大学物理 A Ⅰ 试题答案（2021 年 6 月 23 日）

一、选择题 (共 24 分　每题 3 分)

1. C；　2. B；　3. A；　4. C；　5. D；　6. B；　7. D；　8. D

二、填空题 (共 30 分)

9. (3 分) $\frac{3}{8}g$　　10. (4 分) $\frac{3g}{4}$，$\frac{Mg}{4}$　　11. (3 分) $\frac{6v}{7l}$

12. (4 分) $\dfrac{\int_0^{v_p} vf(v)\mathrm{d}v}{\int_0^{v_p} f(v)\mathrm{d}v}$，　$2M_{\mathrm{mol}}\int_0^{\infty} v^2 f(v)\mathrm{d}v$

13. 17.2 或 1000/(7R)（2 分），0（1 分）　　14. -1.84×10^3（2 分），0（1 分）

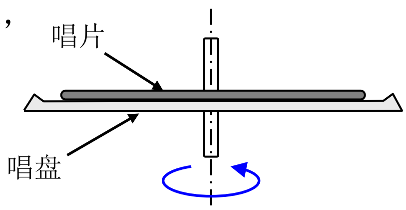
15. 1（2 分），0、35/3、30（2 分，仅答 35/3 给 1 分，答两个数值给 1 分）

16. 5（2 分），减少（1 分）　　17. 2（1 分），0.25（2 分）

三、计算题 (共 46 分)

18.（10 分）**解**　(1) 在唱片上取 r - r+dr 的圆环面积元 dm，

$$\mathrm{d}m = 2m\pi r\,\mathrm{d}r/(\pi R^2)$$



该面元所受摩擦力 F_f 对转轴的力矩为

$$\mathrm{d}M = rF_f = \mu_k\, r\mathrm{d}mg = 2\mu_K mgr^2\,\mathrm{d}r/R^2$$

唱片上各质元所受的力矩方向相同，所以整个唱片受到的摩擦力矩的大小为

$$M = \int \mathrm{d}M = \frac{2\mu_k mg}{R^2}\int_0^R r^2\mathrm{d}r = \frac{2}{3}\mu_k mgR$$　3 分

(2) 唱片受到摩擦力矩作用，做匀角加速转动，角速度增大，直至达到转盘的角速度为止。这段时间内，其角加速度的值由转动定律求得

$$\alpha = \frac{M}{J} = \frac{\frac{2}{3}\mu_k mgR}{\frac{1}{2}mR^2} = \frac{4\mu_k g}{3R}$$　2 分

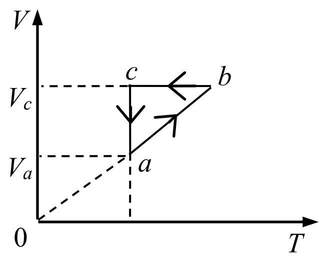
唱片达到角速度ω 需要的时间为　$t = \dfrac{\omega}{\alpha} = \dfrac{3R\omega}{4\mu_k g}$　1 分

转盘保持角速度ω 不变，驱动力矩的功为

$$W = M\cdot\Delta\theta = M\cdot\omega t = \frac{2}{3}\mu_k mgR\cdot\omega\cdot\frac{3R\omega}{4\mu_k g} = \frac{1}{2}mR^2\omega^2$$　2 分

唱片获得的动能为 $E_k=\frac{1}{2}J\omega^2=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}mR^2\right)\omega^2=\frac{1}{4}mR^2\omega^2$ 2 分

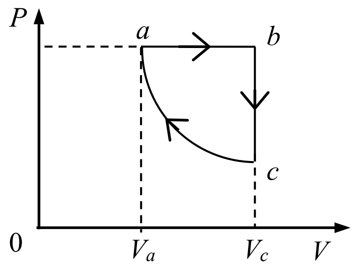
19.（10 分）如图所示是某理想气体循环过程的 V–T 图。已知该气体的定压摩尔热容 $C_{P,\,m}=2.5R$，定体摩尔热容 $C_{V,\,m}=1.5R$，$V_c=2V_a$，且 ab 延长线通过原点 0。



（1）画出气体循环过程的 P–V 图；

（2）求循环过程的循环效率。

解：（1） 对应 P–V 图： 3 分



（2）从 P–V 图中可知，ab 为等压膨胀，是吸热过程；bc 为等体降压，是放热过程；ca 为等温压缩，是放热过程。

吸热：$Q_1=\frac{m}{M}C_{P,m}(T_b-T_a)$ 2 分

放热：$Q_2=\frac{m}{M}C_{V,m}(T_b-T_c)+\frac{m}{M}RT_a\ln(V_c/V_a)$ 3 分

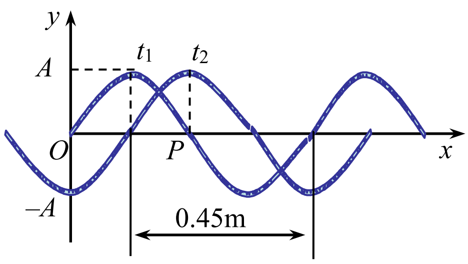
因为：$T_a=T_c$，$V_c=2V_a$，所以：$T_a=T_b/2$

故循环效率为：$\eta=1-Q_2/Q_1=1-(C_{V,\,m}T_a+RT_a\ln2)/(C_{P,\,m}T_a)=12.3\%$ 2 分

20.（10 分）一列沿 x 轴正方向传播的平面简谐波在 t_1=0 和 t_2=0.25s 时刻的波形曲线如图所示（此间波向前传播了不到一个波长的距离）。求：

（1）P 处质元的振动方程；

（2）该简谐波的波函数。



解：（1）图中可知 $\frac{3\lambda}{4}=0.45\,\text{m}$ 则 $\lambda=0.6\,\text{m}$。

在 $\Delta t=t_2-t_1=0.25\,\text{s}$ 内，波形移动了

$\Delta x=\lambda/4=0.15\text{m}$

波速 $u=\frac{\Delta x}{\Delta t}=0.6\text{m/s}$，周期 $T=\frac{\lambda}{u}=1\text{s}$，角频率 $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi\ \text{rad/s}$。 2 分

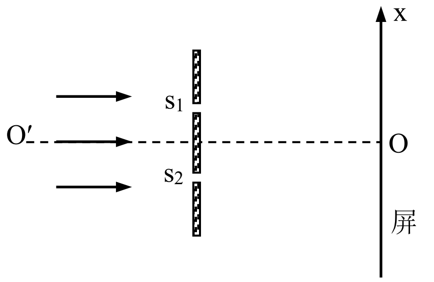
由 t_1=0 时波形曲线，可得 P 点质元处振动初相 $\varphi_P=-\frac{\pi}{2}$ 1 分

P 点质元处振动表达式 $y_P=A\cos\left(2\pi t-\frac{\pi}{2}\right)$（SI） 2 分

（2）由 t_1=0 时波形曲线，可得 O 点质元处振动初相 $\varphi_O=\dfrac{\pi}{2}$ 1 分

波函数 $y=A\cos\left[2\pi\left(t-\dfrac{x}{0.6}\right)+\dfrac{\pi}{2}\right]$（SI）。 4 分

21.（10 分）波长 λ=6000Å 单色平行光垂直照射在双缝上，如图所示，s_1、s_2 双缝到 OO′连线的距离均为 d=1.5mm，双缝至屏的距离 D=2m，缝宽比 d 小得多。求：



（1）如果上缝 s_1 处覆盖一厚度为 5×10^{-6}m，折射率为 n 的薄膜，则条纹向什么方向移动？若发现第 5 级明条纹恰好移到 O 点处，薄膜的折射率是多少？

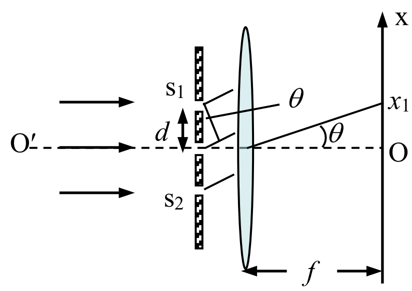
（2）若在双缝后放置一主光轴与 OO′连线重合的薄透镜，并在 s_1、s_2 中间开一条同样的狭缝，透镜焦距 f=1.5m，求位于透镜焦平面的屏上离中央 O 点最近的第一个极小的 x 坐标（只写出正值）。

解：（1）插入薄片后，条纹向上移动 2 分

引起光程差改变 $(n-1)e$， 故有 $(n-1)e=5\lambda$ ∴ $n=1+5\lambda/e=1.6$ 3 分

（2）x_1 点处相邻狭缝的光程差为

$$\delta=d\cdot\sin\theta\approx d\cdot\frac{x_1}{f}$$

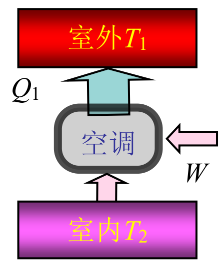


对应的相位差为 $\Delta\varphi=\dfrac{2\pi}{\lambda}\cdot\dfrac{d}{f}\cdot x_1$ 2 分

将三个狭缝发出的光看成三个振幅矢量，在 x_1 处为第一极小时，$\Delta\varphi=\dfrac{2\pi}{3}$ 2 分

$$\therefore x_1=\frac{\lambda f}{3d}=\frac{6000\times10^{-7}\times1.5\times10^{3}}{3\times1.5}=0.2[\text{mm}]$$ 1 分

22.（6 分）房间内有一按可逆卡诺循环工作的空调机，在连续工作时，每秒对该机作 W 焦耳的功。夏天该机从室内吸热释放至室外以降低室温。已知当室内、室外的温差为 ΔT 时，每秒由室外漏入室内的热量 $Q=A\Delta T$，A 为一常数。设室外的温度恒定为 T_1，夏天该机连续工作时，室内能维持的稳定温度 T_2 为何值？



解：由卡诺循环热温比 $\dfrac{Q_1}{T_1}=\dfrac{Q_2}{T_2}$ 2 分

空调机每秒吸热为 $Q_2=Q=A(T_1-T_2)$ 1 分

根据能量关系有 $Q_1=Q_2+W=A(T_1-T_2)+W$ 2 分

$$\therefore T_2 = T_1 + \frac{W}{2A} - \sqrt{\frac{W}{A}T_1 + \left(\frac{W}{2A}\right)^2}$$ 1 分