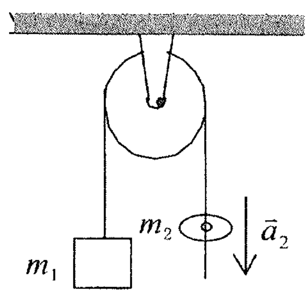
班级　　　　　　学号　　　　　　姓名　　　　　　**A**

注：试题含答题纸共 6 页，满分 100 分

一、 选择题（将正确答案的字母填写在答题纸的相应位置，每小题 3 分，共 30 分）

1. 一条轻绳跨过一轻滑轮(滑轮与轴间摩擦可忽略)，在绳的一端挂一质量为 m_1 的物体，在另一侧有一质量为 m_2 的环，当环相对于绳以恒定的加速度 a_2 沿绳向下滑动时，环与绳间的摩擦力为：



(A) $\dfrac{(2g-a_2)m_1m_2}{m_1+m_2}$.　　(B) $\dfrac{(2g-a_2)m_1m_2}{m_1-m_2}$.

(C) $\dfrac{(2g+a_2)m_1m_2}{m_1+m_2}$.　　(D) $\dfrac{(2g+a_2)m_1m_2}{m_1-m_2}$.

[　　]

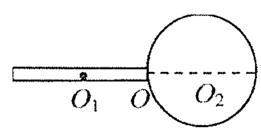
2. 对于一个物体系来说，在下列的哪种情况下系统的机械能守恒：

(A) 合外力为 0.　　(B) 合外力不作功.

(C) 外力和非保守内力都不作功.　　(D) 外力和保守内力都不作功.

[　　]

3. 一刚体由匀质细杆和匀质球体两部分构成，杆在球体直径的延长线上，如图所示. 球体的半径为 R，杆长为 $2R$，杆和球体的质量均为 m. 若杆对通过其中点 O_1，与杆垂直的轴的转动惯量为 J_1，球体对通过球心 O_2 的转动惯量为 J_2，则整个刚体对通过杆与球体的固结点 O 且与杆垂直的轴的转动惯量为：

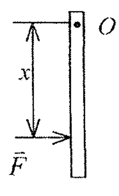


(A) $J=J_1+J_2$.　　(B) $J=(J_1+mR^2)+(J_2+mR^2)$.

(C) $J=mR^2+mR^2$.　　(D) $J=[J_1+m(2R)^2]+[J_2+m(2R)^2]$.

[　　]

4. 如图所示，将一根质量为 m、长为 l 的均匀细杆悬挂于通过其一端的固定光滑水平轴 O 上. 今在悬点下方距离 x 处施以水平冲力 $\vec{F}$，使杆开始摆动，要使在悬点处杆与轴之间不产生水平方向的作用力，则施力 $\vec{F}$ 的位置 x 应等于：

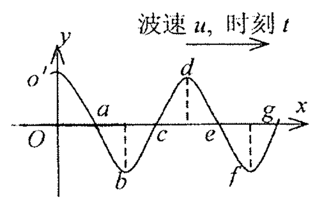


(A) $3l/8$.　　(B) $l/2$.

(C) $2l/3$.　　(D) l.

[　　]

5. 一列机械横波在 t 时刻的波形曲线如图所示，则该时刻能量为最小值的媒质质元的位置是：

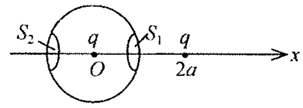


(A) o'，b，d，f.　　(B) a，c，e，g.

(C) a，b.　　(D) d，e.

[　　]

6. 有两个电荷都是 $+q$ 的点电荷，相距为 $2a$. 今以左边的点电荷所在处为球心，以 a 为半径作一球形高斯面. 在球面上取两块相等的小面积 S_1 和 S_2，其位置如图所示. 设通过 S_1 和 S_2 的电场强度通量分别为 Φ_1 和 Φ_2，通过整个球面的电场强度通量为 Φ_S，则

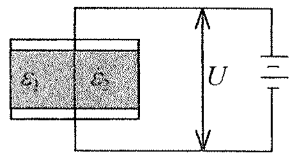


(A) $\Phi_1>\Phi_2$，$\Phi_S=q/\varepsilon_0$.　　(B) $\Phi_1<\Phi_2$，$\Phi_S=2q/\varepsilon_0$.

(C) $\Phi_1=\Phi_2$，$\Phi_S=q/\varepsilon_0$.　　(D) $\Phi_1<\Phi_2$，$\Phi_S=q/\varepsilon_0$.

[　　]

7. 一平行板电容器与电源相连，电源端电压为 U，电容器极板间距离为 d. 电容器中充满二块大小相同、介电常量（电容率）分别为 ε_1、ε_2 的均匀介质板，如图所示，则左、右两侧介质中的电位移矢量 $\vec{D}$ 的大小分别为：

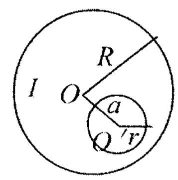


(A) $\varepsilon_0 U/d$,　$\varepsilon_0 U/d$.　　(B) $\varepsilon_1 U/d$,　$\varepsilon_2 U/d$.

(C) $\varepsilon_0\varepsilon_1 U/d$,　$\varepsilon_0\varepsilon_2 U/d$.　　(D) $U/(\varepsilon_1 d)$,　$U/(\varepsilon_2 d)$.

[　　]

8. 在半径为 R 的长直金属圆柱体内部挖去一个半径为 r 的长直圆柱体，两柱体轴线平行，其间距为 a，如图. 今在此导体上通以电流 I，电流在截面上均匀分布，则空心部分轴线上 O' 点的磁感强度的大小为：



(A) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}\cdot\dfrac{a^2}{R^2}$　　(B) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}\cdot\dfrac{a^2-r^2}{R^2}$

(C) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}\cdot\dfrac{a^2}{R^2-r^2}$　　(D) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}\left(\dfrac{a^2}{R^2}-\dfrac{r^2}{a^2}\right)$

[　　]

9. 将形状完全相同的铜环和木环静止放置，并使通过两环面的磁通量随时间的变化率相等，则不计自感时：

(A) 铜环中有感应电动势，木环中无感应电动势.

(B) 铜环中感应电动势大，木环中感应电动势小.

(C) 铜环中感应电动势小，木环中感应电动势大.

(D) 两环中感应电动势相等.

[　　]

10. 对于单匝线圈取自感系数的定义式为 $L=\Phi/I$. 当线圈的几何形状、大小及周围磁介质分布不变，且无铁磁性物质时，若线圈中的电流强度变小，则线圈的自感系数 L

(A) 变大，与电流成反比关系.　　(B) 不变.

(C) 变大，但与电流不成反比关系.　　(D) 变小.

[　　]

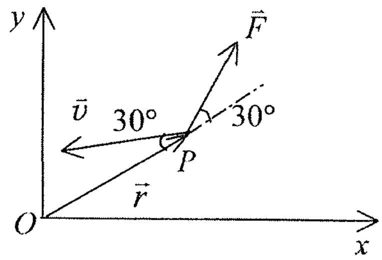
二、 填空题（将正确答案填写在答题纸的相应位置，每小题 3 分，共 30 分）

1. 两辆车 A 和 B，在笔直的公路上同向行驶，它们从同一起始线上同时出发，并且由出发点开始计时，行驶的距离 x 与行驶时间 t 的函数关系式：$x_A = 4t + t^2$，$x_B = 2t^2 + 2t^3$ (SI)，

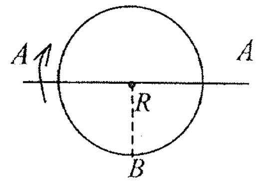
(1) 它们刚离开出发点时，行驶在前面的一辆车是__________；

(2) 出发后，B 车相对 A 车速度为零的时刻是__________.

2. 质点 P 的质量为 2kg，位置矢量为 $\vec{r}$，速度为 $\vec{v}$，它受到力 $\vec{F}$ 的作用．这三个矢量均在 Oxy 面内，某时刻它们的方向如图所示，且 r=3.0 m，v=4.0 m/s，F=2 N，则此刻该质点对原点 O 的角动量 $\vec{L}$ =________；作用在质点上的力对原点的力矩 $\vec{M}$ =________.



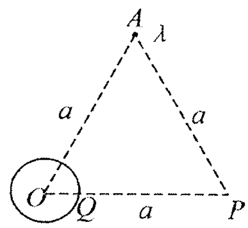
3. 如图所示，一质量为 m、半径为 R 的薄圆盘，可绕通过其一直径的光滑固定轴 AA' 转动，转动惯量 $J = mR^2/4$．该圆盘从静止开始在恒力矩 M 作用下转动，t 秒后位于圆盘边缘上与轴 AA' 的垂直距离为 R 的 B 点的切向加速度 a_t=__________，法向加速度 a_n=__________.



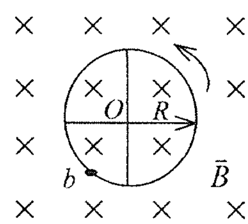
4. 一平面简谐波沿 Ox 轴正向传播，波动表达式为 $y = A\cos[\omega(t - x/u) + \pi/4]$，则 $x_1 = L_1$ 处质点的振动方程是________________；$x_2 = -L_2$ 处质点的振动和 $x_1 = L_1$ 处质点的振动的相位差为 $\phi_2 - \phi_1$ =____________.

5. 一机车汽笛频率为 750 Hz，机车以时速 90 公里远离静止的观察者．观察者听到的声音的频率是（设空气中声速为 340 m/s）____________ Hz.

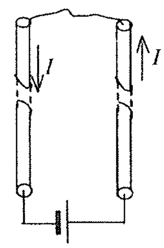
6. 如图所示，一电荷线密度为λ的无限长带电直线垂直通过图面上的 A 点；一带有电荷 Q 的均匀带电球体，其球心处于 O 点．$\triangle AOP$ 是边长为 a 的等边三角形．为了使 P 点处场强方向垂直于 OP，则λ和 Q 的数量之间应满足__________关系，且λ与 Q 为______号电荷.



7. 四根辐条的金属轮子在均匀磁场 $\vec{B}$ 中转动，转轴与 $\vec{B}$ 平行，轮子和辐条都是导体，辐条长为 R，轮子转速为每秒 n 转，则轮子中心 O 与轮边缘 b 之间的感应电动势为__________，电势最高点是在__________处.



8. 两根很长的平行直导线，其间距离为 a，与电源组成闭合回路，如图．已知导线上的电流为 I，在保持 I 不变的情况下，若将导线间的距离增大，则空间的总磁能将____________. (填增大，减小或不变)

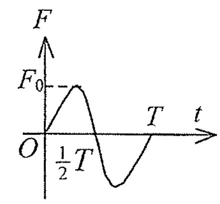


9. 由 $\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$ 式表明____________一定伴随有电场，该电场的电场线________(填是或不是)闭合曲线；__________(填能或不能)引入电势的概念.

10. 给电容为 C 的平行板电容器充电，电流为 $i = 0.2e^{-t}$ (SI)，$t = 0$ 时电容器极板上无电荷．则充电期间极板间电压 U 随时间 t 变化的关系为________________；t 时刻极板间总的位移电流 I_d(忽略边缘效应)为________________.

三、 **计算题（每小题 10 分，共 40 分）**

1. 质量为 m 的质点开始时静止，在如图所示合力 F 的作用下沿直线运动，已知 $F = F_0 \sin(2\pi t / T)$，方向与直线平行，求：

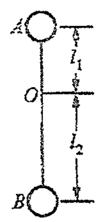


(1) 在 0 到 T 时间内，力 $\bar{F}$ 的冲量大小；

(2) 在 $t = \frac{1}{2}T$ 时刻质点动量的大小；

(3) 在 0 到 $\frac{1}{2}T$ 时间内，力 $\bar{F}$ 所作的总功.

2. 如图，一细棒两端装有质量均为 m 的小球 A，B，可绕水平轴 O 自由转动，且 $OA=l_1$，$OB=l_2$. 若细棒的质量可忽略不计，求细棒作角度很小（$\theta < 0.4\,\mathrm{rad}$）的摆动时的周期.

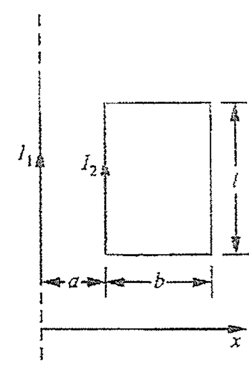


3. 有一电荷面密度为σ的“无限大”均匀带电平面．若以该平面处为电势零点，试求带电平面周围空间的电势分布．

4. 如图，一根无限长直导线载有电流I_1，矩形回路与它共面，且矩形的长边与直导线平行．回路中载有电流I_2，矩形的长为l，宽为b，矩形靠近直导线的一边距直导线为a，

(1) 试求I_1作用在矩形回路上的合力；

(2) 试证明：当矩形线圈足够小时，线圈受到的合力F的大小为：$F = p_m \dfrac{\partial B}{\partial x}$．其中$p_m$为矩形线圈的磁矩，$\dfrac{\partial B}{\partial x}$为直导线产生的磁场沿垂直于直导线方向（图中$x$方向）上的磁场梯度．



一、 选择题（每题 3 分，共 30 分）

ABD都算对

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

二、 填空题（每题 3 分，共 30 分，注：单位错误总共扣 1 分，数量级错误扣 1 分）

1. A 1 分

$t=0.67$ s 或 (2/3)s 2 分

2. $12\vec{k}$ $\mathrm{kg\cdot m^2\cdot s^{-1}}$ 2 分

$3\vec{k}$ $\mathrm{N\cdot m}$ 1 分 （无矢量符号扣 1 分，注意必须扣）

3. $4M/(mR)$ 1 分

$\dfrac{16M^2t^2}{m^2R^3}$ 2 分

4. $y_1 = A\cos[\omega(t-L_1/u)+\pi/4]$； 1 分

$\dfrac{\omega(L_1+L_2)}{u}$ 2 分

5. 699 3 分

6. $\lambda=Q/a$ 2 分

异号 1 分

7. πBnR^2 2 分

O 1 分

8. 增大 3 分

9. 变化的磁场 1 分

是 1 分

不能 1 分

10. $\dfrac{0.2}{C}(1-\mathrm{e}^{-t})$ 2 分

$0.2e^{-t}$ 1 分

三、 计算题（每小题10分，共40分）

1. 解：(1) $$I_1 = \int_0^T F(t)\,\mathrm{d}t = \int_0^T F_0 \sin(2\pi t/T)\,\mathrm{d}t = -\frac{TF_0}{2\pi}\cos\frac{2\pi t}{T}\bigg|_0^T = 0$$ 3分

(2) $$I_2 = \int_0^{T/2} F(t)\,\mathrm{d}t = -\frac{TF_0}{2\pi}\cos\frac{2\pi t}{T}\bigg|_0^{T/2} = \frac{TF_0}{\pi}$$

由动量定理，$I_2 = p - p_0 \qquad p_0 = 0$

$t = \frac{1}{2}T$ 时刻质点动量的大小 $p = \frac{TF_0}{\pi}$ 4分

(3) $$a = F/m = F_0 \sin(2\pi t/T)/m$$

由于 $v_0 = 0$，所以 $v = \int_0^T a\,\mathrm{d}t = \int_0^T \frac{F_0}{m}\sin\frac{2\pi t}{T}dt = -\frac{TF_0}{2\pi m}\cos\frac{2\pi t}{T}\bigg|_0^T$

$$= -\frac{TF_0}{2\pi m}\left[\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - 1\right]$$

由动能定理 $W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$t = 0$ 时 $v_0 = 0$，$t = \frac{1}{2}T$ 时 $v = TF_0/(\pi m)$

∴ $$W = T^2F_0^2/(2\pi^2 m)$$ 3分

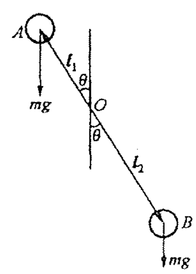
也可以直接用第二问结果，利用动量和动能关系求解.

2. 解：系统在重力矩作用下摆动如图所示，由定轴转动定理，有：

$$I_O\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = mgl_1\sin\theta - mgl_2\sin\theta$$ 2分

式中装置对 O 轴的转动惯量为

$$I_O = ml_1^2 + ml_2^2,$$ 2分



由以上两个方程得到

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} + \frac{(l_2 - l_1)g}{l_1^2 + l_2^2}\sin\theta = 0,$$

当角度很小时，作小角近似，$\sin\theta \approx \theta$，于是有

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} + \frac{(l_2 - l_1)g}{l_1^2 + l_2^2}\theta = 0,$$ 2分

与简谐振动的微分方程 $\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \omega_0^2 x = 0$ 对比可知，该装置振动的角频率为

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{(l_2 - l_1)g}{l_1^2 + l_2^2}},$$

周期为

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2}{(l_2 - l_1)g}}.$$ 4分

3. 解：选坐标原点在带电平面所在处，x 轴垂直于平面．由高斯定理可得场强分布为：

$E=\pm\sigma/(2\varepsilon_0)$　　4 分

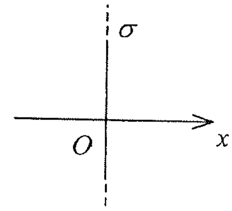
(式中“＋”对 $x>0$ 区域，“－”对 $x<0$ 区域)．平面外任意点 x 处电势：

在 $x\leqslant 0$ 区域

$$U=\int_x^0 E\,\mathrm{d}x=\int_x^0\frac{-\sigma}{2\varepsilon_0}\mathrm{d}x=\frac{\sigma x}{2\varepsilon_0}$$　3 分

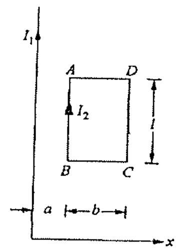
在 $x\geqslant 0$ 区域

$$U=\int_x^0 E\,\mathrm{d}x=\int_x^0\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\mathrm{d}x=\frac{-\sigma x}{2\varepsilon_0}$$　3 分



4. 解：(1) 矩形载流回路中 AD 边与 BC 边受

无限长直载流导线的作用力相等反向，抵消. AB 边与 CD 边受力分别为



$$F_{AB}=I_2lB_{AB}=\frac{\mu_0I_1I_2l}{2\pi a},$$

$$F_{CD}=I_2lB_{CD}=\frac{\mu_0I_1I_2l}{2\pi(a+b)},$$　4 分

F_{AB}的方向向左，F_{CD}的方向向右. 故矩形回路所受 I_1 的合力为

$$F=F_{AB}-F_{CD}=\frac{\mu_0I_1I_2l}{2\pi}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{a+b}\right)$$

$$=\frac{\mu_0I_1I_2lb}{2\pi a(a+b)}$$　1 分

合力 F 的方向向左，即矩形回路被 I_1 吸引.　1 分

(2) 矩形载流回路的磁矩为

$$p_m=I_2S=I_2lb,$$

代入，可将矩形回路所受 I_1 的合力写为

$$F=\frac{\mu_0I_1I_2lb}{2\pi a(a+b)}=\frac{\mu_0I_1p_m}{2\pi a(a+b)}.$$　1 分

无限长直载流导线在与之相距(垂直距离)为 x 处的磁场以及 x 方向的磁场梯度为

$$B(x)=\frac{\mu_0I_1}{2\pi x},$$

$$\frac{\partial B}{\partial x}=-\frac{\mu_0I_1}{2\pi x^2},$$　1 分

当线圈很小，即当 $b\ll a$ 时，线圈与直导线相距 $x\approx a$，即 $a(a+b)\approx a^2\approx x^2$，代入，得

$$F=\frac{\mu_0I_1p_m}{2\pi a(a+b)}\approx\frac{\mu_0I_1p_m}{2\pi x^2}=p_m\frac{\partial B}{\partial x}$$　2 分