华中科技大学物理学院 2017 ~ 2018 学年第 1 学期
大学物理（二）课程考试试卷（A 卷）
（闭卷）

考试日期：2018.01.14.上午　　　　　　考试时间：150 分钟

题号	一	二	三				总分	统分签名	教师签名
			1	2	3	4			
得分									

得　分	
评卷人	

一、选择题（单选题，每题 3 分，共 30 分。请将选项填入每小题题首的括号中）

[　　] 1. 氦气和氮气，若它们分子的平均速率相同，则下列表述正确的是：

（A）它们的温度，分子平均平动动能，分子平均动能都不相同。

（B）它们的温度相同。

（C）它们的分子平均平动动能相同。

（D）它们的分子平均动能相同。

[　　]2. 下列说法中哪一个是正确的？

（A）系统从外界吸热时，其内能必然增加。

（B）由于热量和功均为过程量，所以，对于任何热力学过程，其热量和功的总和，不仅与系统始、末状态有关，而且与具体过程有关。

（C）在等容过程中，系统的内能改变为 $\Delta E = \nu C_{V,\mathrm{m}}(T_2 - T_1)$，而在等压过程中，系统的内能改变为 $\Delta E = \nu C_{p,\mathrm{m}}(T_2 - T_1)$。

（D）以上说法都不正确。

[　　]3. 下列结论正确的是：

（A）功可以全部转换为热，但热不能全部转换为功。

（B）热量不能自动地从低温物体传递到高温物体。

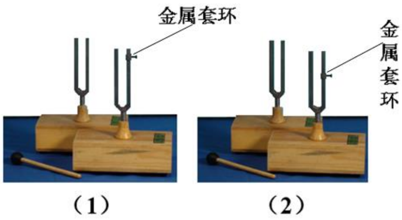
（C）不可逆过程就是不能反向进行的过程。

（D）绝热过程的熵变一定为零。

[ ]4. 利用两个完全相同的音叉进行下述实验：

实验一、仅敲击一个音叉；

实验二、如右图所示，在其中一个音叉上附加金属套环，对图（1）和图（2）两种情形，分别同时敲击两个音叉观察拍现象。图（1）的拍频记为ν_1，图（2）的拍频记为ν_2。



对以上两项实验结果，下面的表述中正确的是：

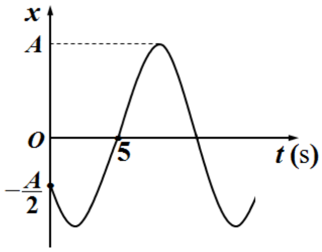
（A）实验一中另一个音叉不振动，实验二中$\nu_1 > \nu_2$；

（B）实验一中另一个音叉不振动，实验二中$\nu_1 < \nu_2$；

（C）实验一中另一个音叉发生振动，实验二中$\nu_1 > \nu_2$；

（D）实验一中另一个音叉发生振动，实验二中$\nu_1 < \nu_2$。

[ ]5. 一个谐振动的振动曲线如图所示，此振动的周期为：



（A）12 s　　（B）10 s

（C）30 s　　（D）11 s

[ ]6. 一列机械波在弹性介质中传播，在介质中某个质元由平衡位置运动到最大位移处的过程中，该质元的

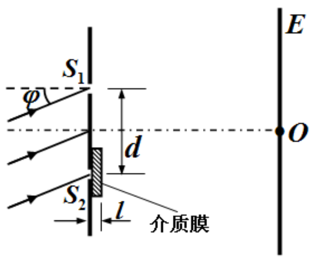
（A）势能逐渐转变为动能，总机械能守恒。

（B）动能逐渐转变为势能，总机械能守恒。

（C）动能逐渐减小，总机械能不守恒。

（D）势能逐渐增大，总机械能不守恒。

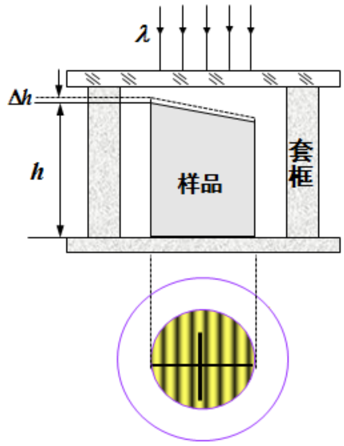
[ ]7. 如图所示，平行光以φ角斜入射到缝间距为d的双缝上，缝S_2后覆盖着一层折射率为n的透明介质膜。若屏幕E的中心O处为零级明纹，则介质膜的厚度l为：



（A）$\dfrac{d\sin\varphi}{n}$　　（B）$\dfrac{d\sin\varphi}{2n}$

（C）$\dfrac{d\sin\varphi}{n-1}$　　（D）$\dfrac{d\sin\varphi}{2(n-1)}$

[ ]8. 右侧为测量样品热膨胀系数的干涉膨胀仪示意简图。用热膨胀系数极小的石英制成套框，框内放置上表面磨成稍微倾斜的样品，框顶放一平板玻璃，这样在玻璃和样品之间构成一空气劈尖。将波长为λ的单色平行光垂直入射劈尖，在反射方向就能观察到干涉条纹。当样品受热膨胀时（设劈尖上表面不动），观察到 N 个条纹移过测微目镜十字叉丝的竖线，由此可算出样品的膨胀量Δh，结合样品的原长和温度的升高量，可求得样品的热膨胀系数。在样品受热过程中，下面的表述正确的是：



（A）条纹向右移动，$\Delta h = N\dfrac{\lambda}{2}$　　（B）条纹向右移动，$\Delta h = N\lambda$

（C）条纹向左移动，$\Delta h = N\dfrac{\lambda}{2}$　　（D）条纹向左移动，$\Delta h = N\lambda$

[ ]9. 某元素的特征光谱中含有波长分别为$\lambda_1 = 450$ nm 和$\lambda_2 = 750$ nm 的光谱线。在光栅光谱中，这两种波长的谱线有重叠现象。则除零级外，重叠处离零级光谱最近的λ_1谱线的级数为：

（A）3　　（B）5　　（C）±3　　（D）±5

[ ]10. 下列各种条件：（1）受激辐射　（2）自发辐射
（3）受激吸收　（4）粒子数反转　（5）光学谐振腔

产生激光必须同时满足的条件是：

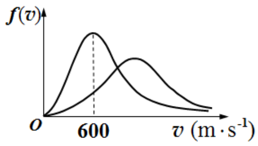
（A）（1），（2），（3）　　（B）（1），（4），（5）

（C）（2），（4），（5）　　（D）（3），（4），（5）

得　分	
评卷人	

二、 填空题（每题 3 分，共 30 分）

1. 右图为同一温度下氢气和氧气的麦克斯韦分子速率分布曲线，则氧气分子的最概然速率为________ $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$。

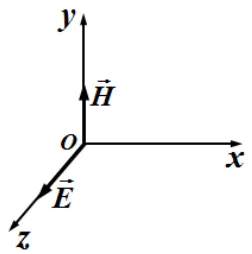


2. 一定质量的理想气体从同一初态开始，分别经历准静态等温压缩过程和准静态绝热压缩过程使其体积都减小相同的量。设在等温压缩过程中气体的压强增加Δp_1，绝热压缩过程中气体的压强增加Δp_2，则Δp_1______Δp_2（请填“>”、“=”或“<”）。

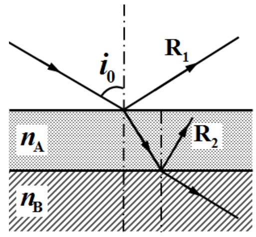
3. 两个同方向、同频率的谐振动，它们的振动表达式分别为：$x_1 = A\cos\omega t$

和 $x_2 = A\cos(\omega t+\varphi_2)$ 。若 $v_2|_{t=0}<0$ ，合振动 x_1+x_2 的振幅也为 A ，则 $\varphi_2=$ ____________。（设 $-\pi<\varphi_2\le\pi$ ）

4. 如图所示，当一列平面电磁波的 $\vec{E}$ 向 z 轴正方向振动时，其 $\vec{H}$ 向 y 轴正方向振动，则该电磁波的传播方向为________________________。



5. 如图所示，自然光从空气连续入射到介质 **A** 和介质 **B** 中，当入射角为 $i_0=60°$ 时，反射光 **R₁** 和 **R₂** 均为振动方向垂直于入射面的线偏振光。则介质 **A** 和介质 **B** 的折射率之比 $\dfrac{n_A}{n_B}=$ _____________。



6. 在双折射现象演示实验中，一束光入射晶体后折射出两束光线，分别称为 **o** 光和 **e** 光。将晶体旋转一周，在观察屏上看到，________光的光斑静止不动，而________光的光斑轨迹为圆。

7. 康普顿散射实验中，单色 **X** 射线被电子散射而改变波长。实验结果表明，波长的改变量与入射波长__________，光子能量的改变量与入射光子的能量_________。（本题两空分别选填“有关”或“无关”）

8. 量子力学通过精确求解薛定谔方程，得到氢原子中电子的角向波函数 $Y_{lm_l}(\theta,\varphi)=\Theta(\theta)\Phi(\varphi)$，其中，$\Phi(\varphi)=Ae^{im_l\varphi}$。则 $A=$ __________。

9. 根据量子力学理论，原子中电子的稳定运动状态由四个量子数 $(n,\ l,\ m_l,\ m_s)$ 表征。对 $(l,\ m_l,\ m_s)$ 状态的电子，其“轨道”角动量与 z 轴正向夹角的余弦值为________，其自旋角动量与 z 轴正向夹角的余弦值为_______或_______。

10. 设实物粒子的质量为 m，速度为 v，考虑下列推导：

由 $E=h\nu=m^2c$ ①　和 $\lambda=\dfrac{h}{mv}$ ②，

得：$\nu\lambda=\dfrac{c^2}{v}$ ③，根据 $\lambda=\dfrac{v}{\nu}$ ④，

得：$v=c$ ⑤。

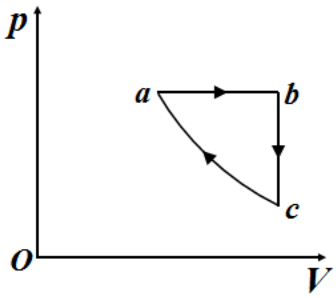
以上推导中正确的式子是________________（填相应式子后的数字序号）。

三、计算题 （每题 10 分，共 40 分）

得　分	
评卷人	

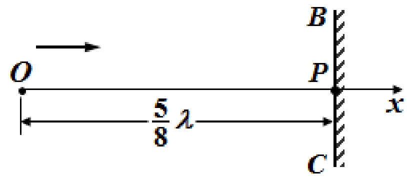
1. 一定量刚性双原子分子理想气体经历如图所示的循环过程，其中 ***ab*** 为等压过程，***bc*** 为等容过程，***ca*** 为等温过程。已知 $V_b = 2V_a$，求此循环的效率。

（注：$\ln 2 = 0.693$, 气体普适常量 $R = 8.31\,\mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$）



得　分	
评卷人	

2. 如图所示，波长为λ的平面简谐波沿 x 轴正向传播，BC 为波密媒质反射面。波由 P 点反射，$\overline{OP}=\frac{5}{8}\lambda$。在 $t=0$ 时，O 处质点的合振动是经过平衡位置向位移负方向运动。设坐标原点在波源 O 处，入射波和反射波的振幅均为 A，频率均为ν。求：（1）波源 O 的初位相；（2）OP 间入射波与反射波合成驻波的波函数；（3）OP 间波节的位置。



得　分	
评卷人	

3. 一缝间距 $d = 0.10$ mm，缝宽 $a = 0.02$ mm 的双缝，用波长 $\lambda = 600$ nm 的平行单色光垂直入射。求：（1）单缝衍射中央主极大的半角宽度；（2）单缝衍射中央主极大内干涉极大的条数；（3）在该双缝的中间再开一条相同的单缝后，单缝衍射中央主极大内干涉极大的条数。

得　分	
评卷人	

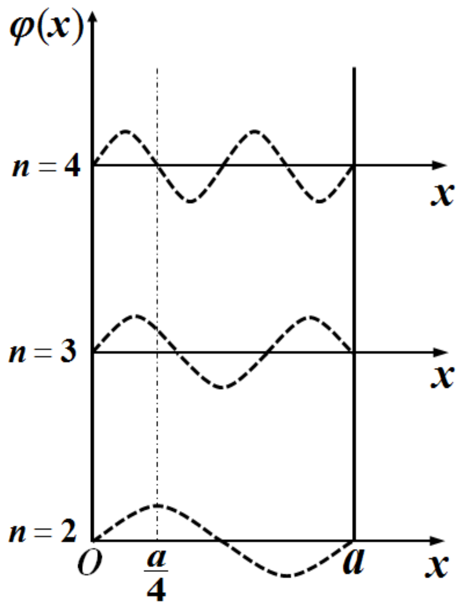
4. 设粒子在一维无限深势阱（$0<x<a$）中运动，能量量子数为 n，阱内区间的波函数为：

$$\varphi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin(\frac{n\pi x}{a}),\qquad n=1,2,3,\cdots\text{。}$$

（1）右图用虚线画出了 $n=2,3,4$ 三个量子态的波函数图形（a 有夸大）。试在图中画出表示这三个状态的粒子在 $0\sim\frac{a}{4}$ 区域内出现的概率的示意图。哪个状态，粒子在该区域内出现的概率最大？

（2）对（1）问中的三个状态，分别判定粒子的物质波波长；

（3）试讨论，n 为何值时，粒子在 $0\sim\frac{a}{4}$ 区域内出现的概率最大。



2017～2018 学年第 1 学期大学物理（二）课程试卷（A 卷）
参考答案（2018.01.14）

一、选择题（每题 3 分，共 30 分）

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	D	B	C	A	C	C	A	D	B

二、填空题（每题 3 分，共 30 分）

1．600 ；

2．$<$ ；

3．$\frac{2\pi}{3}$ ；

4．$-x$ 方向、或 x 轴负方向；

5．$\sqrt{3}$ ；

6．o、e；

7．无关，有关 ；

8．$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}$ ；

9．$\frac{m_l}{\sqrt{l(l+1)}}$ 、$\frac{\sqrt{3}}{3}$、$-\frac{\sqrt{3}}{3}$（二、三空或 $\pm\frac{1}{\sqrt{3}}$，正负顺序先后均可可）

10．①，②，③

三．计算题（每题 10 分，共 40 分）

1．解：设气体的摩尔数为ν，分子的自由度$i=5$，则气体的$C_{V,\mathrm{m}}=\frac{5}{2}R, C_{p,\mathrm{m}}=\frac{7}{2}R$。

对 ab 过程，$T_b=\frac{V_b}{V_a}T_a=2T_a$，其热量：　　1′

$Q_{ab}=\nu C_{p,\mathrm{m}}(T_b-T_a)=\frac{7}{2}\nu RT_a>0$，吸热。　　1′

对 bc 过程，$T_c=T_a$，其热量:

$Q_{bc}=\nu C_{V,\mathrm{m}}(T_c-T_b)=\frac{5}{2}\nu R\times(T_a-T_b)=-\frac{5}{2}\nu RT_a<0$，放热。2′

ca 过程热量：

$Q_{ca}=A_{ca}=\nu RT_a\ln\frac{V_a}{V_c}=-\nu RT_a\ln 2<0$，放热。　　2′

循环的效率为：

$$\eta=1-\frac{\left|Q_{bc}+Q_{ca}\right|}{Q_{ab}}=1-\frac{\frac{5}{2}\nu RT_a+\nu RT_a\ln 2}{\frac{7}{2}\nu RT_a}=\frac{2-2\ln 2}{7}=8.77\%$$

2．解：（1）设波源 O 的初位相为φ，则波源 O 的振动方程为 $y_O = A\cos(2\pi\nu t + \varphi)$ ，

则入射波的波函数为： $y_{入} = A\cos(2\pi\nu t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi)$ 2′

$y_{入}$被波密媒质反射时有半波损失，则反射波的波函数为：

$y_{反} = A\cos\left[2\pi\nu t + \varphi - \frac{2\pi}{\lambda}\left(2\times\frac{5}{8}\lambda - x\right) + \pi\right] = A\cos(2\pi\nu t + \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi + \frac{\pi}{2})$ 。 1′

$y_{合} = y_{入} + y_{反} = 2A\cos(\frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{4})\cos(2\pi\nu t + \varphi + \frac{\pi}{4})$ 。 1′

O 点合成振动方程为：

$y_O = 2A\cos\frac{\pi}{4}\cos(2\pi\nu t + \varphi + \frac{\pi}{4}) = \sqrt{2}A\cos(2\pi\nu t + \varphi + \frac{\pi}{4})$ 。

由已知条件得 O 点的合成振动初相为$\frac{\pi}{2}$， 1′

即：$\varphi + \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$，得：波源 O 的初位相为：$\varphi = \frac{\pi}{4}$。 2′

所以，合成驻波的波函数为： $y_{合} = 2A\cos(\frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{4})\cos(2\pi\nu t + \frac{\pi}{2})$ 。 1′

（2）对波节：$\left|2A\cos(\frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{4})\right| = 0$，

得 OP 间波节的位置为： $x = \frac{1}{8}\lambda,\ \frac{5}{8}\lambda$ 。 2′

注：（1）反射波波函数也可表为： $y_{反} = A\cos(2\pi\nu t + \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi - \frac{3\pi}{2})$ ，此时：

$y_{合} = 2A\cos(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{3\pi}{4})\cos(2\pi\nu t + \varphi - \frac{3\pi}{4})$ ，

$y_O = 2A\cos(-\frac{3\pi}{4})\cos(2\pi\nu t + \varphi - \frac{3\pi}{4}) = \sqrt{2}A\cos(2\pi\nu t + \varphi + \frac{\pi}{4})$

（2）波节点的坐标也可基于 P 点为波节推断。

3．解：（1） $\Delta\theta = \frac{\lambda}{a} = 3\times 10^{-2}\,\mathrm{rad}$ **3′**

（2） $\frac{d}{a} = \frac{0.10}{0.02} = 5$ **1′**

单缝衍射中央主极大内干涉极大的最高级次为 **4** 级， **1′**

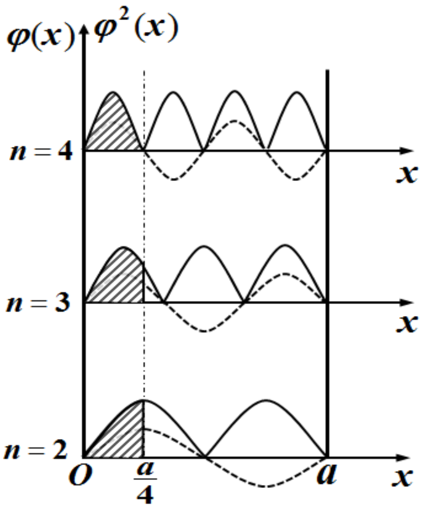
所以单缝衍射中央主极大内共有 **9** 条干涉极大。 **1′**

（3）此时： $\frac{d}{a} = \frac{0.05}{0.02} = \frac{5}{2}$ **1′**

单缝衍射中央主极大内干涉极大的最高级次为 **2** 级， **2′**

所以单缝衍射中央主极大内共有 **5** 条干涉极大。 **1′**

4．解：（1）



定性示意图，①纵坐标标注 $\varphi^2(x)$ 或 $|\varphi(x)|^2$；②$\varphi^2(x)$ 曲线正确；③能反映用区间曲线下面积表示概率。 $3'$

$n=3$ 概率最大。 $1'$

（2）由波函数图形或由定态驻波条件：$a=n\frac{\lambda}{2}$， $n=1,2,3\cdots$ ，得：

$\lambda_2=a$; $\lambda_3=\frac{2a}{3}$; $\lambda_4=\frac{a}{2}$。 $3'$

（3）对任意 n 状态，粒子出现在 $0<x<\frac{a}{4}$ 内的概率为：

$$P=\int_0^{\frac{a}{4}}|\varphi(x)|^2\mathrm{d}x=\frac{1}{4}-\frac{1}{2n\pi}\sin\frac{n\pi}{2}$$ $2'$

要使此概率最大，只需确定对应 $\sin\frac{n\pi}{2}=-1$ 的最小的 n。

当 n 为偶数时，$\sin\frac{n\pi}{2}=0$；当 $n=1,5,9,\cdots$ 时，$\sin\frac{n\pi}{2}=1$；当 $n=3,7,11,\cdots$ 时，$\sin\frac{n\pi}{2}=-1$。因此，当 n=3 时概率最大，其值为 $P=\frac{1}{4}+\frac{1}{6\pi}\approx 0.3$。 $1'$