p_1V_1$①

$(3p_0)V=p_1(2V-V_1)$②

联立①②式得

$V_1=\frac{V}{2}$③　　$p_1=2p_0$④

(ⅱ)打开 K_3 后，由④式知，活塞必定上升。设在活塞下方气体与 A 中气体的体积之和为 $V_2(V_2\leq 2V)$时，活塞下气体压强为 p_2。由玻意耳定律得

$(3p_0)V=p_2V_2$⑤

由⑤式得

$p_2=\frac{3V}{V_2}p_0$⑥

由⑥式知，打开 K_3 后活塞上升直到 B 的顶部为止；此时 p_2 为 $p'_2=\frac{3}{2}p_0$。

(ⅲ)设加热后活塞下方气体的压强为 p_3，气体温度从 $T_1=300\ \mathrm{K}$ 升高到 $T_2=320\ \mathrm{K}$ 的等容过程中，由查理定律得

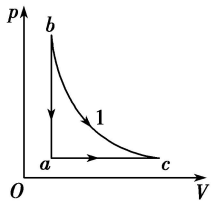
$\frac{p'_2}{T_1}=\frac{p_3}{T_2}$⑦

将有关数据代入⑦式得

$p_3=1.6p_0$⑧

题型五、理想气体图像类问题

1．(多选)[2017·全国卷Ⅲ·33(1)](1)如图，一定质量的理想气体从状态 a 出发，经过等容过程 ab 到达状态 b 再经过等温过程 bc 到达状态 c，最后经等压过程 ca 回到状态 a。下列说法正确的是_____。



A．在过程 ab 中气体的内能增加

B．在过程 ca 中外界对气体做功

C．在过程 ab 中气体对外界做功

D．在过程 bc 中气体从外界吸收热量

E．在过程 ca 中气体从外界吸收热量

【答案】： *ABD*

【解析】：(1)*ab* 过程是等容变化，*ab* 过程压强增大，温度升高，气体内能增大，选项 A 正确；而由于体积不变，气体对外界不做功，选项 C 错误。*ca* 过程是等压变化，体积减小，外界对气体做功，选项 B 正确：体积减小过程中，温度降低，内能减小，气体要放出热量，选项 E 错误。*bc* 过程是等温变化，内能不变，体积增大，气体对外界做功，则需要吸收热量，选项 D 正确。

2.(多选)一定质量的理想气体经历一系列变化过程，如图所示，下列说法正确的_____。

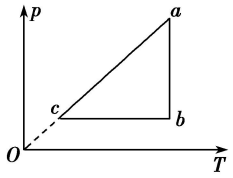
A．*b*→*c* 过程中，气体压强不变，体积增大

B．*a*→*b* 过程中，气体体积增大，压强减小

C．*c*→*a* 过程中，气体压强增大，体积不变

D．*c*→*a* 过程中，气体内能增大，体积变小

E．*c*→*a* 过程中，气体从外界吸热，内能增大

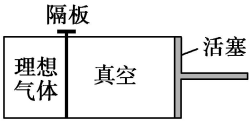


【答案】：BCE

【解析】：*b*→*c* 过程中，气体压强不变，温度降低，根据盖-吕萨克定律$\frac{V}{T}=C$可知，体积应减小，故 A 错误；*a*→*b* 过程中气体的温度保持不变，即气体发生等温变化，压强减小．，根据玻意耳定律 $pV=C$ 得知，体积增大，故 B 正确；*c*→*a* 过程中，由图可知，*p* 与 *T* 成正比，则气体发生等容变化，体积不变，故 C 正确；由 C 的分析可知，气体的体积不变，故 D 错误；一定质量的理想气体的内能与气体温度有关，并且温度升高气体的内能增大，则知 *c*→*a* 过程中，温度升高，气体内能增大，而体积不变，气体没有对外做功，外界也没有对气体做功，所以气体一定吸收热量，故 E 正确。

题型六、热力学定律的综合考查

11．(2017·全国卷 2)如图，用隔板将一绝热汽缸分成两部分，隔板左侧充有理想气体，隔板右侧与绝热活塞之间是真空。现将隔板抽开，气体会自发扩散至整个汽缸。待气体达到稳定后，缓慢推压活塞，将气体压回到原来的体积。假设整个系统不漏气。下列说法正确的是_____。



A．气体自发扩散前后内能相同

B．气体在被压缩的过程中内能增大

C．在自发扩散过程中，气体对外界做功

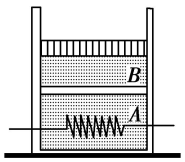
D．气体在被压缩的过程中，外界对气体做功

E．气体在被压缩的过程中，气体分子的平均动能不变

【答案】：　ABD

【解析】：气体向真空膨胀时不受阻碍，气体不对外做功，由于汽缸是绝热的，没有热交换，所以气体扩散后内能不变，选项 A 正确。气体被压缩的过程中，外界对气体做功，且没有热交换，根据热力学第一定律，气体的内能增大，选项 B、D 正确。气体在真空中自发扩散的过程中气体不对外做功，选项 C 错误。气体在压缩过程中，内能增大，由于一定质量的理想气体的内能完全由温度决定，温度越高，内能越大，气体分子的平均动能越大，选项 E 错误。

12.(多选)如图所示，汽缸和活塞与外界均无热交换，中间有一个固定的导热性良好的隔板，封闭着两部分气体 *A* 和 *B*，活塞处于静止平衡状态。现通过电热丝对气体 *A* 加热一段时间，后来活塞达到新的平衡，不计气体分子势能，不计活塞与汽缸壁间的摩擦，大气压强保持不变，则下列判断正确的是_____。



A．气体 *A* 吸热，内能增加

B．气体 *B* 吸热，对外做功，内能不变

C．气体 *A* 分子的平均动能增大

D．气体 *A* 和气体 *B* 内每个分子的动能都增大

E．气体 *B* 分子单位时间内对器壁单位面积碰撞次数减少

【答案】：ACE

【解析】：气体 *A* 进行等容变化，则 $W=0$，根据$\Delta U=W+Q$ 可知气体 *A* 吸收热量，内能增加，温度升高，气体 *A* 分子的平均动能变大，但是不是每个分子的动能都增加，选项 A、C 正确，D 错误；因为中间是导热隔板，所以气体 *B* 吸收热量，温度升高，内能增加；又因为压强不变，故体积变大，气体对外做功，选项 B 错误；气体 *B* 的压强不变，但是体积增大，平均动能增大，所以气体 *B* 分子单位时间内对器壁单位面

积的碰撞次数减少，选项 E 正确。