华中农业大学本科课程考试参考答案

考试课程与试卷类型：**大学物理学 A（A 卷）**　　　姓名：

学年学期：2019-2020-2　　　　　　　　　　　学号：

考试时间：2020-06-30　15:00-17:00　　　　　班级：

一、判断题（判断下列表述，正确的在答题纸上相应位置把 T 涂黑，错误的在答题纸上相应位置把 F 涂黑，每小题 2 分，共 10 分.）

T　F　T　F　T

二、单项选择题（从下列各题四个备选答案中选出一个正确答案，并将其代号在答题卡上相应的位置涂黑，每小题 3 分，共 30 分.）

D A C B C　C B D A D

三、计算题（将解答过程填写在答题纸上相应位置，四小题，每题 12 分，共 48 分.）

1. 解：（1）　热机效率 $\eta = 1 - \dfrac{Q_2}{Q_1} = 1 - \dfrac{3.9\times10^3}{4.5\times10^3} = 13.3\%$.　　（ 2 分 ）

工作在同样的高、低温热源间的卡诺热机的效率为 $\eta_C = 1 - \dfrac{T_2}{T_1} = 1 - \dfrac{300}{500} = 40\%$　（ 2 分 ）

因为 $\eta < \eta_C$，由卡诺定理可知该热机为不可逆热机.　　（ 2 分 ）

（2）工作物质经历一次循环过程，从初态出发又回到初态，因此熵变为零（熵是状态量）$\Delta S_{工质} = 0$. 高、低温热源的熵变分别为

$$\Delta S_1 = -\frac{Q_1}{T_1} = -\frac{4.5\times10^3}{500} = -9\ \mathrm{J\cdot K^{-1}},\qquad \Delta S_2 = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{3.9\times10^3}{300} = 13\ \mathrm{J\cdot K^{-1}}$$　（ 2 分 ）

工作物质、两热源的总熵变 $\Delta S = \Delta S_{工质} + \Delta S_1 + \Delta S_2 = 4\ \mathrm{J\cdot K^{-1}}$　　（ 2 分 ）

（3）工作在两个恒温热源之间的热机以卡诺热机效率为最高，因此做功最大值为

$$A_{\max} = Q_1\eta_C = 4.5\times10^3 \times 40\% = 1.8\times10^3\ \mathrm{J}$$　（ 2 分 ）

2. 解：（1）电荷、电场具有球对称性，选取同心球面为高斯面，利用高斯定理求电场强度：$\oiint_S \boldsymbol{E}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum_{S内}q$　（ 2 分 ）

当 $r<R$ 时，$E_1=0$　（ 1 分 ）

当 $R<r<2R$ 时，$E_2 4\pi r^2=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\rho\dfrac{4\pi}{3}\left(r^3-R^3\right)\quad\Rightarrow E_2=\dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(r-\dfrac{R^3}{r^2}\right)$　（ 2 分 ）

当 $r>2R$ 时，$E_3 4\pi r^2=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\rho\dfrac{4\pi}{3}\left[\left(2R\right)^3-R^3\right]\quad\Rightarrow E_3=\dfrac{7\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}$　（ 2 分 ）

（2）可由电势定义式求电势（电势叠加原理也可，对照给分）

当 $R<r<2R$ 时，$U_2=\int_r^{\infty}E\mathrm{d}r=\int_r^{2R}E_2\mathrm{d}r+\int_{2R}^{\infty}E_3\mathrm{d}r=\int_r^{2R}\dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(r-\dfrac{R^3}{r^2}\right)\mathrm{d}r+\int_{2R}^{\infty}\dfrac{7\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r$

$$=\frac{2\rho R^2}{\varepsilon_0}-\frac{\rho r^2}{6\varepsilon_0}-\frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r}=\frac{\rho}{6\varepsilon_0}\left(12R^2-r^2-\frac{2R^3}{r}\right)$$　（ 2 分 ）

当 $r<R$ 时，$U_1=U_2\big|_{r=R}=\dfrac{3\rho R^2}{2\varepsilon_0}$，该区域电势为恒量.　（ 1 分 ）

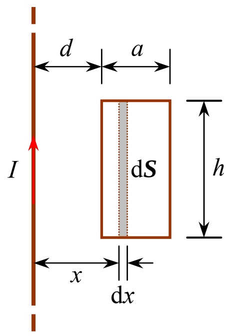
当 $r>2R$ 时，$U_3=\int_r^{\infty}E\mathrm{d}r=\int_r^{\infty}E_3\mathrm{d}r=\int_r^{\infty}\dfrac{7\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r=\dfrac{7\rho R^3}{3\varepsilon_0 r}$　（ 2 分 ）

3. 解：（1）长直导线中的电流在其周围产生的磁感应强度分布。

$$\oint_L \boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\mu_0\sum_{(L内)}I_i$$　（ 1 分 ）

设安培环路与 B 重合且同向：$\oint_L \boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\oint_L B\mathrm{d}l=B2\pi x$　（ 1 分 ）

$\mu_0\sum_{(L内)}I_i=\mu_0 I$，$B2\pi x=\mu_0 I$　（ 1 分 ）



$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi x}$　（ 1 分 ）

（2）任意时刻 t，长直导线中的电流在矩形线圈中产生的磁通量。

$\mathrm{d}\Phi=\boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi x}h\mathrm{d}x$　（ 2 分 ）

$\Phi=\int_S\mathrm{d}\Phi=\int_d^{d+a}\dfrac{\mu_0 I}{2\pi x}h\mathrm{d}x=\dfrac{\mu_0 hI}{2\pi}\ln\dfrac{d+a}{d}$　（ 2 分 ）

（3）任意时刻 t，长直导线中的电流在矩形线圈中的产生的感应电动势 $\mathscr{E}_{\mathrm{i}}$。

$$\mathscr{E}_{\mathrm{i}}=-N\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=-N\frac{\mu_0 h}{2\pi}\left(\ln\frac{d+a}{d}\right)\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$ （ 2 分 ）

$$=-N\frac{\mu_0 h I_0\omega}{2\pi}\left(\ln\frac{d+a}{d}\right)\cos\omega t$$ （ 2 分 ）

4.解：

透射光干涉加强，则反射光干涉减弱，仅介质膜上表面有半波损失：

$$\delta=2n_1e+\frac{\lambda}{2}=(2k+1)\frac{\lambda}{2}$$ （ 4 分 ）

化简得： $$e=\frac{k\lambda}{2n_1}$$ （ 4 分 ）

$k=0$时，得$e=0$舍去

$k=1$时，得最小厚度： $$e=\frac{\lambda}{2n_1}=\frac{550}{2\times1.6}\,\mathrm{nm}\approx172\,\mathrm{nm}$$ （ 4 分 ）

四、简答题（将解答过程填写在答题纸上相应位置，两小题，每题 6 分，共 12 分. ）

1. 答：（1）违反热力学第一定律. 假设气体经历$A\to B$的绝热过程，即$Q=0$. 由于A、B温度相等，因此内能增量$\Delta U=0$. 从p-V图中看，$A\to B$过程体积膨胀，气体做功$A>0$，另一方面，由热力学第一定律$A=Q-\Delta U=0$，矛盾，因此这幅图违反了热力学第一定律.（3 分）

（2）违反热力学第二定律. 考虑$A\to B$（等温）、$B\to A$（绝热）所围成的正循环过程. 此循环在等温过程中吸热，而内能增量为零，因此对外做功就等于吸热量. 这就是一个从单一热源吸热使之全部转化为功，而不引起其它任何变化的例子. 因此这幅图违反了热力学第二定律. （3 分）

2．答：

全电流的安培环路定理：磁常强度$\boldsymbol{H}$沿任一闭合曲线$\boldsymbol{L}$的线积分，等于穿过$\boldsymbol{L}$为边界的任意曲面的全电流。

$$\oint_L\boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=I=(I_{\mathrm{c}}+I_{\mathrm{d}})=\int_{S_1}(\boldsymbol{j}_{\mathrm{c}}+\frac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t})\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}$$ （2 分）

在平板电容器内仅有位移电流，以电容器极板轴线为中心、以r为半径构造一安培环路$\boldsymbol{L}$。穿过$\boldsymbol{L}$的位移电流与r平方成正比，$\boldsymbol{L}$长度与r成正比，所以$\boldsymbol{H}$与r成正比。即越靠近轴线中心越弱。（2 分）

忽略电容器外面的磁场，在直导线附近无位移电流。以直导线为中心，以 r 为半径构造一安培环路 $\boldsymbol{L}$。穿过 $\boldsymbol{L}$ 的电流与 r 无关，恒等于直导线中的总电流，$\boldsymbol{L}$ 长度与 r 成正比，所以 $\boldsymbol{H}$ 与 r 成反比。即越靠近直导线越强。（2 分）