考场________ 姓名________ 准考证号________ 所在学校________

*************密*************封*************线*************

考生类别____________

第 26 届全国部分地区大学生物理竞赛试卷

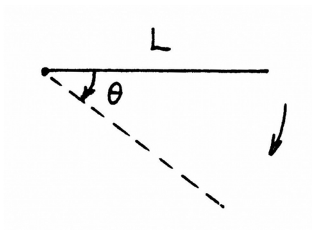
北京物理学会编印　　　　　　2009.12.6

题号	一	二			
	1～10	11	12	13	14
分数					
阅卷人					

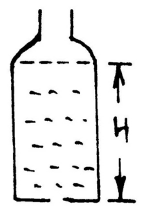
题号	三			总分
	15	16	17	
分数				
阅卷人				

答题说明：前 14 题是必做题，满分是 120 分；文管组和农林医组只做必做题；除必做题外，非物理 B 组限做 15 题，满分 140 分；非物理 A 组限做 15、16 题，满分 160 分；物理组限做 15、17 题，满分 160 分。请同学们自觉填上与准考证上一致的考生类别，若两者不符，按废卷处理，请各组考生按上述要求做题，多做者不加分，少做者按规定扣分。

一、填空题（必做，共 10 题，每题 2 空，每空 3 分，共 60 分）



1. 体操运动员手握单杠旋转时，将其简单地模型化为长 L 的均匀细杆。某时刻运动员处于右图所示的水平静止状态，而后沿顺时针方向自由地朝下旋转，当转角达到图中虚线所示的锐角 θ 时，旋转角速度 ω=______________，旋转角加速度 β=______________。

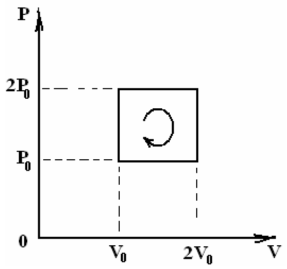


2. 如右图所示，底部开有小孔的瓶内盛水高度为 H，静止直立时，小孔流速 υ_1 =____________。若改为用右手拇指堵住底部小孔，其余四指捏住瓶体，使其仍处于静止直立状态，而后右手将瓶子竖直向上抛出，略去空气阻力，此时小孔流速 υ_2 =____________。

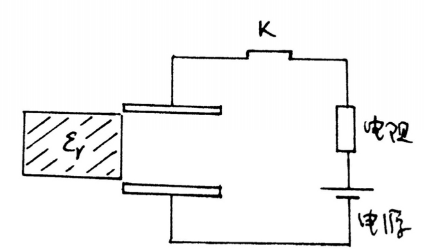
3. 在 x 轴上传播的三列纵波 $\xi_1=A_0\cos(\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}x)$ 、 $\xi_2=A_0\cos(\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}x+\frac{\pi}{2})$ 和 $\xi_3=\sqrt{2}A_0\cos(\omega t+\frac{2\pi}{\lambda}x+\frac{\pi}{4})$，合成的驻波可表述成 $\xi=\xi_1+\xi_2+\xi_3=$________________，x =________________处均为驻波的波腹点。

4. 将 0ºC 时空气中氧分子热运动平均速率记为 υ_0，则 27ºC 时空气中氧分子热运动平均速率为__________υ_0，27ºC 时空气中氢分子热运动平均速率为__________υ_0。

5. 单原子分子理想气体热循环过程如右图所示，其效率 η =____________。工作于该循环过程所经历的最高温度热源与最低温度热源之间的可逆卡诺循环效率 $\eta_{卡}$ =____________。

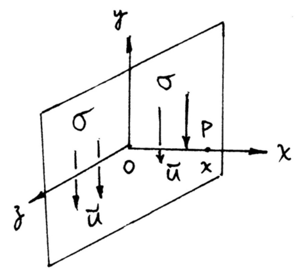


6. 右图中平行板空气电容器已被直流电源充电到稳定状态，电容器储存的静电能记为 W_0。（1）不断开直流电源，通过外力让相对介电常数为 ε_r 的介质块从图示位置缓慢地全部进入电容器内，恰好填满两极板所夹空间，该过程中外力做功量 A_1= ____________W_0。



（2）若通过图中电键 K 先将直流电源断开，再通过外力让相对介电常数为 ε_r 的介质块从图示位置缓慢地全部进入电容器内，该过程中外力做功量 A_2=____________W_0。

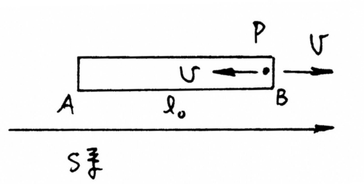
7. 如图所示，无穷大均匀带电平面上的电荷面密度为 σ，以平面上某点 O 为原点设置 O-xyz 坐标系，其中 x 轴与带电平面垂直，x 轴上 P 点的坐标 $x > 0$。令平面上的电荷一致地沿着 y 轴负方向匀速运动，速度大小为 u，将 x、y 和 z 轴的方向矢量记为 $\vec{i}$ 、$\vec{j}$ 和 $\vec{k}$，那么 P 点电场强度 $\vec{E}=$______________，P 点磁感应强度 $\vec{B}=$______________。



8. 记真空中的光速为 c，则光波在折射率 $n = 1.50$ 的介质中传播的速度为____________c，光子在该介质中运动的速率为____________c。

9. 一肥皂膜的厚度为 $0.550\mu\text{m}$，折射率为 1.35。白光（波长范围为 400~700nm）垂直照射在该肥皂膜上，则反射光中波长为____________的光干涉增强，波长为____________的光干涉相消。

10. 如图所示，静长 l_0 的空心管 AB 相对惯性系 S 以恒定的速度 υ 沿着 AB 长度方向高速运动。管内有一微观粒子 P，在 S 系的 $t = 0$ 时刻从 B 壁内侧朝着 A 壁高速运动，相对 AB 管的速度大小也为 υ，S 系测得 t_1=_____________时刻 P 到达 A 壁。设 P 与 A 壁弹性碰撞，S 系又可测得 t_2=_____________时刻 P 回到 B 壁。



二、计算题（必做，共 4 题，每题 15 分，共 60 分）

11. （**15 分**）每边长 76cm 的密封均匀正方形导热细管按图 1 所示直立在水平地面上，稳定后，充满上方 AB 管内气体的压强 P_{AB}=76cmHg，两侧 BC 管和 AD 管内充满水银，此时下方 DC 管内也充满了该种气体。不改变环境温度，将正方形细管按图 2 所示倒立放置，稳定后试求 AB 管内气体柱的长度 l_{AB}。（用计算器作数值近似计算，给出 3 位有效数字答案。）

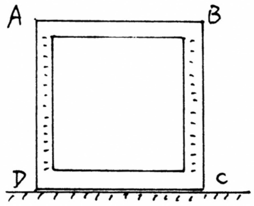


图1.

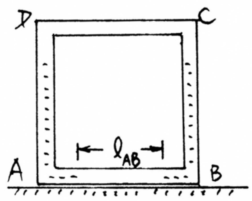
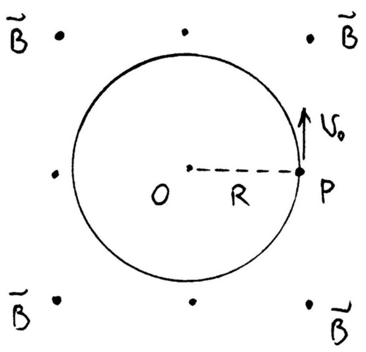


图2.

12. （**15 分**）右图所在平面为某惯性系中无重力的空间平面，O 处固定着一个带负电的点电荷，空间有垂直于图平面朝外的匀强磁场$\overline{B}$。荷质比为 γ 的带正电粒子 P，恰好能以速度 v_0沿着逆时针方向绕着 O 点作半径为 R 的匀速圆周运动。



（1）将 O 处负电荷电量记为−Q，试求 Q；

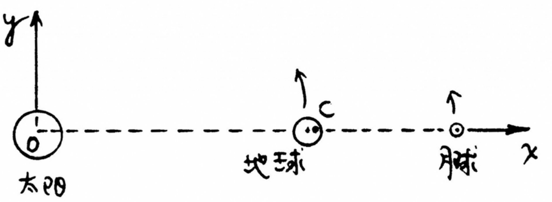
（2）将磁场$\overline{B}$撤去，P 将绕 O 作椭圆运动，设在图示位置的初速度也为 v_0，试求 P 在椭圆四个顶点处的速度大小。（本小问最后答案不可出现 Q 量。）

13. （**15 分**）地球质量 $\mathrm{M}=5.98\times10^{24}\,\mathrm{kg}$，月球质量 $m=7.3\times10^{22}\,\mathrm{kg}$，月球中心与地球中心相距 $r_0=3.84\times10^{8}\,\mathrm{m}$，万有引力常量 $\mathrm{G}=6.67\times10^{-11}\,\mathrm{m^3/kg\cdot s^2}$。

（1）只考虑地球和月球之间的万有引力，试求月球中心绕地—月系统质心作圆周运动的周期（这也是月球中心绕地球中心作圆周运动的周期）$\mathrm{T_0}$。（答案以“天”为单位。）

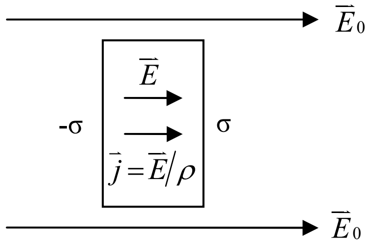
（2）将中国农历一个月的平均时间记为 $\overline{\mathrm{T}}$（以“天”为单位），造成 $\mathrm{T_0}$ 与 $\overline{\mathrm{T}}$ 之间差异的主要原因是什么？

（3）已知月球绕地球运动的轨道平面与地球绕太阳运动的轨道平面几乎重合，下图中统一地用 o-*xy* 坐标平面表示。某时刻太阳、地球、月球在 o-*xy* 平面上的位置以及地球绕太阳运动方向和月球绕地球运动方向如图所示。试在 o-*xy* 平面上画出经过 $\mathrm{T_0}$ 时间，太阳、地球、月亮的位置；再画出经过 $\overline{\mathrm{T}}$ 时间，太阳、地球、月亮的位置。



（4）计算中国农历一个月的平均时间 $\overline{\mathrm{T}}$。（答案以“天”为单位。）

14. （**15 分**）导体内存在电场时就会有传导电流，电流密度$\bar{j}$与电场强度$\bar{\mathrm{E}}$之间的关系为$\bar{j}=\bar{\mathrm{E}}/\rho$，其中$\rho$为导体电阻率。取一块电阻率为常量$\rho$的长方形导体块，静止放置，开始时处处无净电荷。



（1）$t=0$开始，沿导体块长度方向建立匀强电场$\bar{\mathrm{E}}_0$，导体内即产生传导电流，左、右两端面便会积累电荷，电荷面密度分别记为$-\sigma$、σ，如右图所示。试求σ随t变化的关系和图示方向电流密度j随t变化的关系。

（2）将（1）中的电场$\bar{\mathrm{E}}_0$改取为沿导体长度方向的交变电场$\bar{\mathrm{E}}_0\cos\omega t$，其中$\omega$为正的常量。

（2.1）试求$\sigma\sim t$和$j\sim t$；

（2.2）将$t\Rightarrow\infty$时的$j\sim t$表述成$j=j_0\cos(\omega t+\phi)$，试求j_0和$\tan\phi$。

[数学参考知识：

（a）　微分方程$y'(x)+\mathrm{P}(x)y(x)=\mathrm{Q}(x)$

的通解为$y(x)=e^{-\int \mathrm{P}dx}\left(\int \mathrm{Q}e^{\int \mathrm{P}dx}dx+\mathrm{C}\right)$

（b）　不定积分公式$\int\cos \mathrm{A}x e^{\mathrm{B}x}dx=\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2}\left(\cos\mathrm{A}x+\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{B}}\sin\mathrm{A}x\right)e^{\mathrm{B}x}+\mathrm{C}$　]

所在学校________ 准考证号________ 姓名________ 考场________

*************密*************封*************线*************

三．计算题（**每题 20 分。文管组和农林医组不做；非物理 B 组限做第 15 题；非物理 A 组限做第 15、16 题；物理组限做第 15、17 题**）

15.（**20 分，文管组和农林医组不做，其他组必做**）

静止于太空惯性系 S 的飞船，主体（不包含燃料）质量为 M_0，携带的燃料质量为 M_R，某时刻发动机点火使飞船开始沿直线方向朝前加速运动。已知单位时间燃烧的燃料质量为 m_0，燃料全部生成物的喷射速度（生成物相对飞船的朝后速度）为常量 u，在一直到燃料烧尽的全过程中，试求：

（1）飞船加速度的最小值 $a_{\min}$ 和最大值 $a_{\max}$；

（2）飞船末速度 v_e；

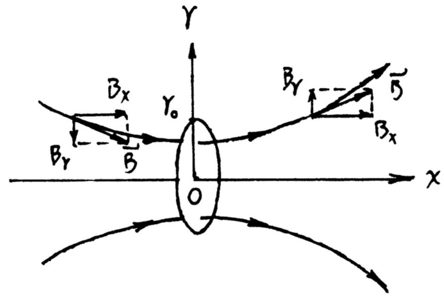
（3）初始时刻飞船发动机提供的功率（单位时间燃料在燃烧过程中释放的内能，也就是单位时间内系统动能的增量）P_i 和全过程时间内的平均功率 $\overline{P}$；

（4）发射效率（飞船最终获得的动能占发动机释放的全部燃料内能之比）η；

（5）$\alpha = M_R/M_0$ 为何值（给出 1 位有效数字）时，η 取极大值。

16. （**20 分，非物理 A 组必做，其他组不做**）

在所讨论的空间范围内，磁场$\overline{\mathrm{B}}$相对 x 轴对称分布。引入正的常量α、β和B_0，磁场$\overline{\mathrm{B}}$的轴向分量B_x和径向分量B_r分别为



$$\left.\begin{array}{lll} B_x=(1-\alpha x)B_0, & B_r=\beta r B_0, & :\dfrac{1}{\alpha}>x>0 \\ B_x=B_0, & B_r=0 & :x=0 \\ B_x=(1+\alpha x)B_0, & B_r=-\beta r B_0, & :0>x>-\dfrac{1}{\alpha} \end{array}\right\} B_0=10^{-2}\,\mathrm{T}$$

质量$m=5.0\times10^{-2}\,\mathrm{g}$、半径$r_0=0.5\mathrm{cm}$，电感$\mathrm{L}=1.3\times10^{-8}\,\mathrm{H}$的均匀超导（零电阻）圆环，开始时环内无电流，如图放置，环心位于 $x=0$ 点，过其中心并与环面垂直的轴沿 x 轴正向。设 $t=0$ 时刻，环具有沿 x 轴方向的平动速度$\upsilon_0=50\mathrm{cm/s}$。

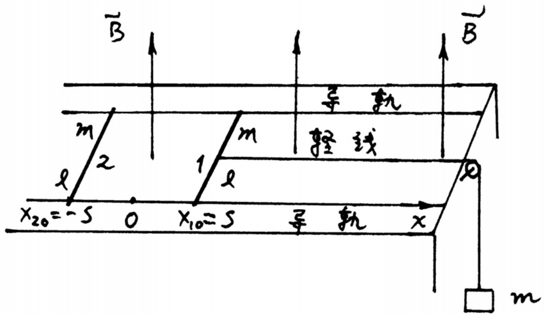
（1） 已知 $\alpha=16\mathrm{m}^{-1}$，求 β;

（2） 定量确定在上述 α 取值情况下环沿 x 轴的运动的范围。

考场________ 姓名________ 准考证号________ 所在学校________

****************密****************封****************线****************

17. （**20 分，物理组必做，其他组不做**）



如图所示，水平桌面上有两根间距为 l、电阻可略的固定平行金属长导轨，其间横放着长度同为 l、质量同为 m、电阻可忽略的金属棒 1、2，两棒可在导轨上无摩擦地左、右滑动。开始时棒 1 静止在右侧，棒 2 静止在左侧，其间相距 2S。棒 1 中点连接一根与导轨平行放置的轻线，线的另一端跨过光滑的轻滑轮，在长桌外侧悬挂一个质量为 m 的小物块。设空间有磁感应强度为 $\overline{\mathrm{B}}$ 的竖直向上匀强磁场，棒 1、2 与其间两段导轨形成闭合回路，其自感系数为 L，且设回路面积变化对 L 的影响可忽略。

沿导轨设置自左向右的 x 坐标，使棒的初始位置分别为 $x_{10}=\mathrm{S}$、$x_{20}=-\mathrm{S}$。$t=0$ 时刻将系统自由释放，在棒 1 到达长桌右侧之前的时间段内，试求棒 1 的位置 x_1 随时间 t 变化的关系。