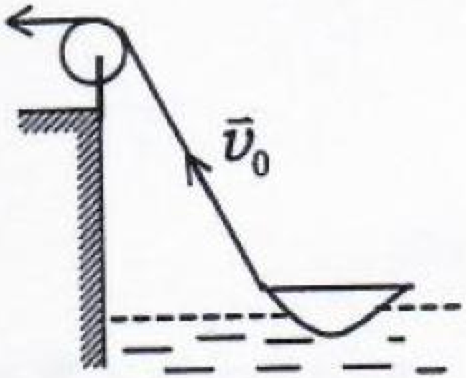
一. 选择题（每题 3 分，十题共 30 分）

1.（本题 3 分）

如图所示，湖中有一小船，有人用绳绕过岸上一定高度处的定滑轮拉湖中的船向岸边运动．设该人以匀速率 v_0 收绳，绳不伸长、湖水静止，则小船的运动是



(A) 变加速运动．　　(B) 变减速运动．

(C) 匀加速运动．　　(D) 匀减速运动．

(E) 匀速直线运动．　　[A]

2.（本题 3 分）

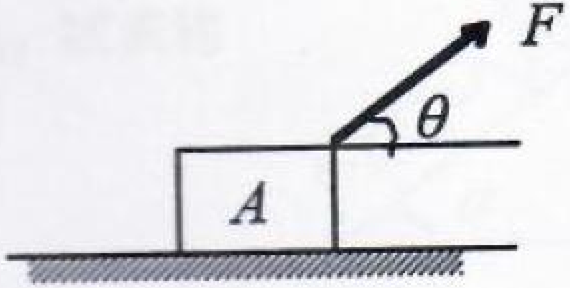
某物体的运动规律为 $\mathrm{d}v/\mathrm{d}t=-kv^2t$，式中的 k 为大于零的常量．当 $t=0$ 时，初速为 v_0，则速度 v 与时间 t 的函数关系是

(A) $v=\frac{1}{2}kt^2+v_0$，　　(B) $\frac{1}{v}=\frac{kt^2}{2}+\frac{1}{v_0}$

(C) $v=-\frac{1}{2}kt^2+v_0$，　　(D) $\frac{1}{v}=-\frac{kt^2}{2}+\frac{1}{v_0}$　　[B]

3.（本题 3 分）

水平地面上放一物体 A，它与地面间的滑动摩擦系数为 μ．现加一恒力 $\vec{F}$ 如图所示．欲使物体 A 有最大加速度，则恒力 $\vec{F}$ 与水平方向夹角 θ 应满足



(A) $\sin\theta=\mu$．　　(B) $\cos\theta=\mu$．

(C) $\mathrm{tg}\theta=\mu$．　　(D) $\mathrm{ctg}\theta=\mu$．　[C]

4.（本题 3 分）

质点作曲线运动，$\vec{r}$ 表示位置矢量，$\vec{v}$ 表示速度，$\vec{a}$ 表示加速度，S 表示路程，a_τ 表示切向加速度，v 表示速率，下列表达式中：　(1) $\mathrm{d}v/\mathrm{d}t=a$，　(2) $\mathrm{d}r/\mathrm{d}t=v$，

B　　(3) $\mathrm{d}S/\mathrm{d}t=v$，　(4) $\left|\mathrm{d}\vec{v}/\mathrm{d}t\right|=a_\tau$．

(A) 只有(1)、(4)是对的．

(B) 只有(3)是对的．

(C) 只有(2)是对的．

(D) 只有(2)、(4)是对的 ．

5. 下列说法正确的是 【 C 】

（A）电场强度为零的点，电势也一定为零

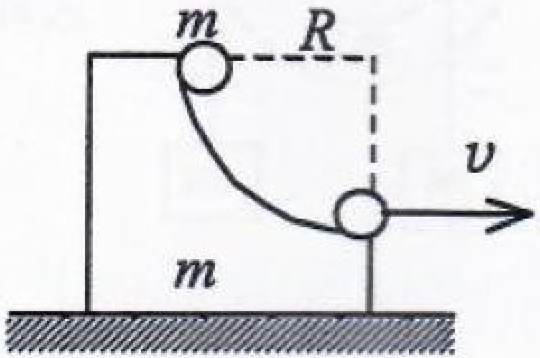
（B）电场强度不为零的点，电势也一定不为零

（C）电势在某一定区域内为常量，则电场强度在该区域内必定为零

（D）电势为零的点，电场强度也一定为零

6.（本题 3 分）

一质量为 m 的滑块，由静止开始沿着 1/4 圆弧形光滑的木槽滑下．设木槽的质量也是 m．槽的圆半径为 R，放在光滑水平地面上，如图所示．则滑块离开槽时的速度是



(A) $\sqrt{2Rg}$. (B) $2\sqrt{Rg}$.

(C) $\sqrt{Rg}$. (D) $\frac{1}{2}\sqrt{Rg}$.

(E) $\frac{1}{2}\sqrt{2Rg}$.

[C]

7. 关于刚体对轴的转动惯量，下列说法中正确的是： 【 C 】

(A) 只取决于刚体的质量，与质量的空间分布和轴的位置无关

(B) 取决于刚体的质量和质量的空间分布，与轴的位置无关

(C) 取决于刚体的质量、质量的空间分布和轴的位置

(D) 只取决于转轴的位置，与刚体的质量和质量的空间分布无关

8. 两根长度相同的细导线分别密绕在半径为 R 和 r 的两个长直圆筒上形成两个螺线管，两个螺线管的长度相同，$R=2r$，两螺线管通过的电流均为 I，两螺线管中的磁感应强度大小分别为 B_R 和 B_r，满足：

（A）$2B_R = B_r$ （B）$B_R = B_r$ （C）$B_R = 2B_r$ （D）$B_R = 4B_r$ 【 A 】

9.（本题 3 分） C

下列几种说法中正确的是

（A）电场中某点电场强度的方向，就是将点电荷放在该点所受电场力的方向。

（B）在以点电荷为中心的球面上，由该点电荷所产生的电场强度处处相同。

（C）电场强度方向可由 $\vec{E}=\vec{F}/q$ 定出，其中 q 为试验电荷的电量，q 可正、可负，$\vec{F}$ 为试验电荷所受的电场力。

（D）以上说法都不正确。

10.（本题 3 分）

一球形导体，带电 q，置于一任意形状的空腔导体中，当用导线将两者连接后，则系统静电能将

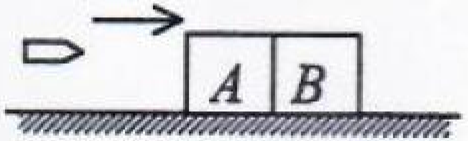
(A) 减少　　(B) 增加　　【 A 】

(C) 不变　　(D) 无法确定

二. 填空题（每题 3 分，十题共 30 分）

1.（本题 3 分）

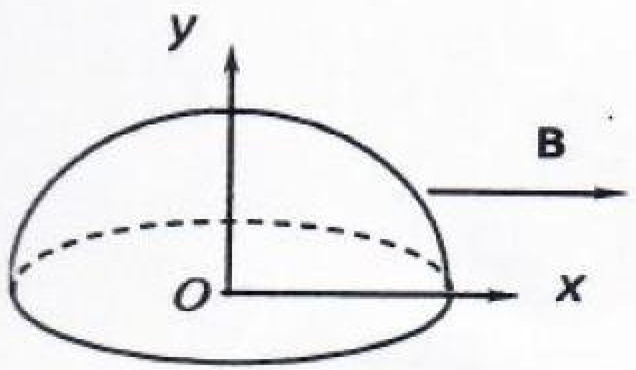
两块并排的木块 A 和 B，质量分别为 $2m$ 和 m，静止地放置在光滑的水平面上，一子弹水平地穿过两木块，设子弹穿过两木块所用的时间均为 Δt，木块对子弹的阻力为恒力 F，则子弹穿出木块 B 后，木块 B 的速度大小为 ____ $\boxed{\frac{4F\Delta t}{3m} 或 1.33\frac{F\Delta t}{m}}$ ____.



2. 一质量为 m 的质点沿 x 轴正向运动，假设该质点通过坐标为 x 时的速度为 kx（k 为正常量），则此时作用于该质点上的力 F= ____ $\boxed{mk^2x}$ ____；

3. 真空中，两个半径分别为 R 和 $2R$ 的金属球A和B，两球相距很远，用一很长的细导线相连；给此系统带上电荷 Q，忽略导线上的电荷，则金属球B上的电荷量为 ____ $\boxed{\frac{2}{3}Q}$ ____。

4. 如图所示，有一磁感应强度为 B 、平行于 x 轴正向的均匀磁场，则通过图中一半径为 R 的半球面的磁感应强度通量 Φ_m 为____$\boxed{0}$____。



5.（本题 3 分）

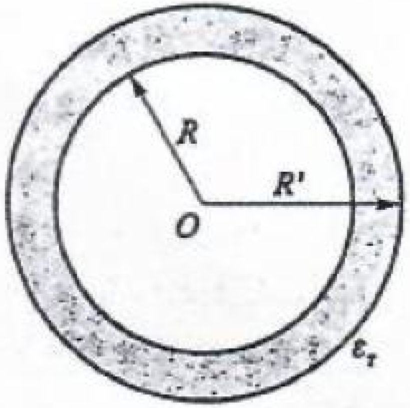
．质点沿半径为 R 的圆周运动，其运动学方程为 $\theta = 5t+2t^2$ （SI），则 t 时刻质点的法向加速度大小为 a_n=__$\boxed{R(5+4t)^2}$

6.（本题 3 分）

一杆长 l=0.5m，可绕通过其上端的水平光滑固定轴 O 在竖直平面内转动，相对于 O 轴的转动惯量 J=5 kg·m^2．原来杆静止并自然下垂．若在杆的下端水平射入质量 m=0.01 kg、速率为 v=400 m/s 的子弹并嵌入杆内，则杆的初始角速度 ω=__$\boxed{0.4 \text{ 或 } 0.3998}$__ rad·s^{-1}.

7.（本题 3 分）

一人站在船上，人与船的总质量 $m_1=300\ \text{kg}$，他用 $F=100\ \text{N}$ 的水平力拉一轻绳，绳的另一端系在质量 $m_2=200\ \text{kg}$ 的船上．开始时两船都静止，若不计水的阻力则在开始拉后的前 3 秒内，人作的功为 $\boxed{375\ \text{J}}$．



8. 如图所示，在半径为 R 的金属球之外有一层内、外半径分别为 R 和 R' 的电介质层，电介质的相对电容率为 ε_r，金属球所带电量为 Q，则在电介质内距球心为 r 处（$R<r\le R'$）电场强度大小为：$\boxed{\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 r^2}}$

9．一半径为 R 的均匀带电球面，带有电荷 Q．若规定该球面上电势为零，则球面外距球心 r 处的 P 点的电势 U_P=______ $\boxed{\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{r}-\dfrac{1}{R}\right)}$

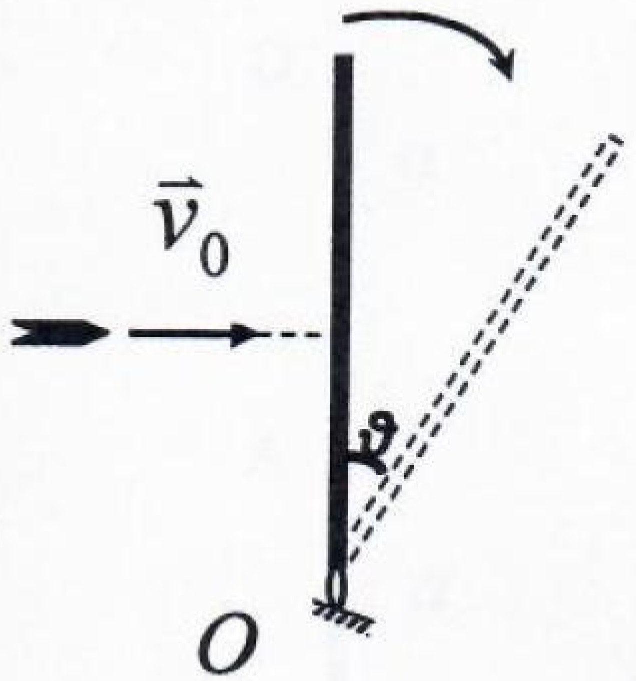
10．真空中，在边长为 a 的正方形平面的中垂线上，距正方形中心 O 点 $a/2$ 处有一个点电荷 q，则通过该平面的电场强度通量为______ $\boxed{\dfrac{q}{6\varepsilon_0} \text{ 或 } \dfrac{0.167q}{\varepsilon_0}}$

计算题（每题 10 分，四题共 40 分，要求写出计算过程）

三、计算题（10 分）

一质量为 m 的子弹以初速度 v_0 水平射入一长为 L、质量为 $M=3m$，且可在竖直面内绕一端转动的匀质杆的中间部位，并停留在杆中，如图所示。初始时，杆处于竖直位置，且保持静止状态，子弹射入后，杆与子弹构成的系统将绕其下端 O 点转动；试求：(1) 杆开始转动时角速度 ω_0；

(2) 转动到任意 θ 位置时角加速度 α 的大小及角速度 ω 的大小。



(1) 系统转动惯量：$J = m(\frac{L}{2})^2 + \frac{1}{3}ML^2 = \frac{5}{4}mL^2$ ....（2 分）

角动量守恒：$mv \cdot \frac{L}{2} = J\omega_0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{2v}{5L}$ ....（2 分）

(2) 转动定律：$M=(m+M)g \cdot \frac{L}{2}\sin\theta = J\alpha$ ....（2 分）

$$\Rightarrow \alpha = \frac{8g\sin\theta}{5L}$$ ....（1 分）

机械能守恒，取初始位置势能为零：

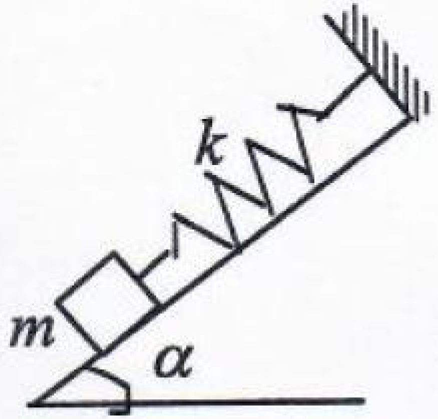
$$\frac{1}{2}J\omega^2 - (m+M)g\frac{L}{2}(1-\cos\theta) = \frac{1}{2}J\omega_0^2$$ ....（2 分）

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{(\frac{2v}{5L})^2 + \frac{32g}{5L}\sin^2\frac{\theta}{2}}$$ ....（1 分）

{ 或 $\Rightarrow \omega = \sqrt{(\frac{2v}{5L})^2 + \frac{16g}{5L}(1-\cos\theta)}$ ....（1 分）}

四.（本题 10 分）

如图所示，在与水平面成α角的光滑斜面上放一质量为 m 的物体，此物体系于一劲度系数为 k 的轻弹簧的一端，弹簧的另一端固定．设物体最初静止．今使物体获得一沿斜面向下的速度，设起始动能为 E_{K0}，试求物体在弹簧的伸长达到 x 时的动能.



解：如图所示，设 l 为弹簧的原长，O 处为弹性势能零点；x_0 为挂上物体后的伸长量，O' 为物体的平衡位置；取弹簧伸长时物体所达到的 O''处为重力势能的零点．由题意得物体在 O' 处的机械能为：

$$E_1 = E_{K0} + \frac{1}{2}kx_0^2 + mg(x - x_0)\sin\alpha \qquad 2分$$

在 O'' 处，其机械能为：

$$E_2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad 2分$$

由于只有保守力做功，系统机械能守恒，即：

$$E_{K0} + \frac{1}{2}kx_0^2 + mg(x - x_0)\sin\alpha = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad 2分$$

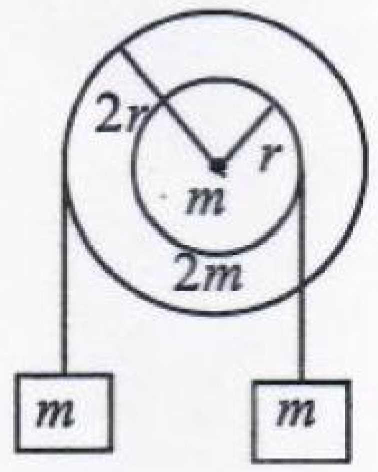
在平衡位置有： $mg\sin\alpha = kx_0$

∴ $$x_0 = mg\sin\alpha / k \qquad 2分$$

代入上式整理得： $$\frac{1}{2}mv^2 = E_{K0} + mgx\sin\alpha - \frac{1}{2}kx^2 - \frac{(mg\sin\alpha)^2}{2k} \qquad 2分$$

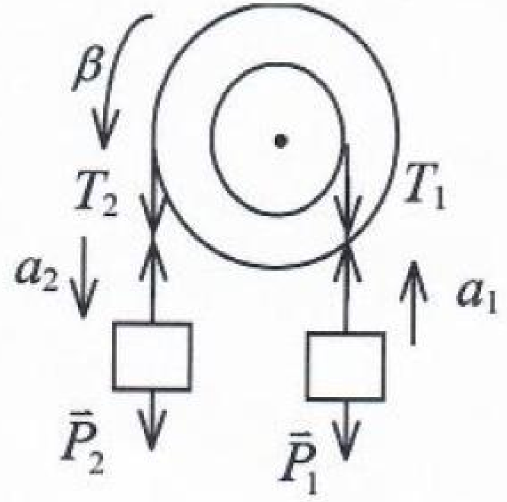
五.（本题 10 分）

质量分别为 m 和 $2m$、半径分别为 r 和 $2r$ 的两个均匀圆盘，同轴地粘在一起，可以绕通过盘心且垂直盘面的水平光滑固定轴转动，对转轴的转动惯量为 $9mr^2/2$，大小圆盘边缘都绕有绳子，绳子与圆盘边缘无相对滑动，绳子下端都挂一质量为 m 的重物，如图所示．求盘的角加速度的大小．



解：受力分析如图．

以垂直纸面指向外为转轴正方向



$$T_1 - mg = ma_1 \qquad 2\text{ 分}$$

$$mg - T_2 = ma_2 \qquad 2\text{ 分}$$

$$T_2(2r) - T_1 r = \frac{9mr^2}{2}\alpha \qquad 3\text{ 分}$$

$$a_1 = r\alpha \qquad 1\text{ 分}$$

$$a_2 = 2r\alpha \qquad 1\text{ 分}$$

解上述 5 个联立方程，得：

$$\alpha = \frac{2g}{19r} \qquad 1\text{ 分}$$

六、计算题（10 分） 电荷 Q 均匀分布在半径为 R 的球体内．设无穷远处为电势零点，试求：带电球体内、外电势分布。

解法 1：由电势叠加原理求解

带电球内半径为 r 处的电势应为以 r 为半径的球面以内的电荷在该处产生的电势 U_1 和球面外电荷产生的电势 U_2 的叠加，即带电球内任一点电势为：$U_{内}=U_1+U_2$

半径为 r 的球面内电荷产生的电势 $U_1=\dfrac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r}=\dfrac{Qr^3/R^3}{4\pi\varepsilon_0 r}=\dfrac{Qr^2}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$　　2 分

半径为 r 的球面外电荷产生的电势．在球面外取 $r'\longrightarrow r'+\mathrm{d}r'$ 的薄层．其上电荷

$$dq=\frac{Q}{4\pi R^3/3}4\pi r'^2\,\mathrm{d}r'=\frac{3Q}{R^3}r'^2\,\mathrm{d}r'$$

它对该薄层内任一点产生的电势为

$$\mathrm{d}U_2=\frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r'}=\frac{3Q}{4\pi\varepsilon_0 R^3}r'\,\mathrm{d}r'$$

$$U_2=\int\mathrm{d}U_2=\frac{3Q}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\int_r^R r'\,\mathrm{d}r'=\frac{3Q\left(R^2-r^2\right)}{8\pi\varepsilon_0 R^3}$$　　2 分

$$U_{内}=U_1+U_2=\frac{Qr^2}{4\pi\varepsilon_0 R^3}+\frac{3Q\left(R^2-r^2\right)}{8\pi\varepsilon_0 R^3}=\frac{Q\left(3R^2-r^2\right)}{8\pi\varepsilon_0 R^3}$$　（$r<R$）　3 分

带电球外任一点电势为：$U_{外}=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$　（$r>R$）　3 分

解法 2: 由电势的定义式 $U=\int_r^{\infty}\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}$ 计算:

解: 因为电荷球对称分布，由高斯定理求电场强度分布:

$$E_{内}=\frac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\quad(r<R)\qquad\qquad 2\text{ 分}$$

$$E_{外}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\quad(r>R)\qquad\qquad 2\text{ 分}$$

选无限远处电势为零, 则带电球内任一点电势为:

$$U_{内}=\int_r^{\infty}\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\int_r^{R}\frac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}dr+\int_R^{\infty}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q}{8\pi\varepsilon_0 R^3}(3R^2-r^2)\qquad\qquad 3\text{ 分}$$

带电球外任一点电势为:

$$U_{外}=\int_r^{\infty}\vec{E}_{外}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\int_r^{\infty}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}\qquad\qquad 3\text{ 分}$$