大学物理习题册

参考答案

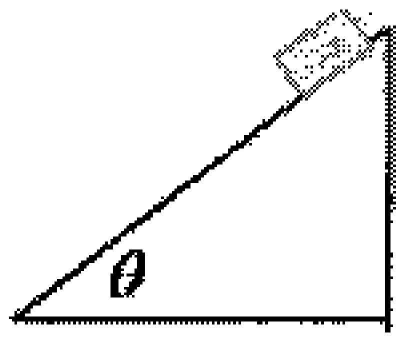
仲英学业辅导中心编

班级：__________ 姓名：__________ 学号：__________

第一次 质点运动学及牛顿运动定律

一、单选题（每小题3分，共30分）

1．质量为M、倾角为θ的三角形木块放在光滑水平面上，将质量m的木块放在斜面上。若木块与斜面无摩擦，则木块相对于斜面的加速度为 详解见课本P70-71 [A]



A．$\dfrac{(M+m)g\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}$　　B．$g\sin\theta$

C．$\dfrac{(M+m)g\sin\theta}{M+m\sin\theta}$　　D．$\dfrac{(M+m\cos^2\theta)g\sin\theta}{M}$

2．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靠岸。若要小船匀速靠岸，收绳速度必须 [B]

A．增大

B．减小

C．不变

D．先增大再减小

3．如果一个物体做匀速圆周运动，则 [A]

A．物体是做变速度运动　　B．物体的加速度为常量

C．物体的速度为常量　　D．物体所受合力为常量

4．以速率υ_1运动的火车上的驾驶员，当看见前面距离d处，有一列货车在同一轨道上沿相同方向以较小速率υ_2运行时，立即用制动器刹车，使他的火车以恒定加速度a慢下来，则两车不会相撞的条件是 [B]

A．$d>\dfrac{\upsilon_1^2-\upsilon_2^2}{2a}$　　B．$d>\dfrac{(\upsilon_1-\upsilon_2)^2}{2a}$

C．$d>\dfrac{(\upsilon_1+\upsilon_2)^2}{2a}$　　D．$d<\dfrac{\upsilon_1^2-\upsilon_2^2}{2a}$

5．作直线运动的质点的运动学方程为$x=3t+5t^3-6$，则该质点作 [C]

A．匀加速直线运动，加速度沿x轴正方向

B．匀加速直线运动，加速度沿x轴负方向

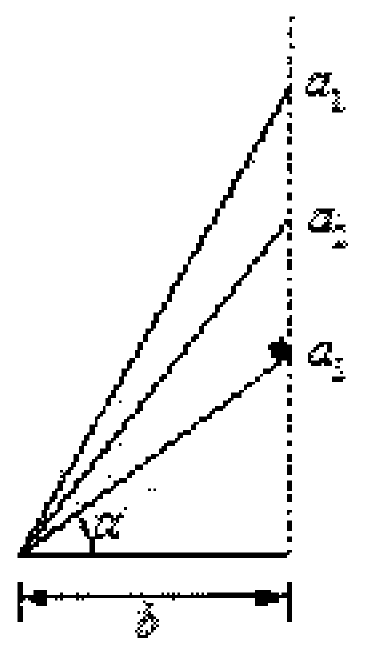
C．变加速直线运动，加速度沿x轴正方向

D．变加速直线运动，加速度沿x轴负方向

6．质点在y轴上运动，其运动方程为$y=4t^2-2t^3$(SI)，则质点返回原点时的速度和加速度分别为 [B]

A．$8\mathrm{m/s}, 16\mathrm{m/s^2}$　　B．$-8\mathrm{m/s}, -16\mathrm{m/s^2}$

C．$-8\mathrm{m/s}, 16\mathrm{m/s^2}$　　D．$8\mathrm{m/s}, -16\mathrm{m/s^2}$



7．如图所示，光滑斜面a_1、a_2、a_3、…、有共同的底边b。使物体从斜面顶端自由滑至斜面底端所需时间最短倾角为[B]

A、35^o　　B、45^o

C、30^o　　D、60^o

8．一质点从静止出发沿一半径为R的圆周作匀变速圆周运动，其角加速度为β。当该质点走完一周回到出发点时，所经历的时间为 [B]

A．$\frac{1}{2}\beta^2 R$　　B．$\sqrt{\frac{4\pi}{\beta}}$

C．$\frac{2\pi}{\beta}$　　D．条件不够，不能确定。

9．关于曲线运动，下列说法正确的是 [B]

A．物体速度大小一定变化；　B．物体速度方向一定变化；

C．物体不一定有加速度；　D．以上说法都不对。

10．下列说法不正确的是 [D]

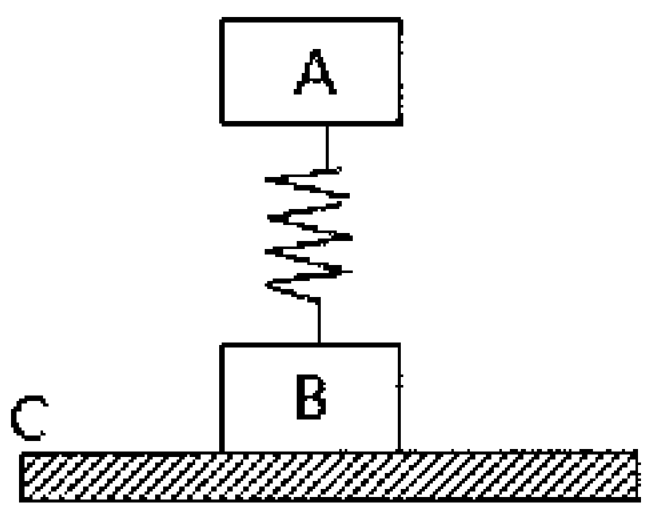
A．判断物体是做曲线运动还是直线运动，应看合外力方向与速度方向是否在一条直线上；

B．静止物体在恒定外力作用下一定做直线运动；

C．判断物体是做匀变速运动还是非匀变速运动应看所受合外力是否恒定；

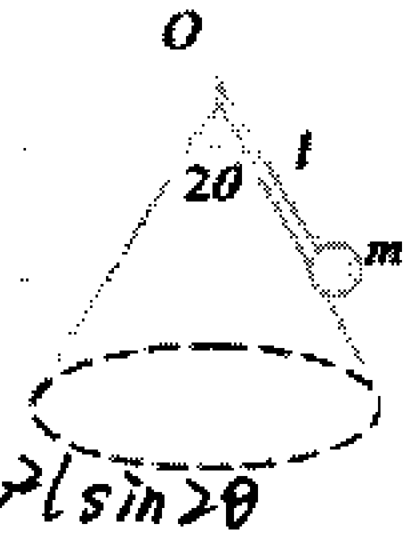
D．匀变速运动的物体一定沿直线运动。

二、填空题（每小题3分，共30分）

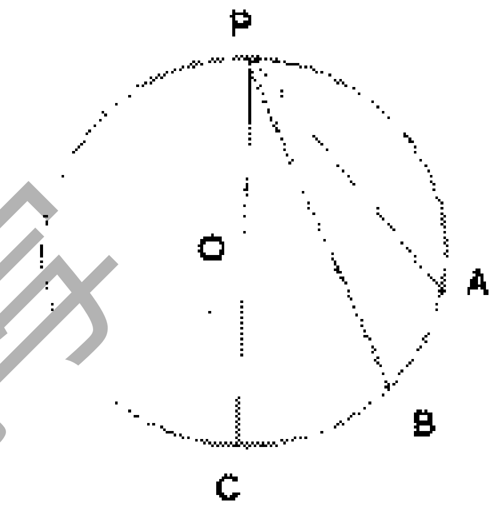


11．两相同的物体A和B分别固定在质量可以不计的弹簧两端，竖直放在光滑水平支持面C上，如图所示。若把支持面C迅速抽走，则在抽走的一瞬间，A的加速度大小$a_A=$ 0 ，B的加速度的大小$a_B=$ 2g 。

12．一圆盘以恒定角加速度转动，在某一时刻其角速度为$\omega_1 = 20\pi\,\text{rad/s}$，再转 60 转后角速度为$\omega_2 = 30\pi\,\text{rad/s}$，则角加速度$\beta =$ $\frac{25}{12}\pi\ s^{-2}$，转过上述 60 转所需的时间 $\Delta t =$ 4.8S 。



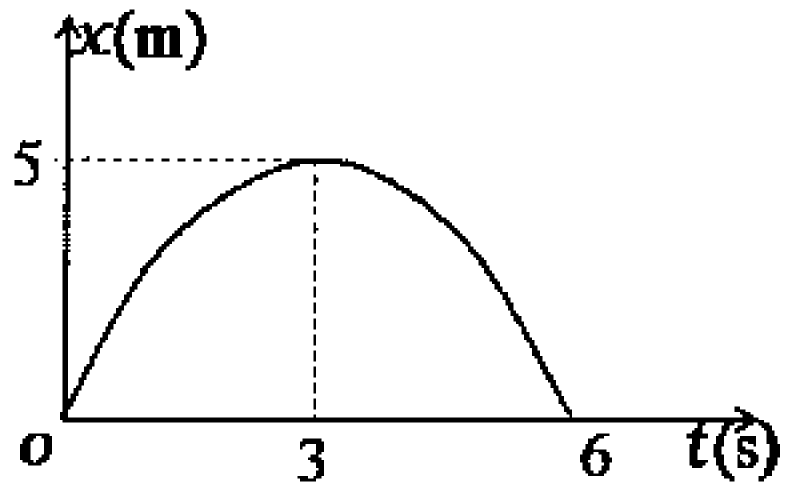
13．一质量为m的小球被长为的l绳子拴住，沿着光滑的圆锥体表面做圆锥摆运动，圆锥体顶角为2θ，如果小球角速度为ω（ω比较小），则受到圆锥体表面的支持力N为$mg\sin\theta-\frac{1}{2}m\omega^2 l\sin 2\theta$



14．图中P是一半径为r的圆的竖直直径PC上的端点，一质点从P开始分别沿不同的弦从静止开始无摩擦下滑到弦的最下端A，B时，所需要的时间分别为$2\sqrt{\frac{r}{g}}$和$2\sqrt{\frac{r}{g}}$。

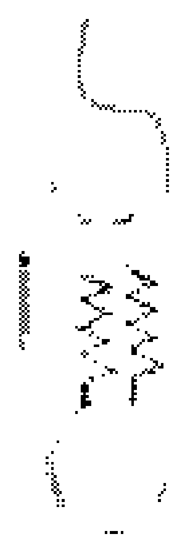
15．一个质点自原点开始沿抛物线$2y = x^2$运动，它在x轴上的分速度为一常数，其值为$\upsilon_x = 4.0\,\text{m/s}$，则质点在$x = 2\text{m}$处的速度为$4\sqrt{5}\ m/s$，加速度为$16\ m/s^2$。

16．国际单位制中规定，力学的基本量是长度、时间、质量。



17．一个质点作直线运动，其位置x与时间t的关系曲线如图所示，为一抛物线，则质点在第 3 秒时刻运动速度为 0；在第 3 秒到 6 秒速度与加速度同方向。

18、某质点的运动方程为$\vec{r} = (2t-5)\vec{i} + 8t^3\vec{j}$ (SI)，则该质点的轨道方程为 $y=(x+5)^3$ 。

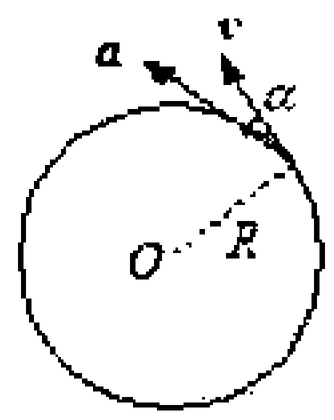


19．如图所示，一质量为m的小球被两个相同的弹簧拴住，做向上匀速直线运动，如果一根弹簧突然断掉，则小球此时的加速度为$\frac{g}{2}$，方向为竖直向下

20．一质点沿 x 轴作直线运动，其运动方程为$x = 3t + 6t^2 - 2t^3\,(\text{m})$，质点加速度为 0 时，其速度大小为 9m/s 。

三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

21．一质点作半径为 R 的圆周运动，初速率是 v_0，若其速度 $\vec{v}$ 与加速度 $\vec{a}$ 之间的夹角 α 保持恒定，求其速率 v 随时间 t 的变化关系。



解：切向加速度 $a_t = a\cos\alpha$

法向加速度 $a_n = a\sin\alpha = \frac{v^2}{R}$

则 $a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{v^2}{R\tan\alpha}$

故 $\frac{dv}{v^2} = \frac{dt}{R\tan\alpha}$

$\int_{v_0}^{v} \frac{dv}{v^2} = \int_0^t \frac{dt}{R\tan\alpha}$

即 $\frac{1}{v_0} - \frac{1}{v} = \frac{t}{R\tan\alpha}$

计算得 $v = \frac{Rv_0\tan\alpha}{R\tan\alpha - v_0 t}$

讨论：

若 $\alpha = 0$　$\tan\alpha = 0$　$v = 0$.

若 $\alpha \to 90^\circ$　$\tan\alpha \to +\infty$

$v = v_0 \frac{R\tan\alpha}{R\tan\alpha - v_0 t} = v_0 \frac{1}{1 - \frac{v_0 t}{R\tan\alpha}} \to v_0$

22．有一在半径为 R 的圆周上运动的质点，其在圆周上所经历的路程与时间的关系为 $S = b + ct + dt^2$，其中 b、c、d 是大于零的常量，求从 $t = 0$ 开始到法向加速度与切向加速度大小相等时所经历的时间，以及常量 b、c、d 之间应满足的关系。

解：线速度 $v = \dot{s} = c + 2dt$

法向加速度 $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(c+2dt)^2}{R}$

切向加速度 $a_t = \dot{v} = 2d$

由题 $a_t = a_n$ 即 $2d = \frac{(c+2dt)^2}{R}$

解得 $t = \frac{\sqrt{2Rd} - c}{2d}$

由题 $t > 0$　则 $d > \frac{c^2}{2R}$

班级：　　　　　　　姓名：　　　　　　　学号：

23．一物体悬挂在弹簧上作竖直振动，其加速度为$a=-kx$，k为常量，x是以平衡位置为原点时物体的坐标。若物体在$x=x_0$处时的初速度是v_0，试求物体的速度v作为x的函数表达式。

解： $a=-kx$　　$\frac{dv}{dt}=-kx$

$$\frac{dt}{dx}\cdot\frac{dv}{dt}=-\frac{kx}{v}$$

即 $v\,dv=-kx\,dx$

积分 $\int v\,dv=\int -kx\,dx$

得 $\frac{1}{2}v^2=-\frac{k}{2}x^2+C$

代入 $v=v_0$，$x=x_0$，可得

$$C=\frac{1}{2}v_0^2+\frac{1}{2}kx_0^2$$

则 $\frac{1}{2}v^2=-\frac{k}{2}x^2+\frac{1}{2}v_0^2+\frac{1}{2}kx_0^2$

故 $v=\pm\sqrt{v_0^2+k(x_0^2-x^2)}$

24．质点在$t=0$时从原点出发沿正x轴方向运动，速度$\upsilon=\upsilon_0\left(1-\frac{t}{\tau}\right)$（SI），$\tau=5.0\text{s}$，$\upsilon_0$是初始速度等于10.0 m/s，求：（1）t=10 s时的质点坐标x；（2）质点离开原点距离为10 m的时刻；（3）写出质点通过的路程随时间变化的表达式$s(t)$。

解：(1) $v=\frac{dx}{dt}=v_0(1-\frac{t}{\tau})$

即 $dx=v_0(1-\frac{t}{\tau})dt$

$\int_0^x dx=\int_0^t v_0(1-\frac{t}{\tau})dt$

则 $x=v_0t-\frac{v_0t^2}{2\tau}$ (*)

当 $t=10s$ 时 $x=0$.

(2) 当 $x=10m$ 时 代入 (*)

$t=(5+\sqrt{15})s$ 或 $t=(5-\sqrt{15})s$

当 $x=-10m$ 时 代入 (*)

$t=(5+\sqrt{35})s$.

(3) 当 $0<t\le\tau$ 时 $s=x=-\frac{v_0t^2}{2\tau}+v_0t$.

当 $t>\tau$ 时 $s=v_0\tau-x=\frac{v_0t^2}{2\tau}-v_0t+v_0\tau$.

即 $s=\begin{cases}-\frac{v_0t^2}{2\tau}+v_0t & 0<t\le\tau\\ \frac{v_0t^2}{2\tau}-v_0t+v_0\tau & t>\tau\end{cases}$

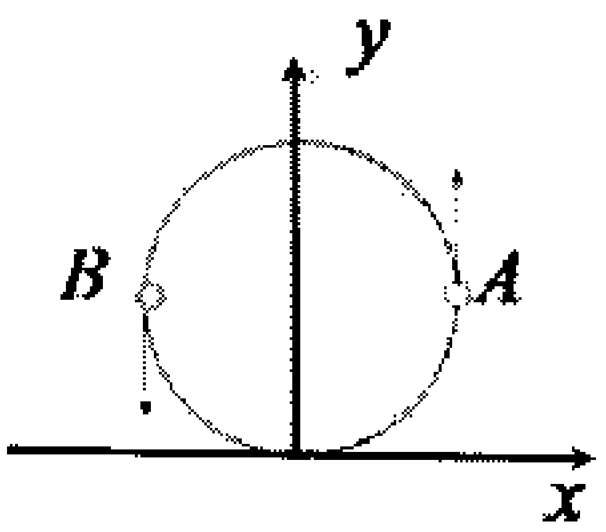
即 $s=\begin{cases}-t^2+10t & 0<t\le5.0s.\\ t^2-10t+\cancel{100}\,50 & t>5.0s\end{cases}$ (SI)

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

第二次 功和能

一、单选题（每小题3分，共30分）

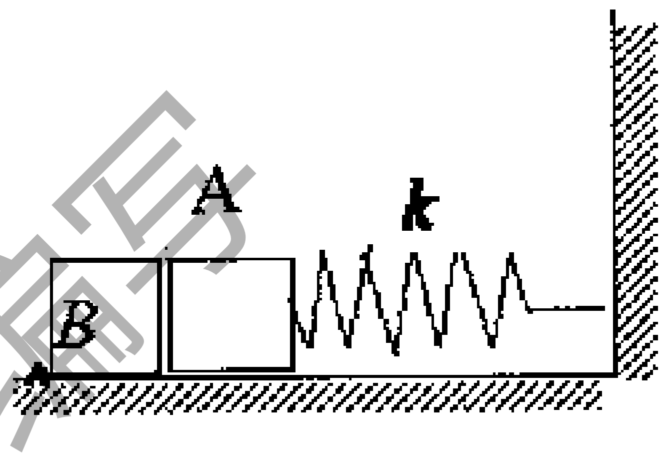
1．如图所示，一个质点在几个力的作用下做半径为10m的圆周运动，其中有一个力为$\vec{F}=2\vec{j}$N，则质点从A开始沿着逆时针方向经过半个圆周到达B点的过程中（AB连线与x轴平行），该力做的功为　　[　C　]



A．40J　　B．−40J

C．0　　D．−20J

2．一劲度系数为k的轻弹簧水平放置，其一端固定，另一端与一滑块A相连，A旁又有一质量相同的滑块B，且两滑块与桌面间无摩擦，如图所示。若用外力将A、B一起推压使弹簧压缩量为d而静止，然后撤消外力，则B离开A时的动能为　　[　B　]



A．0　　B．$\frac{1}{4}kd^2$

C．$\frac{1}{2}kd^2$　　D．kd^2

3．质量为m的运动方程为$\vec{r}=A\cos\frac{2\pi t}{T}\vec{i}+B\sin\frac{2\pi t}{T}\vec{j}$，式中$A$、$B$、$T$都是正的常量，则在$t=0$到$t=\frac{T}{4}$这段时间内其动能的变化为　　[　C　]

A．$\frac{2m\pi^2}{T^2}(A^2+B^2)$　　B．$\frac{2m\pi}{T^2}(A^2+B^2)$

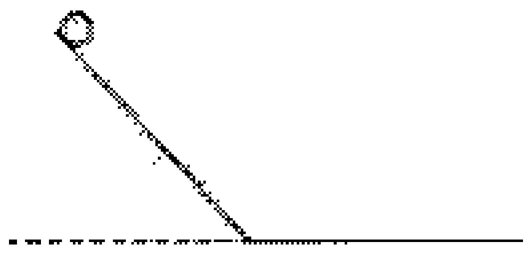
C．$\frac{2m\pi^2}{T^2}(A^2-B^2)$　　D．$\frac{2m\pi^2}{T^2}(B^2-A^2)$

4．如图，质量分别为m_1和m_2的两木块，由一轻弹簧连接，放在光滑水平桌面上。外力通过两木块使弹簧拉伸，然后再由静止释放。当弹簧恢复到原长时，m_1的速率为υ_1，则弹簧在最大拉伸状态时所具有的势能为　　[　D　]

A．$\frac{1}{2}m_1\upsilon_1^2$　　B．$\frac{m_2(m_1+m_2)}{2m_1}\upsilon_1^2$

C. $\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_1^2$　　D. $\frac{m_1(m_1+m_2)}{2m_2}v_1^2$

5. 一个小球在从光滑的斜面上静止开始滚下，到达下端后在水平面上继续滚动一段距离后停止，则



(1) 在斜面上下滑的过程满足机械能守恒

(2) 从斜面开始下滑到在水平面静止满足机械能守恒

(3) 从斜面开始下滑到在水平面静止满足能量守恒

(4) 整个过程中摩擦力对物体做功等于重力对物体做功

以上说法错误的是 [B]

A. (1)、(2)　　B. (2)、(4)

C. (2)　　D. (2)、(3)

6. 一重物悬挂在劲度系数为 k 的弹簧下端，测得弹簧伸长量为 A，若将此弹簧剪为相等的两段，并联在一起，仍悬挂此重物，弹簧系统的弹性势能为 [D]

$k' = 2k$　　$k'' = 4k$　　$A' = \frac{A}{4}$

$E_p = 2\times\frac{1}{2}\times 2k\times(\frac{A}{4})^2 = \frac{1}{8}kA^2$.

A. kA^2　　B. $\frac{1}{2}kA^2$

C. $\frac{1}{4}kA^2$　　D. $\frac{1}{8}kA^2$

此时劲度系数已经改变

由杨氏模量公式

$\frac{F}{S} = Y\frac{\Delta l}{l}$

即 $k = Y\frac{S}{l}$

故将弹簧一分为二会改变劲度系数

7. 将一重物匀速地推上一个斜坡，因其动能不变，所以 [D]

A. 推力不做功；　　B. 推力功与摩擦力的功等值反号；

C. 推力功与重力功等值反号；　D. 重力做负功。

8. 在几个外力同时作用在一个运动的质点上，下述哪种说法正确？ [C]

A. 合外力的冲量不为零，质点的动能一定改变；

B. 合外力的方向与质点速度垂直，质点的动量有可能不变；

C. 合外力的冲量是零，合外力的功一定为零；

D. 合外力的功为零，合外力的冲量一定为零。

9. A、B 两物体的动量相等，且 $m_A < m_B$，则 A、B 两物体的动能关系为 [B]

A. $E_{kA} < E_{kB}$　　B. $E_{kA} > E_{kB}$

C. $E_{kA} = E_{kB}$　　D. 无法确定

10. 一竖直悬挂的轻弹簧下系一小球，平衡时弹簧伸长量为 d。现用手托住小球慢慢往上移动，直到弹簧不伸长，然后将其释放，不计一切摩擦，则弹簧的最大伸长量为 [A]

A. $2d$　　B. $\sqrt{3}d$　　C. $\sqrt{2}d$　　D. d

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

11．某弹簧不遵守胡克定律，若施力 F，则相应伸长为 x，力与伸长 x 的关系为 $F=52.8x+38.4x^2$ (SI)，现在外力的作用下将弹簧从伸长为 x_1=0.50m 缓慢地拉伸到伸长为 x_2=1.00m 时，则外力所需做的功为 31J 。

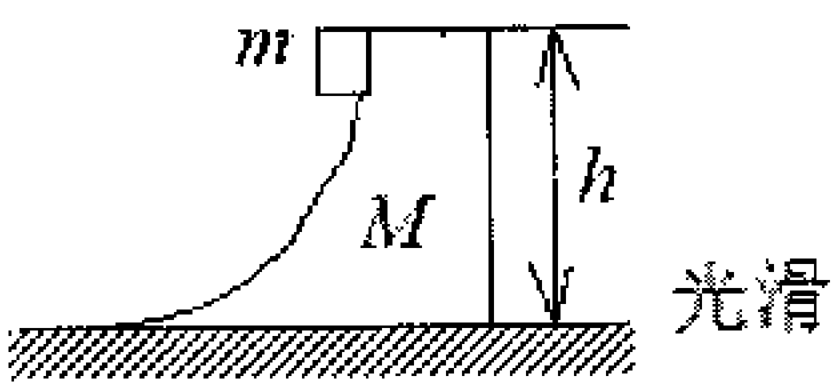
12．质量 3kg 的物体，在 $x=1$m 位置由静止出发，由外力驱动下沿 x 轴运动，其外力方向与运动方向相同，外力的大小与其所处位置 x 的关系为 $F=3+2x$ (SI)。则物体在开始运动的 3 m 内，外力所作的功为 24J ；相应物体在位置时，其速度大小为 4m/s 。

13．质量为 m 的人造地球卫星，在地球表面上空 2 倍于地球半径 R 的高度的圆周轨道中运行，则卫星的动能用 m、R、G（引力常数）和 M（地球的质量）可表示为 $G\frac{Mm}{6R}$ ；取无穷远处为势能零点，则相应的引力势能可表示为 $-G\frac{Mm}{3R}$ 。

14．质量 $m=2$kg 的质点在力 $F=t^2$(SI)的作用下，从原点静止出发沿 x 轴正向作直线运动，则当行至 $x=54$m 处该力所做的总功为 1296 J。

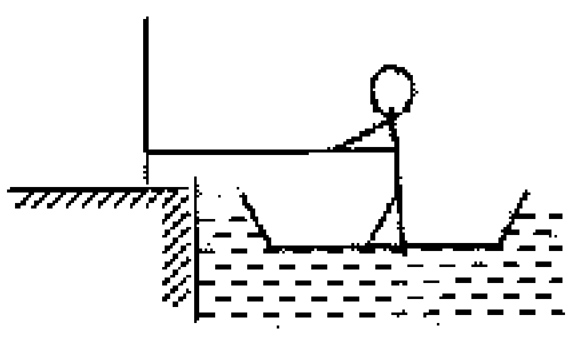
15．1990 年 3 月，紫金山天文台将该台发现的 2752 号小行星命名为“吴健雄星”。将其看作球形，直径约为 32km，密度和地球密度相近。若在此小行星上发射一颗卫星环绕其表面附近旋转，地球半径取 6400km，则此小行星上的第一宇宙速度（即卫星的环绕速度）为 20m/s 。

16．如图所示，质量为 M、高度为 h 的光滑滑道，放在光滑水平面上，滑道底部与水平面相切。质量为 m 的小物块自滑道顶部由静止下滑，则物块滑到地面时的速度为 $\sqrt{\frac{2Mgh}{M+m}}$ ；物块在下滑的整个过程中，对滑道所作的功为 $\frac{m^2gh}{M+m}$ 。



17．由 n 个质点组成的系统，动能定理的数学表达式可写成 $\sum_{i=1}^{n} W_i = E_k - E_{k0}$，式中 E_k 和 E_{k0} 分别表示系统终态和初态的总动能，而 W_i 表示的是作用在质点 i 上的力所做的功

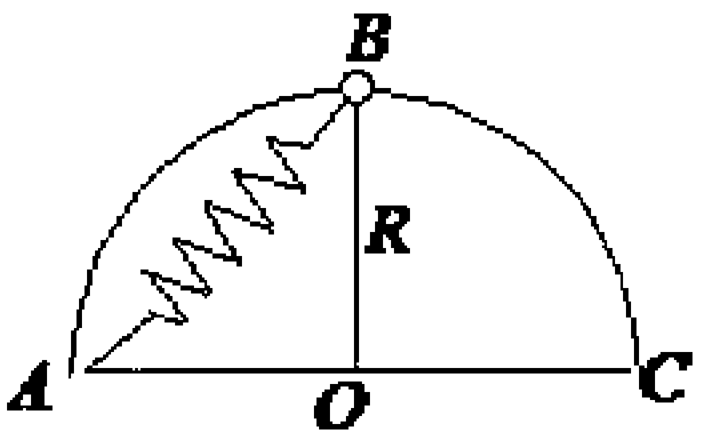
18．几个船员站在静止的驳船上，船与人合计质量为 400kg。船员们用 200N 的合力拉另一端系在岸边一树上的水平轻绳，则船开始运动后第 2 秒末的速率为 1m/s



若不计水的阻力，那么在这段时间内，船和船员这一系统所增加的动能为200J。

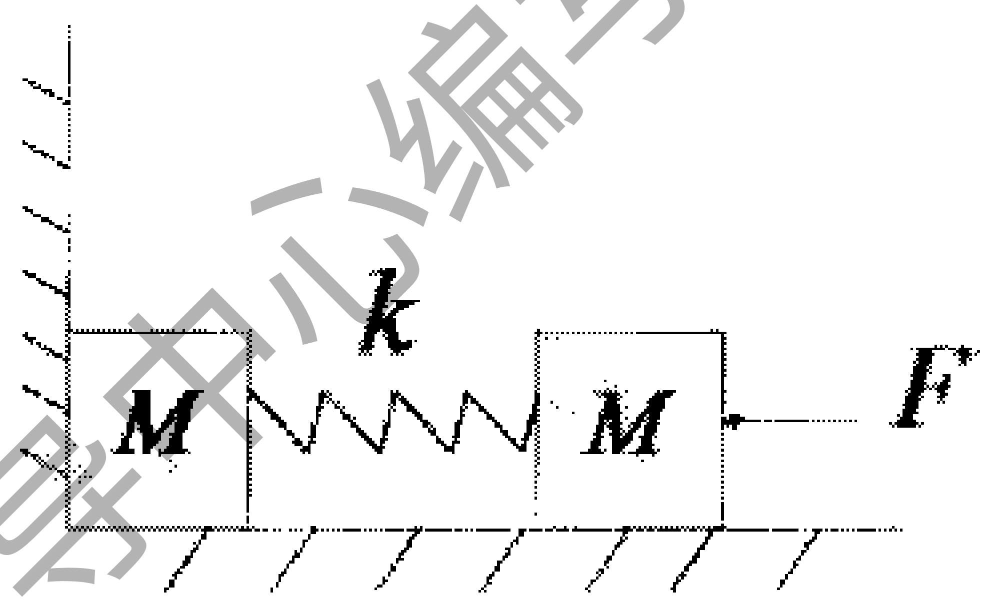
19．质量分别为M和m的两个质点，在万有引力的作用下，它们之间的距离由r_1缩短为r_2，相应万有引力所做的功为$\frac{GMm}{r_2}-\frac{GMm}{r_1}$。

20．一弹簧原长$l_0=0.1\mathrm{m}$，劲度系数$k=40\,\mathrm{N/m}$，其一端固定在半径为$R=0.2\mathrm{m}$的半圆环端点A，另一端与一套在半圆环上的小环相连。在把小环由半圆环另一端C点移到半圆环中点B的过程中，弹簧的拉力对小环所作的功为$\frac{4}{5}\sqrt{2}$ J。



三、计算题（每小题10分，共40分）

21．两个质量为M的物体放在光滑的水平面上，中间连接一劲度系数为k的轻质弹簧，现用力F推右边的物体使左边物体被压至墙角，两物体都是静止的。然后迅速撤去外力，求(1)弹簧刚恢复原长时右边物体的速度；(2)两个物体有共同速度时弹簧伸长或者压缩量？



解：(1) $F=kx$ $\quad \frac{1}{2}Mv^2=\frac{1}{2}kx^2$

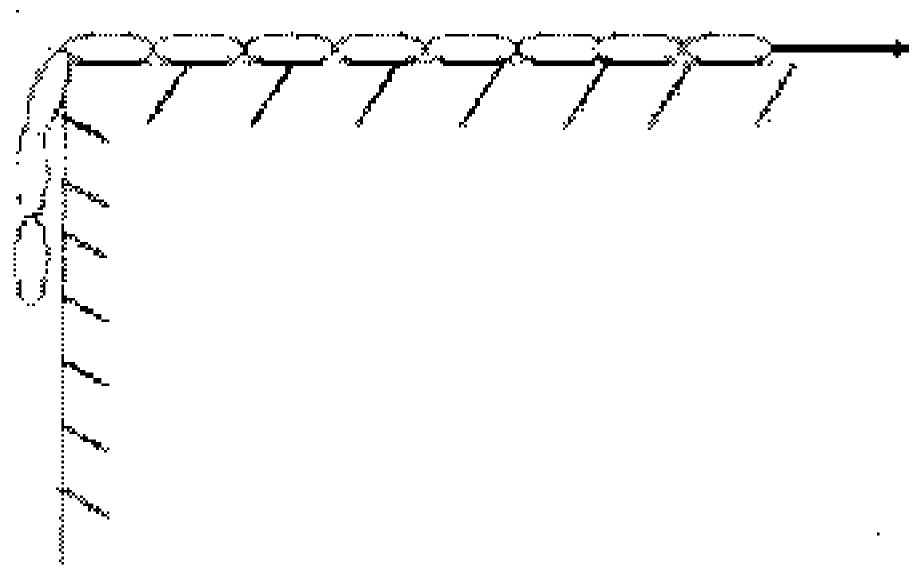
联立解得 $v=\frac{F}{\sqrt{Mk}}$

(2) $2Mv_1=Mv$ $\quad \frac{1}{2}Mv^2-\frac{1}{2}2M\cdot v_1^2=\frac{1}{2}kx^2$

联立解得 $x=\frac{F}{\sqrt{2}k}$

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

22．一个长为L、质量为M的链条放在光滑的桌面上，用手按住一端，另一端有1/3的长度由桌边下垂，如图所示。现在一水平拉力的作用下，将链条全部匀速拉上桌面，则拉力所作的功为多少？如果桌面与链条的滑动摩擦系数为μ，则拉力做功又为多少？



解：链条线密度 $\lambda = \frac{M}{L}$

t时刻 桌面链条长度 $L_1 = \frac{2}{3}L + vt$

桌面链条质量 $M_1 = L_1\lambda = \frac{M}{L}(\frac{2}{3}L + vt)$

同理 下垂链条质量 $M_2 = \frac{M}{L}(\frac{1}{3} - vt)$

若桌面光滑 在dt时间内

$$dW = M_2 g v dt = \frac{M}{L}(\frac{1}{3} - vt) g v dt$$

$$W = \int_0^{\frac{L}{3v}} \frac{M}{L}(\frac{1}{3} - vt) g v dt = \frac{1}{18}MgL$$

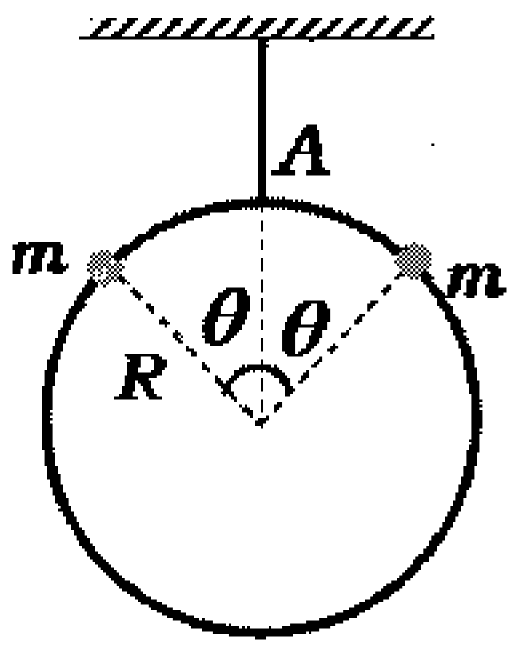
若桌面不光滑 在dt时间内

$$dW_f = \mu M_1 g v dt = \mu\frac{M}{L}(\frac{2}{3}L + vt) g v dt$$

$$W_f = \int_0^{\frac{L}{3v}} \mu\frac{M}{L}(\frac{2}{3}L + vt) g v dt = \frac{5}{18}\mu MgL$$

$$W = W_g + W_f = \frac{1}{18}MgL + \frac{5}{18}\mu MgL$$

23．如图所示，轻质光滑大圆环，环半径为R，两个质量为m的小环从顶端A处滑下，问滑动到何处，即θ为何值时大圆环会上升？



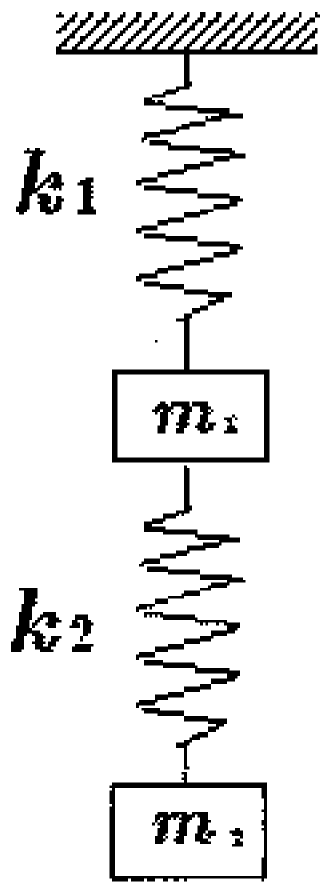
解：圆环未上升时 $\frac{1}{2}mv^2 = mg(R - R\cos\theta)$

圆环恰上升时 $mg\cos\theta = m\frac{v^2}{R}$

联立解得 $\cos\theta = \frac{2}{3}$

故 $\arccos\frac{2}{3} < \theta < \frac{\pi}{2}$ 时，圆环会上升

24．如图所示，串接悬挂的两个轻弹簧k_1、k_2下端分别挂着质量为m_1、m_2的两个物体，开始时处于静止状态。现在突然把m_1与轻弹簧k_2间的连线剪断，求m_1的最大速度为多少？设弹簧的劲度系数$k_1=8.9\times10^4\ \mathrm{N/m}$，$k_2=9.8\times10^4\ \mathrm{N/m}$，$m_1=0.5\mathrm{kg}$，$m_2=0.3\mathrm{kg}$。



解：剪断连线后 m_1 做简谐运动

平衡位置为 m_1 自然位置，

此时 m_1 的速度最大

$$(m_1+m_2)g = k_1 x_2$$

$$m_1 g = k_1 x_1$$

$$\frac{1}{2}m_1 v^2 = -m_1 g(x_2-x_1) + \frac{1}{2}k_1(x_2^2-x_1^2)$$

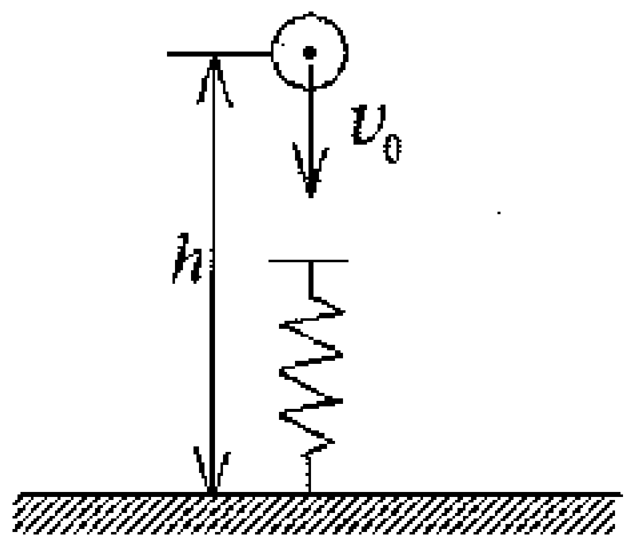
代入解得 $v = 1.4\times10^{-2}\ \mathrm{m/s}$

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

第三次 冲量和动量

一、单选题（每小题 3 分，共 30 分）

1．一轻弹簧竖直固定于水平桌面上。小球从距离桌面高为 h 处以初速度 v_0 落下，撞击弹簧后跳回到高为 h 处时速度仍为 v_0。在上述整个过程中，小球的　　[A]



A．动能不守恒，动量不守恒

B．动能守恒，动量不守恒

C．机械能不守恒，动量守恒

D．机械能守恒，动量守恒

2．甲乙两船鱼贯而行，一人从甲船跳到乙船，若忽略水的阻力，则下列说法中错误的是　　[D]

A．人与甲、乙船作为系统，其动量守恒；

B．甲船和人作为系统，人跳离甲船前后动量守恒；

C．人和乙船作为系统，人落到乙船前后动量守恒；

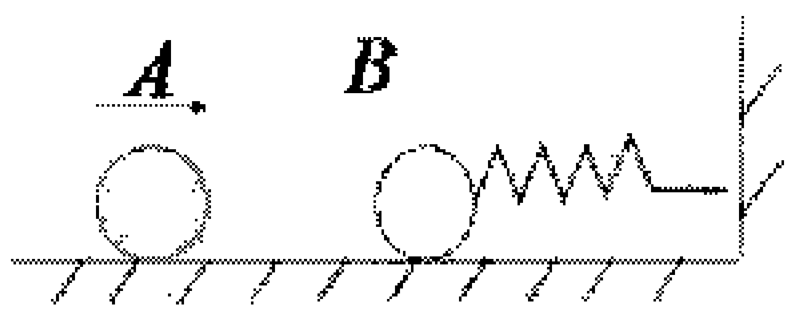
D．两船作为系统，全过程动量守恒。

3．若两球沿一直线作对心碰撞，碰后两球都静止不动，则　　[C]

A．两球质量相同；　　B．两球动能相等；

C．两球动量大小相等；　　D．两球速度大小相等。

4．一弹簧左端连接一小球，右端固定在墙上，现在有小球 A 以某个初速度水平向右运动与 B 相碰撞后一起向右压缩弹簧运动，使弹簧压缩到最大，该过程中　　[D]



A．动量守恒，机械能守恒　　B．动量不守恒，机械能守恒

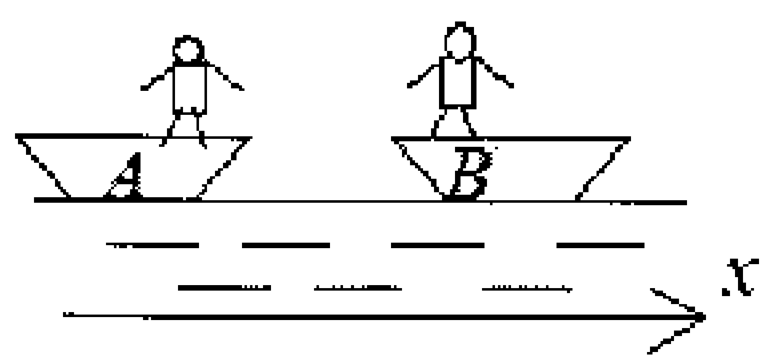
C．动量守恒，机械能不守恒　　D．动量不守恒，机械能不守恒

5．质量为 m 的质点做匀速率圆周运动，角速度为 ω，半径为 r，则合力在物体运动半周过程中的冲量大小为：　　[D]

A．$\sqrt{2}mr\omega$　　B．0

C．$mr\omega$　　D．$2mr\omega$

6．质量相同的 A、B 两船，首尾相靠地静止在平静的湖面上，各有质量相同的二个人分别在



A、B 两船上，如图所示。取如图所示 x 坐标，当 A 船上的人以相对于 A 船的速率 u 跳到 B 船上，B 船上的人再以相对于 B 船的相同速率 u 跳到 A 船上之后，A、B 两船的速度 υ_A 与 υ_B 关系为 [C]

A. $\upsilon_A > 0$，$\upsilon_B > 0$　　　　B. $\upsilon_A = 0$，$\upsilon_B > 0$

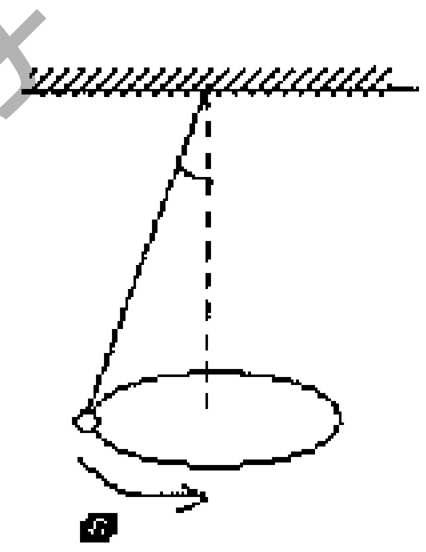
C. $\upsilon_A < 0$，$\upsilon_B > 0$　　　　D. $\upsilon_A < 0$，$\upsilon_B = 0$

7. 一系统由质量分别为 m 和 $4m$ 的两个质点构成，当它们以相同动能 E 沿同一直线面对面运动，系统的动量大小为 [A]

A. $\sqrt{2mE}$　　　　B. $2\sqrt{2mE}$

C. $3\sqrt{2mE}$　　　　D. $4\sqrt{2mE}$

8. 如图所示，作圆锥摆的小球在运动一周后回到原处，这一周期内 [A]



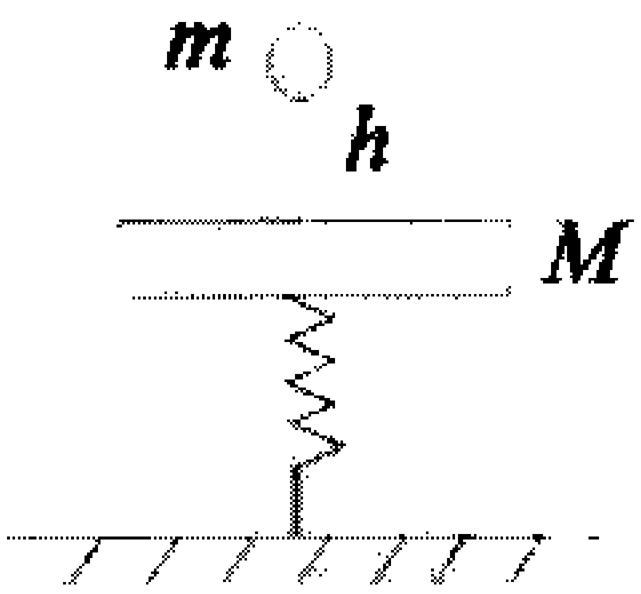
A. 小球动量的增量为零；

B. 小球受到的重力的冲量为零；

C. 绳子中张力的冲量为零；

D. 小球的动量守恒。

9. 如图所示，一劲度系数 k 的竖直弹簧一端与质量为 M 的板相连，另一端与地面相连，一个质量为 m 的小球从距离板高度为 h 的地方由静止自由落体到板上，之后小球与板一起运动。假定小球与板撞击的时间可忽略不计，则两者一起运动的最大距离为 [C]



A. $\dfrac{(M+m)g}{k}\left(1+\sqrt{1+\dfrac{2kh}{(M+m)g}}\right)$

B. $\dfrac{(M+m)g}{k}\left(1+\sqrt{1+\dfrac{2kh}{Mg}}\right)$

C. $\dfrac{mg}{k}\left(1+\sqrt{1+\dfrac{2kh}{(M+m)g}}\right)$

D. $\dfrac{mh}{M+m}$

班级：　　　　　　　姓名：　　　　　　　学号：

10．两个质量相同的小球在光滑的水平桌面上做完全弹性碰撞，则碰撞后不可能发生的是　　　　[A]

A．两球以相同速度运动　　　　B．和碰撞之前相比，两球的速度互换

C．两球的总机械能保持不变　　D．两球的动量保持不变

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

11．一质量为 m=70kg 的人在质量为 M=280kg 的船上，两者相对于地面以速度 $\upsilon=4\text{m/s}$ 向岸上靠近，突然人以相对于船的速度为 υ' 向岸上跳去，人跳离后船的速度变为原来的一半，则人的速度 υ' = 8m/s 。　此题答案有争议

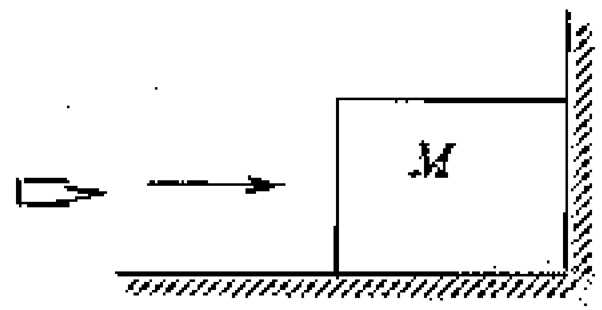
12．一质量为 m 的物体，以初速 $\vec{\upsilon}_0$ 从 h 高处水平地抛出。如忽略空气阻力，则从抛出到刚要接触地面的过程中，(1) 物体动量增量的大小为 $m\sqrt{2gh}$ ，(2) 物体动量增量的方向为 竖直向下 。

13．一质量为 m=0.33kg 的物体静止于光滑水平面上，现有一水平方向的冲力作用在该物体上：

$$F(t)=\begin{cases}2t & (0\le t\le 1\text{s})\\ 2(2-t)^2 & (1\le t\le 2\text{s})\end{cases}$$

则在 0~2s 内物体所受冲量为 $\frac{5}{3}\text{N}\cdot\text{s}$ ，平均冲力为 $\frac{5}{6}\text{N}$ 。

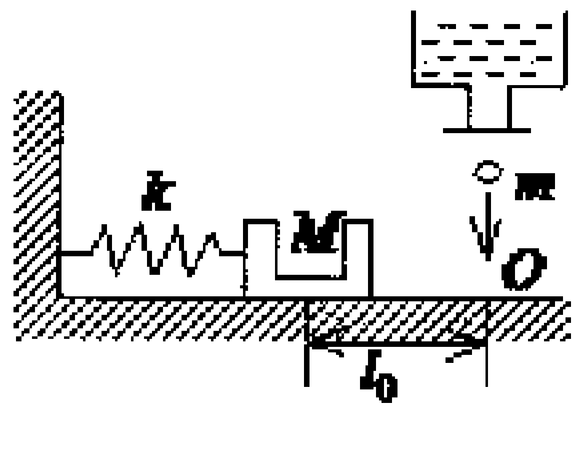
14．如图所示，质量为 m 的子弹以水平速度 $\vec{\upsilon}$ 射入静止的木块 M 并嵌入在木块内，设子弹入射过程中木块 M 不反弹，则墙壁对木块的冲量= $-m\vec{\upsilon}$ 。



15．炮弹的质量 m=5kg，以速率 $\upsilon_0=500\text{m/s}$ 沿水平方向射穿过一墙体。穿出时炮弹的速率为 $\upsilon=30\text{m/s}$，方向不变，则炮弹在穿墙过程中所受冲量的大小为 2350 kg·m/s 方向为 与速度方向相反

16．一个质量为 m 的子弹水平入射到一个静止在水平桌面的质量为 M 的木块。木块和水平桌面的摩擦系数为μ，子弹快速停留在木块中而木块在水平桌面上滑动了距离 s 后停止，则子弹刚发射时的速度为 $\frac{M+m}{m}\sqrt{2\mu g s}$

17．如图所示，劲度系数为 k 的弹簧，一端固定在墙上，另一端连接一质量为 M 的容器，容器可在光滑的水平面上运动，当弹簧未变形时，容器位于 O 点处。今使容器自 O 点左边 l_0 处从静止开始运动，每经过 O 点一次，就从上方滴管中滴入一质量为 m 的油滴，则第一滴油滴落入容器的瞬间，容器的速率为 $\frac{M}{m+M}l_0\sqrt{\frac{k}{M}}$ ；当容器中滴入了 n 滴油滴后，M 容器可以



偏离 O 点的最大距离为 $\sqrt{\frac{M}{M+nm}}\, l_0$ 。

18．一质量为 m 的质点在 oxy 平面内运动，其在 t 时刻的加速度为 $\bar{a}(t)=\omega(\alpha\cos\omega t\bar{i}+\beta\sin\omega t\bar{j})$。已知在 $t=0$ 时刻该质点的速度为零，则质点在任一时刻的动量 $\bar{p}(t)=$ $m(\alpha\sin wt\,\vec{i}+\beta\vec{j}-\beta\cos wt\,\vec{j})$

19．质量为 m 的铁锤竖直落下，打在木桩上并停下，设打击时间为 Δt，打击前铁锤速率为 υ，则在打击木桩的时间内，铁锤所受平均合外力的大小为 $\frac{mV}{\Delta t}$。

20．在光滑水平面上有两个质量分别为 m 和 $2m$ 的物体 A、B，速率分别为 υ_A,υ_B，两者在同一直线上相向运动，发生完全弹性碰撞，在碰撞过程中系统动能最小为 $\frac{1}{6}m(V_A+2V_B)^2$

三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

21．一个质量 1.0kg 的球竖直落在地面上，撞击的速度 $\upsilon_1=25\text{m/s}$，再以 $\upsilon_2=10\text{m/s}$ 的速度反弹，求：(1)球与地面接触过程中，球所受冲量的大小和方向？(2)如果球与地面的接触时间为 $t=0.02\text{s}$，则球对地面的平均冲力大小和方向是多少？

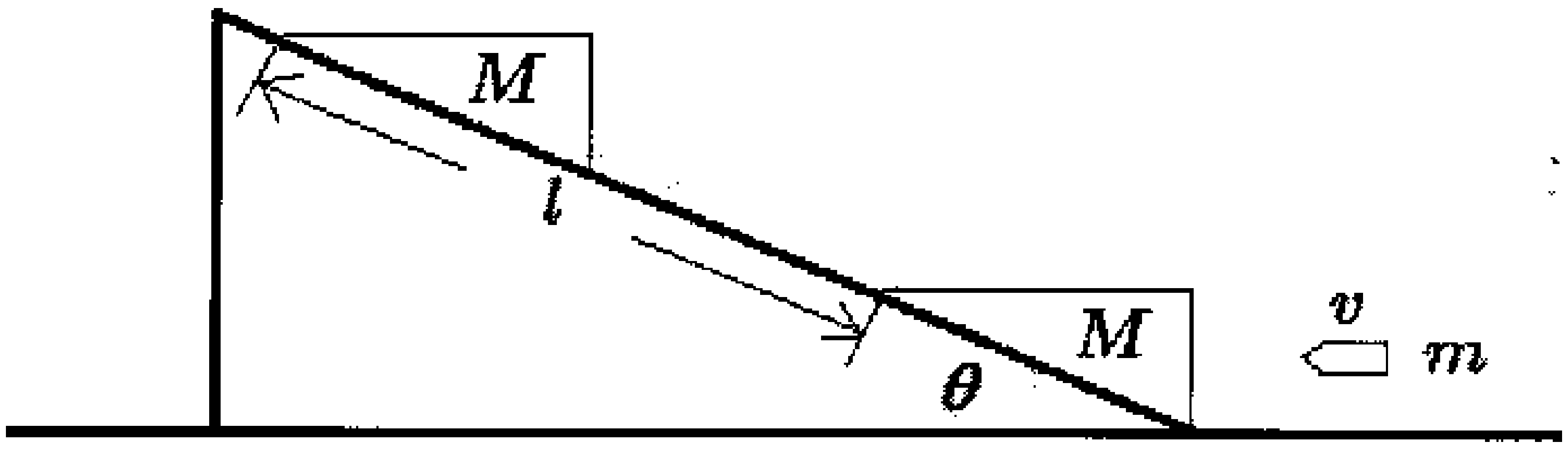
解：(1) $I=m\Delta V=35\ kg\cdot m/s$ 方向竖直向上

(2) $(F-mg)t=I$ 解得 $F=1760N$

$F'=F=1760N$ 方向竖直向下

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

22．质量为 M 的木块与表面光滑的固定斜面的底端靠在一起并处于静止状态。一颗水平速度为 v、质量为 m 的子弹射向 M 木块，并嵌入在木块内。求嵌入了子弹的 M 木块的运动速度 V，以及该 M 木块可沿着光滑的固定斜面上滑的距离 l。



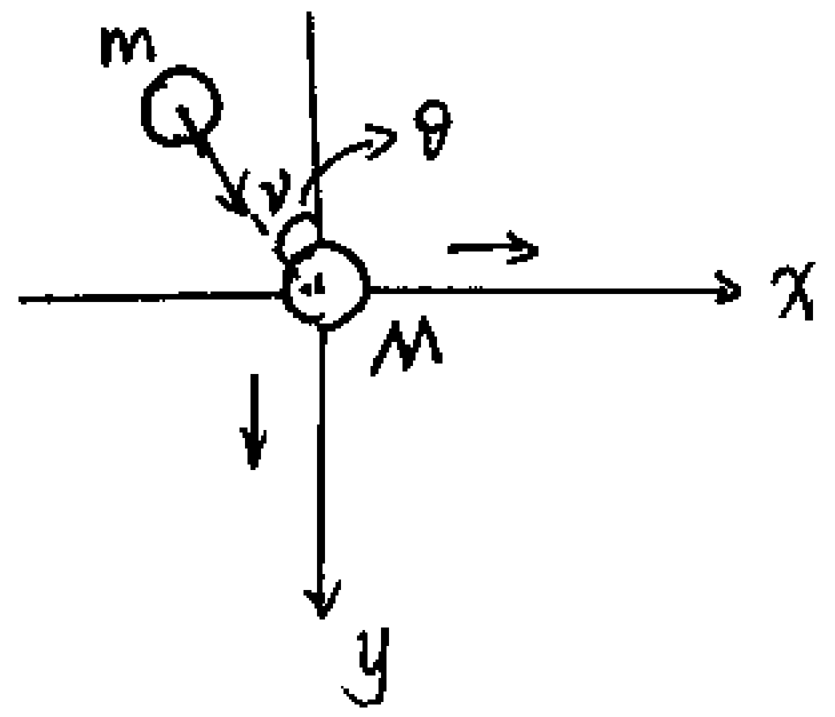
解：动量守恒　$mv=(M+m)V$

能量守恒　$\frac{1}{2}(M+m)V^2\cos^2\theta=(M+m)gl\sin\theta$

联立解得　$V=\frac{m}{M+m}v$　　$l=\frac{m^2v^2\cos^2\theta}{2(M+m)^2g\sin\theta}$

23．一光滑球与另一静止的光滑球相碰。如两者均为弹性球，且碰后两者运动方向互相垂直，则两者质量必定相等，试证明之。

解



水平方向动量守恒 $mv\sin\theta = Mv_x$

竖直 〃 〃 〃 $mv\cos\theta = mv_y$

弹性碰撞能量守恒 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_y^2 + \frac{1}{2}Mv_x^2$

联立解得 $M=m$

24．宇宙飞船在宇宙尘埃中飞行，尘埃密度为ρ。如果初始质量为m_0的飞船以初速v_0开始穿过尘埃，由于尘埃粘在飞船上，致使飞船速度发生变化。求飞船的速度与其在尘埃中飞行的时间的关系。（设飞船为横截面面积为S的圆柱体，且飞船扫过体积的尘埃全部被飞船粘住）

解：动量守恒 $mv = m_0v_0$ 即 $m = \frac{m_0v_0}{v}$

$dm = -\frac{m_0v_0}{v^2}dv$ 又 $dm = \rho S v\,dt$

故 $-\frac{m_0v_0}{v^2}dv = \rho S v\,dt \Leftrightarrow -\frac{1}{v^3}dv = \frac{\rho S}{m_0v_0}dt$

积分 $\int_0^t \frac{\rho S}{m_0v_0}dt = \int_{v_0}^{v} -\frac{dv}{v^3}$

即 $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{v^2}-\frac{1}{v_0^2}\right) = \frac{\rho S t}{m_0v_0}$.

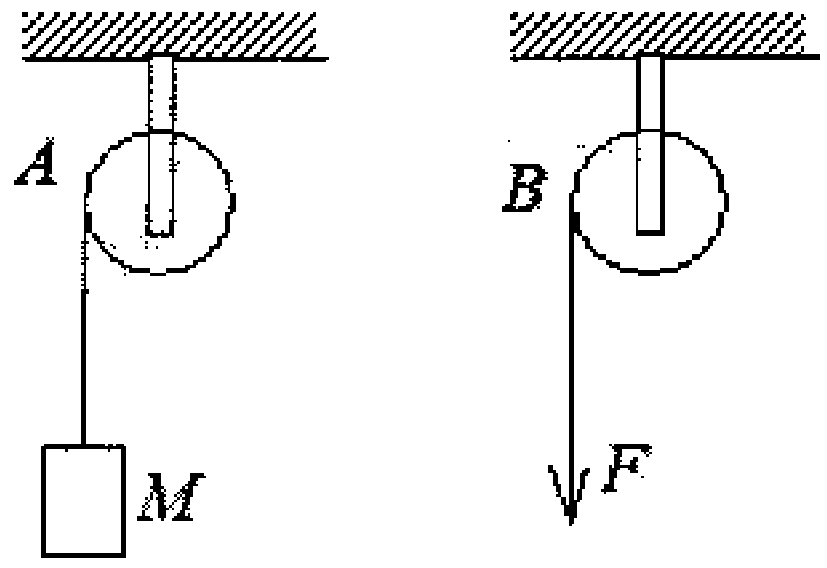
则 $v = \frac{m_0v_0}{\sqrt{2\rho S t v_0^2 + m_0v_0}}$

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

第四次 刚体

一、单选题（每小题3分，共30分）

1．如图所示，A、B为两个相同的绕着轻绳的定滑轮，它们都可看作是质量均匀分布的圆盘。A滑轮挂一质量为M的物体，B滑轮受拉力F，且$F=Mg$。绕着A、B两滑轮上的轻绳中的张力分别为T_A、T_B，不计滑轮轴的摩擦，则有　　　　[C]

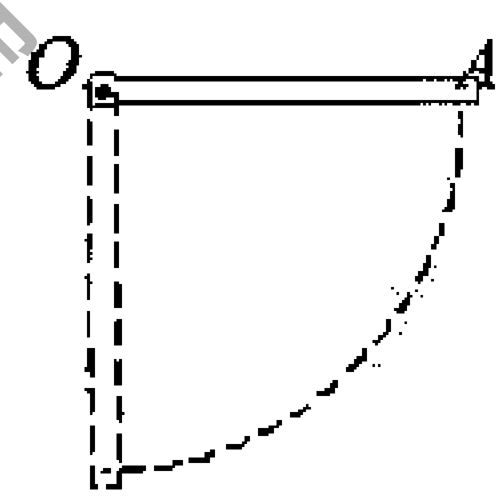


A、$T_A=T_B$　　　　B、$T_A>T_B$

C、$T_A<T_B$　　　　D、不确定

2．均匀细棒OA绕通过其一端O而与棒垂直的水平固定光滑轴转动，如图所示。现使棒从水平位置由静止开始自由下落，在棒摆动到竖直位置的过程中，下述说法哪一种是正确的？

[D]



A．细棒的转动惯量从小到大，其角加速度也从小到大

B．细棒的转动惯量从大到小，其角加速度也从大到小

C．细棒的转动惯量不变，但其角加速度从小到大

D．细棒的转动惯量不变，但其角加速度从大到小

3．一个有着边沿的表面光滑的水平圆盘，可绕通过其中心、与其盘面垂直的固定竖直轴转动，盘内有一个玻璃球。把带边沿圆盘与玻璃球视为一个系统，当此玻璃球在水平盘面内自由滚动时，若忽略轴的摩擦，此系统　　　　[D]

A．动量守恒　　　　B．动量、机械能和角动量都守恒

C．机械能一定守恒　　　　D．转轴方向的角动量守恒

4．关于质点的角动量，下列说法中正确的是　　　　[C]

A、只取决于质点的质量，与质点的运动状态和坐标系原点位置无关；

B、取决于质点的质量和运动状态，与坐标系原点位置无关；

C、取决于质点的质量、运动状态和坐标系原点的位置；

D、只取决于坐标系原点的位置，与质点的质量和运动状态无关。

5．一块质量分布均匀的等边三角形薄板，其质量为m、边长为a，则它相对于通过其一边的轴的转动惯量为　　　　[D]

A．$ma^2/2$　　　　B．$ma^2/12$

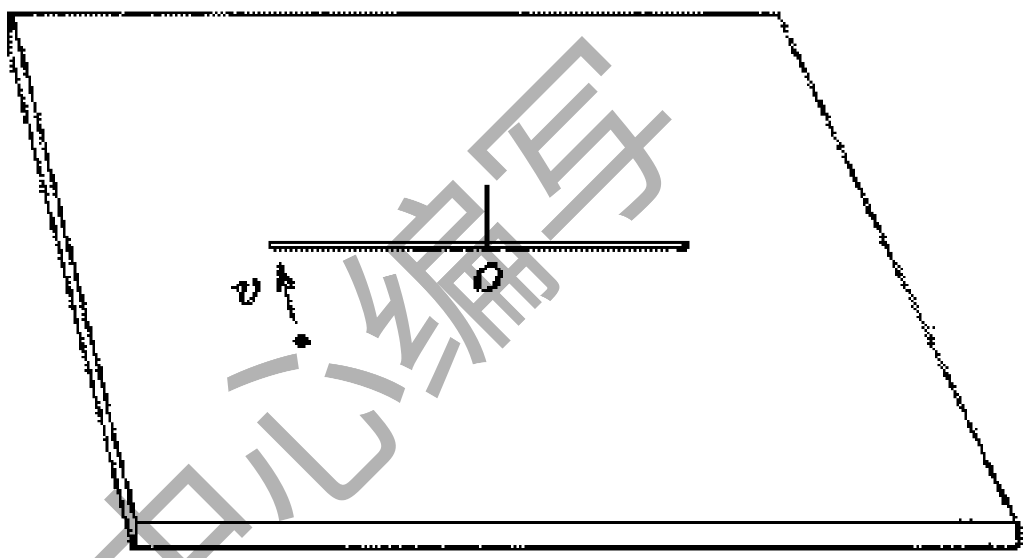
C. $ma^2/3$　　　　　　D. $ma^2/8$

6. 有一质量分布不均匀的球面，其质量为m、半径为R，球心在坐标原点，其上任意一点的质量面密度为$\sigma(\theta)=\alpha(1+\sin\theta)$，其中$\theta$为该点和球心的连线与$z$轴正方向的夹角，$\alpha$为大于零的常数。若质量均匀分布球面的质量也为$m$、半径也为$R$，则质量分布不均匀的球面，其相对于$z$轴的转动惯量$J$与质量均匀分布的球面，其相对于$z$轴的转动惯量$2mR^2/3$相比较，满足　　[A]

A. $J>2mR^2/3$　　　　　　B. $J=2mR^2/3$

C. $J<2mR^2/3$　　　　　　D. 条件不足，无法确定

7. 光滑水平桌面上有长为l、质量为m的匀质细杆，可绕通过其中点O且垂直于桌面的竖直固定轴自由转动，其转动惯量为$ml^2/12$，且起初杆静止。有一质量为m的小球在桌面上正对着杆的一端，在垂直于杆长的方向上，以速率v运动，如图所示。当小球与杆端发生碰撞后，还与杆粘在一起随杆转动，则这一系统碰撞后的转动角速度是　　[A]



A. $3v/2l$　　B. $2v/3l$　　C. $3v/4l$　　D. $3v/l$

8. 一块质量分布均匀的等边三角形薄板，其质量为m、边长为a，该薄板相对于通过其一个顶点且与其所在平面垂直的轴的转动惯量为　　[C]

A. $ma^2/2$　　B. ma^2　　C. $5ma^2/12$　　D. $ma^2/3$

9. 刚体对某点或对某轴角动量守恒的充要条件是　　[A]

A. 刚体对该点或该轴外力矩和为零

B. 刚体所受的合外力和合外力矩均为零

C. 刚体不受外力矩的作用

D. 刚体的转动惯量和角速度均保持不变

10. 假设卫星环绕地球中心作圆周运动，则在运动过程中，卫星对地球中心的

[A]

A. 角动量守恒，动能也守恒

B. 角动量守恒，动能不守恒

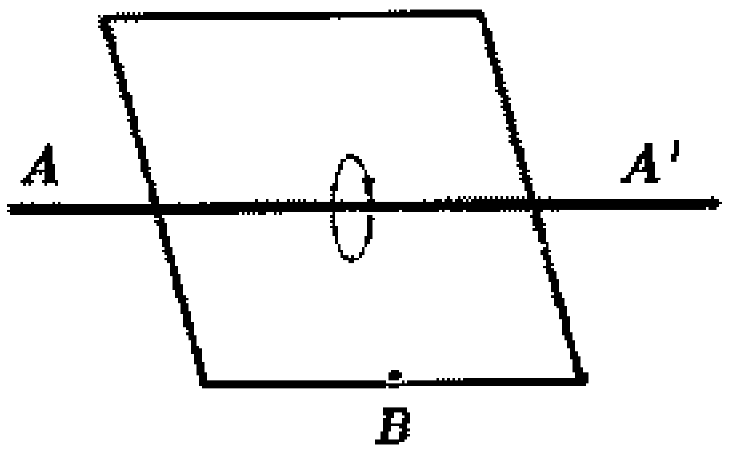
C. 角动量不守恒，动能守恒

D. 角动量守恒，动量也守恒

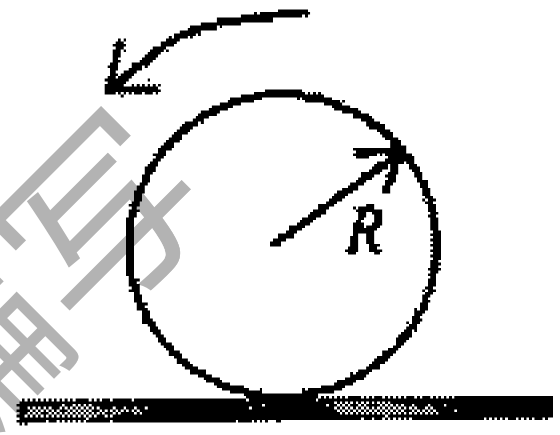
班级：　　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　　学号：

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

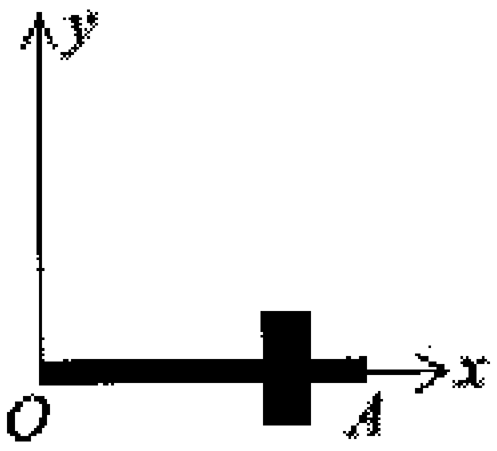
11．一质量为m、边长为a的薄正方形板，可绕通过其两个对边中心的光滑固定轴AA'转动，转动惯量$J=ma^2/6$。该正方形板从静止开始在平行于转轴方向恒力矩$\bar{M}$作用下转动，t秒后与轴AA'平行的边上任一点B的切向加速度$a_\tau=$ $\frac{3M}{ma}$，法向加速度$a_n=$ $\frac{18M^2t^2}{m^2a^3}$。



12．一质量为m、半径为R的均匀圆柱开始时以角速度ω_0绕其对称轴旋转，现将其轻轻放在水平桌面上释放，如图所示。已知圆柱与桌面之间的滑动磨檫系数为μ，则在圆柱开始做纯滚动的瞬间，其总动能等于 $\frac{1}{12}mR^2\omega_0^2$。

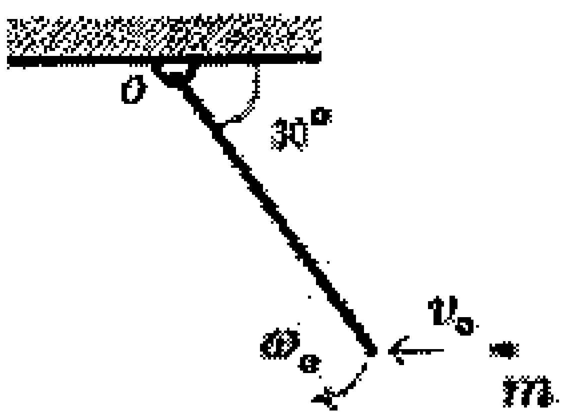


13．如图所示，一陀螺仪的自转轴在水平面Oxy内，绕固定点O进动，若陀螺仪的自转方向（由A向O看）为顺时针，则从上向下看，陀螺仪的进动方向为 顺时针 。（填“顺时针”或“逆时针”）



14．质量为M的定滑轮、半径为R，对其水平转轴的转动惯量$J=MR^2/2$。在滑轮的边缘绕一细绳，绳的下端挂一物体，绳的质量可以忽略且不能伸长，滑轮与轴承间无摩擦。物体下落的加速度为$g/4$（g为重力加速度），则绳中的张力$T=$ $\frac{1}{8}Mg$。

15．如图所示，长为l、质量为M的匀质直杆可绕过其一端O的水平光滑固定轴转动。直杆开始从水平位置无初速释放，当转动到与水平方向成角30^0时，有一质量为$m=M/3$的子弹以水平速度v_0射入直杆的下端点并马上嵌在杆中不动，则子弹射入后瞬间杆的角速度$\omega=$ $\sqrt{\frac{3g}{8l}}+\frac{v_0}{4l}$。

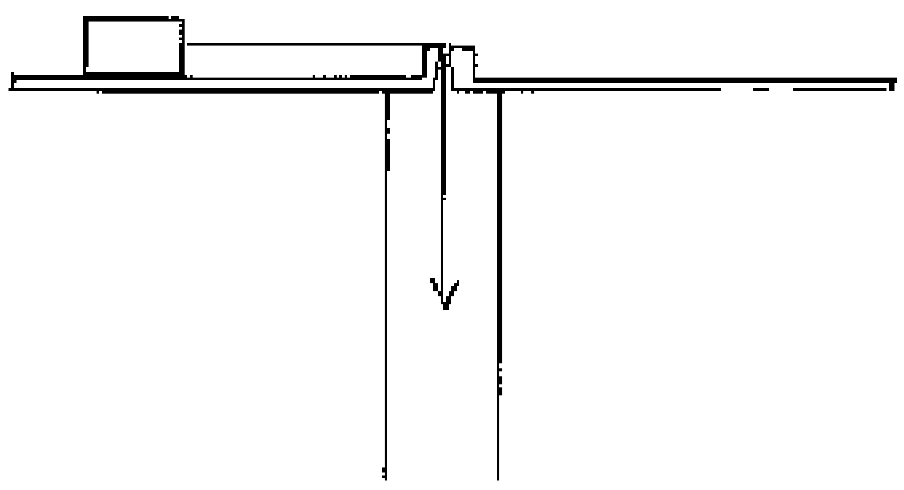


16．有一块质量为m、半径为R的均匀圆形薄板，该板相对于通过其一条直径的轴的转动惯量为 $\frac{1}{4}mR^2$ 。

17．一块质量为m的均匀正方形薄板，其边长为a，薄板相对于一条对角线的转动惯量为J_1，相对于过其中心且平行于其一边的轴的转动惯量为J_2，则

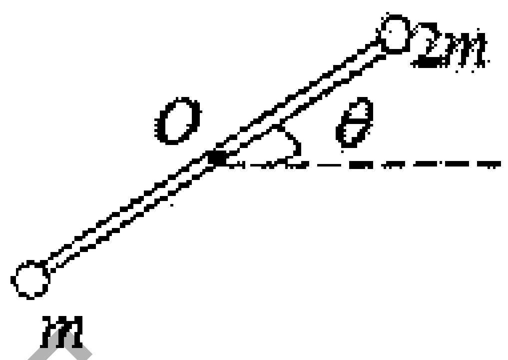
J_1 = J_2（填“>”、“=”或“<”）。

18．置于光滑水平桌面上的小物块被一细绳相牵拉，细绳另一端穿过桌面中心的小孔竖直向下（如图所示）。该小物块原以ω_0=3 rad/s的角速度在距孔0.5m 的圆周上转动。现将细绳通过小孔缓慢下拉，使小物块的转动半径减为0.1m，则物体的角速度ω= 75rad/s



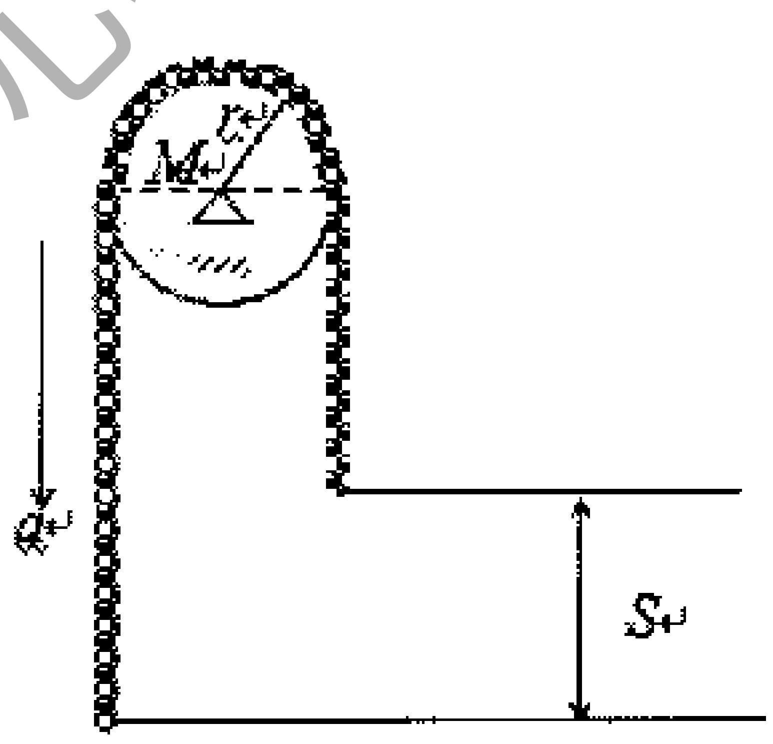
19．质量为m的棒球以速度v沿一直线飞行，它对该直线上任一点的角动量为 0 。

20．一质量不计、长为l的直杆，两端分别固定着质量为$2m$和m的小球，杆可绕通过其中心O且与杆垂直的水平光滑固定轴在铅直平面内转动。开始杆与水平方向成角度θ，且处于静止状态，如图所示。释放后，杆绕O轴转动，当杆转到水平位置时，此时该系统角速度的大小ω= $\sqrt{\frac{4}{3}\frac{g\sin\theta}{l}}$。



三、计算题（每小题10分，共40分）

21．质量M、半径r的匀质飞轮，绕通过飞轮中心且与飞轮垂直的固定光滑水平轴转动，相应的转动惯量为$Mr^2/2$。绕过飞轮的边缘挂有质量m，长为l的匀质柔软铁链（如图）。设铁链与飞轮无相对滑动，求飞轮两侧链长之差为S时，飞轮的角加速度大小。



解：设铁链左侧质量为m_1，右侧质量为m_2

挂在飞轮上的质量为m_3

则 $m_1 g - T_1 = m_1 a$

$T_2 - m_2 g = m_2 a$

$r(T_1' - T_2') = J\alpha$

$J = \frac{M}{2}r^2 + m_3 r^2$

$T_1' = T_1 \quad T_2' = T_2$

$a = r\alpha$

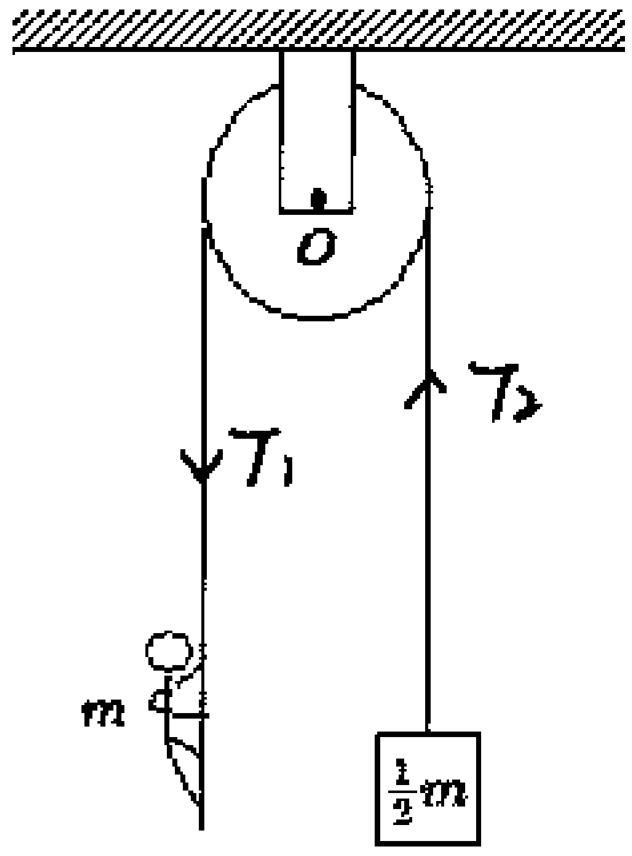
又 $m_1 - m_2 = m\frac{S}{l}$

$m_1 + m_2 = m\frac{l - \pi r}{l}$

$m_3 = m\frac{\pi r}{l}$

联立解得 $\alpha = \frac{2mgS}{(2m+M)rl}$

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：



22．一具有光滑转轴的定滑轮，半径为R，其质量为$m/4$，质量均匀地分布在滑轮的边缘上，从而对转轴的转动惯量为$J=mR^2/4$。一轻绳跨过该定滑轮，轻绳与滑轮间无相对滑动，其左端有一质量为m的人爬在轻绳上，而右端则系了一质量为$m/2$的重物，如图所示。当人从静止开始相对于轻绳匀速向上攀爬时，求重物上升的加速度？

解 $mg - T_1 = ma$

$R(T_1 - T_2) = J\alpha$

$T_2 - \frac{1}{2}mg = \frac{1}{2}ma$

$a = R\alpha$

联立解得 $a = \frac{2}{7}g$

23．半径$R=0.4\text{m}$、质量$M=15\text{kg}$的圆柱体，可绕与其几何轴重合的水平固定轴作无摩擦的转动，对该轴的转动惯量为$J=MR^2/2$。一不可伸长的轻绳绕于柱面，绳的另一端系有质量$m=5.0\text{kg}$的物体。物体自静止下落，求：$t=4\text{s}$内物体下降的距离，以及圆柱体转过的角度。

解 $mg - T = ma$　　$RT = J\alpha$　　$a = R\alpha$

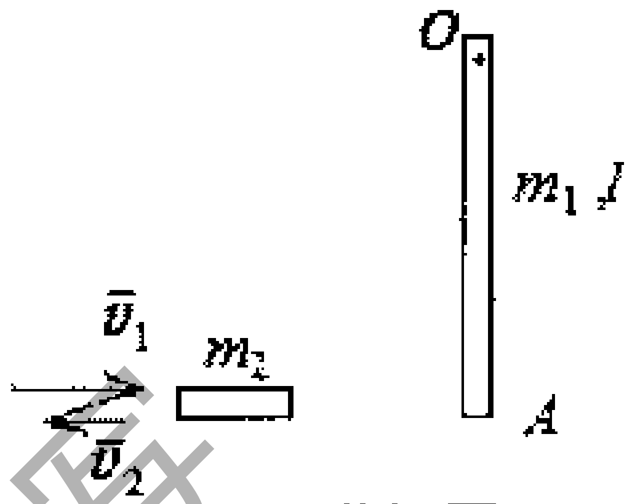
联立解得 $a = 4\ m/s^2$　　$\alpha = 10\ s^{-2}$

$h = \frac{1}{2}at^2 = 32m$　　$\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2 = 80$

（若 g 取 $9.8\ m/s^2$　　$a = 3.92 m/s^2$　　$\alpha = 9.8\ s^{-2}$

$h = 31.36m$　　$\theta = 78.4$　）

24．有一质量为m_1、长为l的均匀细棒，静止平放在滑动摩擦系数为μ的水平桌面上，它可绕通过其端点O且与桌面垂直的固定光滑轴转动。另有一水平运动的质量为m_2的小滑块，从侧面垂直碰撞于静止棒的A端，且碰撞时间极短。已知小滑块在碰撞前后的速度分别为$\bar{v}_1$和$\bar{v}_2$，如图所示。求碰撞后，细棒从开始转动到停止转动的过程所转过的角度θ。(已知棒绕O点的转动惯量$J = m_1 l^2/3$)



俯视图

解：角动量守恒　$m_2 v_1 l = J\omega - m_2 v_2 l$　①

能量守恒　$\frac{1}{2}J\omega^2 = M_f\theta$　②

其中　$M_f = \mu m_1 g \times \frac{l}{2}$　③

联立 ①②③．$\theta = \frac{3m_2^2(v_1+v_2)^2}{\mu m_1^2 g l}$

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

第五次 狭义相对论

一、单选题（每小题3分，共30分）

1．一艘飞船以恒定速度$u=0.6c$飞离地球，假设飞船头部向飞船尾部发出一个光讯号，在飞船上测得经$\Delta t=1\mu s$后尾部接收器接收到该光信号，则地面上观测者测得光讯号从船头出发到抵达船尾所花的时间$\Delta t'$为(c表示真空中光速) [C]

A．$1\mu s$　　B．$2\mu s$　　C．$0.5\mu s$　　D．$0.8\mu s$

2．静止时边长为L的立方体，沿着与它的一条对角线平行的方向以速率$\upsilon=0.6c$相对于地面匀速运动时，在地面上测得它的体积为 [A]

A．$0.8L^3$　　B．$0.6L^3$　　C．$1.25L^3$　　D．L^3

3．惯性系S'相对于惯性系S以速率$0.5c$沿x轴正方向匀速运动。惯性系S中的观察者观测到一物体以速率$0.3c$匀速运动，则在惯性系S'中观察到该物体速率不可能为 [A]

A．$0.2c$　　B．$0.3c$　　C．$0.4c$　　D．$0.5c$

4．惯性系S'相对于惯性系S以速率υ沿x轴正方向匀速运动，且两者在$t=t'=0$时重合。若某两事件在惯性系S与S'中的观测者看来都是同时发生的，则下面说法中正确的是 [C]

A．在惯性系S中，这两个事件一定是发生在同一地点。

B．在惯性系S'中，这两个事件不可能发生在同一地点。

C．这两个事件发生地点的x坐标一定相同。

D．条件不足，无法判定。

5．一艘飞船以恒定速度$u=0.6c$飞离地球，假设飞船头部向飞船尾部发出一个光讯号，在飞船上测得经$\Delta t=1\mu s$后尾部接收器接收到该光信号，则地面上观测者测得，在这一过程中，飞船飞行的距离为(c表示真空中光速) [C]

A．180m　　B．360m　　C．90m　　D．144m

6．惯性系S'相对于惯性系S以速率$\upsilon(\upsilon<c)$匀速运动。在S系中测得，某两个事件的时间间隔为$\Delta t=5s$，而在S'中这两个事件发生在同一地点，它们的时间间隔为$\Delta t'=3s$，则 [A]

A．$\upsilon=0.8c$　　B．$\upsilon=0.6c$　　C．$\upsilon=0.36c$　　D．$\upsilon=0.64c$

7．设某微观粒子的总能量是它的静止能量的1.25倍，则其运动速度的大小为c的多少倍？(c以表示真空中的光速) [C]

A．0.4　　B．0.5　　C．0.6　　D．0.7

8．判断下列表述中哪些是正确的 [B]

(1) 任意参照系中测得物体的运动速度都不可能大于真空中的光速；

(2) 质量、长度、时间的测量结果都取决于物体相对观察者的运动状态；

(3) 在惯性系中同一时刻不同地点的两个事件，在其他一切惯性系中必定是同时发生的；

(4) 在相对与一个粒子静止不动的参考系中测得该粒子寿命必定比在其他惯性系中测得该粒子的寿命要短。

A、(1)，(3)，(4)；　　B、(1)，(2)，(4)；

C、(1)，(2)，(3)；　　D、(2)，(3)，(4)。

9．在某惯性系中，两个静止质量都是 m_0 的粒子相碰后合在一起成为一个粒子。

若在碰撞前其中一个粒子静止不动，另一个粒子的速率为 $\upsilon = 0.6c$，则合成粒子的运动速率为　[C]

A、$0.3c$　　B、$0.2c$　　C、$c/3$　　D、$15c/41$

10．根据狭义相对论力学的基本方程 $\vec{F} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t}$，以下论断中正确的是 [D]

A．质点的加速度和合外力必在同一方向上，且加速度的大小与合外力的大小成正比；

B．质点的加速度和合外力可以不在同一方向上，但加速度的大小与合外力的大小成正比；

C．质点的加速度和合外力必在同一方向上，但加速度的大小与合外力可不成正比；

D．质点的加速度和合外力可以不在同一方向上，且加速度的大小不与合外力大小成正比。

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

11．狭义相对论时空观表明，时间的量度和空间的量度都是<u>相对的</u>，时空的量度与观察者的<u>运动状态</u>密切相关。

12．地球上的观测者发现，有两飞船相向匀速运动，两船中各放有一根米尺，米尺顺着飞船的相对运动方向放置。若飞船 A 上宇航员测得飞船 B 上米尺的长度为 0.6m，则飞船 B 上宇航员测得飞船 A 上米尺的长度<u>=0.6m</u>。地球上观测者观察到两船上米尺的长度都<u>>0.6m</u>。（填 >0.6m，<0.6m，=0.6m 或无法确定）

13．当粒子的动能等于它的静止能量时，它的运动速度为 $\frac{\sqrt{3}}{2}c$。

14．惯性系S'相对于惯性系S以速率v沿y轴正方向匀速运动，且两者在$t=t'=0$时重合。这两个惯性系之间的洛伦兹速度变换公式为$u'_x=$ $\frac{u_x\sqrt{1-\beta^2}}{1-\frac{v}{c^2}u_y}$，

$u'_y=$ $\frac{u_y-v}{1-\frac{v}{c^2}u_y}$，$u'_z=$ $\frac{u_z\sqrt{1-\beta^2}}{1-\frac{v}{c^2}u_y}$ 其中 $\beta=\frac{v}{c}$

15．一以光速c运动的粒子的相对论能量为E，其相对论动量的大小为p，则$E/p=$ c。

16．飞船以$0.5c$（c为真空中的光速）的速率相对地面运动，从飞船中以相对飞船为$0.5c$的速率向前方发射一枚导弹。假设发射导弹不影响飞船原有速率，则地面上的观察者测得导弹的速率为 $0.8c$。

17．爱因斯坦相对性原理说的是 在所有惯性系中，一切物理定律都具有相同形式

18．一飞船以速率$v=0.8c$匀速飞离地球，起飞后半小时，地面上的工作人员向飞船发射了两个无线电脉冲信号，两信号的时间间隔为3s（地球时间），信号被船尾的接收器接收。则地面上的工作人员观测到两信号被接受的时间间隔为 15s，而飞船上的宇航员观测到两信号发射的时间间隔为 5s。

19．固有长度为L的车厢相对于地面以速度u沿直线轨道高速运动，车厢的前端有人朝车厢后端的靶以速度$v=\frac{c^2}{\alpha u}$（α是大于1的常数）发射一颗子弹。在地面上测得，子弹在这一过程中飞行的距离为 $\frac{L(c^2-\alpha u^2)}{c\sqrt{c^2-u^2}}$。($c$表示真空中光速)

20．μ子是一种基本粒子，在相对于μ子静止的参考系中测得其寿命为$\tau_0=2.0\times10^{-6}\mathrm{s}$。如果$\mu$子相对于地球以$0.98c$的速度运动（$c$为真空中光速)，则在地球坐标系中测出的$\mu$子的寿命$\tau=$ 1.0×10^{-5}s

三、计算题（每小题10分，共40分）

21．一静止的中性Λ^0超子发生衰变生成1个质子p和一个π^-介子$\Lambda^0\rightarrow p+\pi^-$，已知$\Lambda^0$、$p$、$\pi^-$的静止质量分别为$M_\Lambda=1115.6\mathrm{MeV}/c^2$、$M_p=938.3\mathrm{MeV}/c^2$、$M_\pi=139.6\mathrm{MeV}/c^2$，求质子、$\pi^-$介子的动能。

解：
$$M_\Lambda=\frac{M_p}{\sqrt{1-(\frac{V_p}{c})^2}}+\frac{M_\pi}{\sqrt{1-(\frac{V_\pi}{c})^2}}$$

$$\frac{M_p}{\sqrt{1-(\frac{V_p}{c})^2}}V_p=\frac{M_\pi}{\sqrt{1-(\frac{V_\pi}{c})^2}}V_\pi$$

$$E_p=\frac{M_pc^2}{\sqrt{1-(\frac{V_p}{c})^2}}=5.4\mathrm{MeV}$$

$$E_\pi=\frac{M_\pi c^2}{\sqrt{1-(\frac{V_\pi}{c})^2}}=32.3\mathrm{MeV}$$

22．某两事件在惯性系S中的空间间隔为$\Delta x = 5\times10^6\text{m}$，时间间隔为$\Delta t = 10^{-1}\text{s}$，而在相对于$S$系沿$x$轴方向匀速运动的惯性参照系$S'$中，观测到这两事件却是同地发生的。试计算$S'$系相对$S$系的速度$\upsilon$的大小是多少？

解 $\Delta x' = \dfrac{\Delta x - v\Delta t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = 0$

则 $\Delta x = v\Delta t$

$v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = 5\times10^7$ m/s

23．惯性系S'相对于惯性系S以速率υ沿x轴正方向匀速运动，两者在$t = t' = 0$时重合。在S系中，一细棒以速率$u = 0.5c$沿x轴正方向匀速运动，它与该方向的夹角为$\theta = \pi/6$，而S'系中的观测者发现，细棒与x'轴正方向的夹角为$\theta' = \pi/4$，求υ。

解：设y轴长度为L

在S系中 $\sqrt{3}L = L_0\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}$

在S'系中 $L = L_0\sqrt{1-\frac{u'^2}{c^2}}$

$u' = \dfrac{u-v}{1-\frac{v}{c^2}u}$ 解得 $v = \dfrac{6\sqrt{3}+2}{13}c$

24．静止的π介子的平均寿命为26.0ns。实验测得，以速率υ相对于实验室参考系运动的π介子在其寿命的时间内所经历的平均路程为$l = 4.5\text{m}$，求υ。

解：$\tau = \dfrac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

$l = \tau v$

代入解得 $v = 1.5\times10^8$ m/s

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

第六次 静电场 1

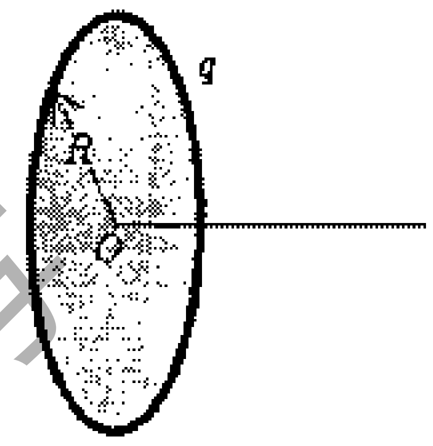
一、单选题（每小题 3 分。共 30 分）

1．在真空中放有一平行板电容器，两极板间距为 d(很小)，板面积为 S(很大)，带电量分别为 $+q$ 和 $-q$，则两板间的相互作用力为　　　　　　　　[C]

A、$\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$　　　　B、$\dfrac{q^2}{\varepsilon_0 S}$

C、$\dfrac{q^2}{2\varepsilon_0 S}$　　　　D、$\dfrac{q^2}{4\varepsilon_0 S}$

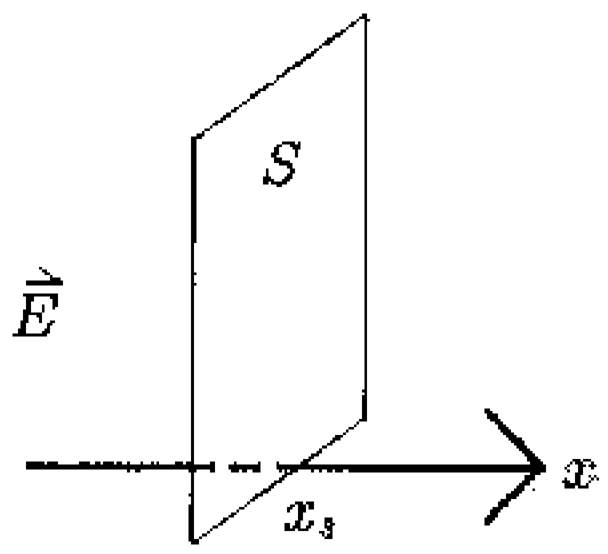
2．正电荷 q 均匀地分布在半径为 R 的圆盘上，为方便用叠加原理计算通过盘心、并垂直盘面的轴线任一点的电场强度，电荷元大小 $\mathrm{d}q$ 可取为　　　　[D]



A．$\dfrac{q}{\pi r^2}R\mathrm{d}r\quad(0<r<R)$　　B．$\dfrac{q}{\pi R^2}r\mathrm{d}r\quad(0<r<R)$

C．$\dfrac{2q}{r^2}R\mathrm{d}r\quad(0<r<R)$　　D．$\dfrac{2q}{R^2}r\mathrm{d}r\quad(0<r<R)$

3．如图所示，在 x 轴上坐标 x_0 处，有一与 x 轴垂直、面积为 S 的平面，该面处于静电场中，在其附近电场强度可表达为 $\vec{E}=bx\vec{i}$，则通过该平面的电通量为[C]



A．bS　　　　B．x_0S

C．x_0bS　　　　D．无法确定

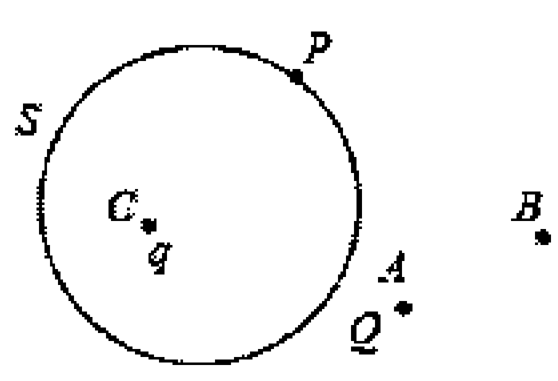
4．半径为 r 的均匀带电球面，带有正电荷 q，其外有一同心的、半径为 R 的均匀带电球面，带有负电荷 Q，则两球面间任一点场强的大小　　　　[A]

A．随 q 的增加而增加。　　B．随 Q 的增加而增加。

C．随 q 的增加而减少。　　D．随 Q 的增加而减少。

5．如图所示，在 C 点放置点电荷 q，在 A 点放置点电荷 Q，S 是包围 q 的封闭曲面，P 点是曲面上任意一点。现将 Q 从 A 点移到 B 点，则

[D]



A、通过 S 面的电通量改变，但 P 点的电场强度不变。

B、通过 S 面的电通量和 P 点的电场强度都改变。

C、通过 S 面的电通量和 P 点的电场强度都不变。

D、通过 S 面的电通量不变，但 P 点的电场强度改变。

6．假设空间中的电荷关于点 O 球对称分布，距离点 O 为 r 的各点的电荷体密度为 $\rho = b\dfrac{e^{-kr}}{r^2}$，其中 b、k 为正常数。若到点 O 距离为 $1/k$ 的各点的场强的大小为 E_0，则到点 O 距离为 $2/k$ 的各点的场强的大小等于　　[　C　]

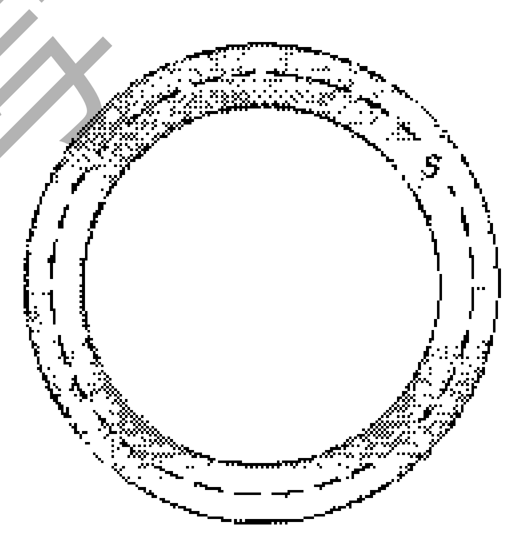
A．0.09 E_0　　B．0.21 E_0　　C．0.34 E_0　　D．0.57 E_0

7．若电荷 Q 均匀分布在长为 L 的细棒上，则在棒的延长线上、且离棒中心距离为 r 处的场强大小等于　　[　D　]

A．0　　B．$\dfrac{Q}{2\pi\varepsilon_0 rL}$

C．∞　　D．$\dfrac{Q}{\pi\varepsilon_0(4r^2-L^2)}$

8．如图所示，一导体球壳内的高斯面 S 上电场强度处处为零，则　　[　B　]



A、高斯面 S 内任一点都没有电荷

B、高斯面 S 内净电荷为零

C、导体球壳净电荷为零

D、高斯面 S 外电荷为零

9．一个球形的橡皮气球可看做是有一定厚度的球壳，其上均匀分布有正电荷。在此气球被吹气而均匀膨胀的过程中，能被气球橡皮层掠过的空间点处的电场强度　　[　D　]

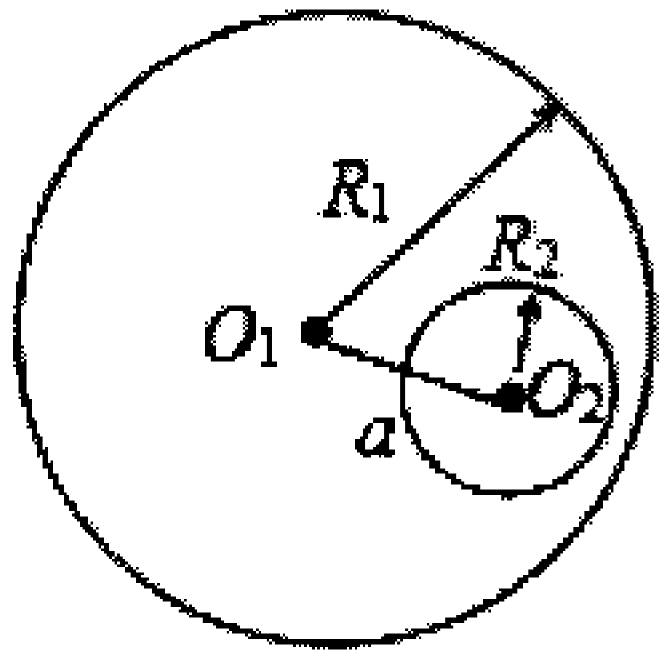
A、保持不变

B、逐渐变强

C、逐渐变小，但不为零

D、先不变，然后逐渐变小，最后为零

10．如图所示，在半径为 R_1、电荷体密度为 ρ 的均匀带电球体内部，有一个半径为 R_2 的球形空腔，空腔中心 O_2 与球心 O_1 之间的距离为 a，下列说法中正确的是　　[　B　]



A、可以取一高斯面，直接用高斯定理求空腔内任一点处的电场强度。

B、空腔内的电场为均匀电场。

C、空腔内的电场不可能为均匀电场。

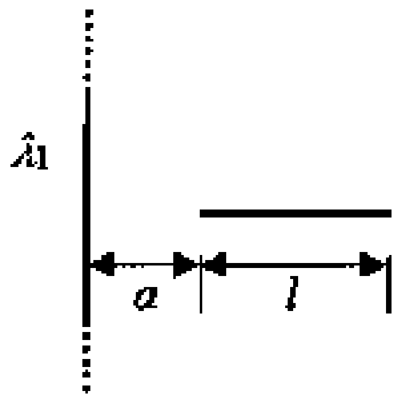
D、无法确定空腔内任一点处的场强大小。

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

二、填空题（每小题3分，共30分）

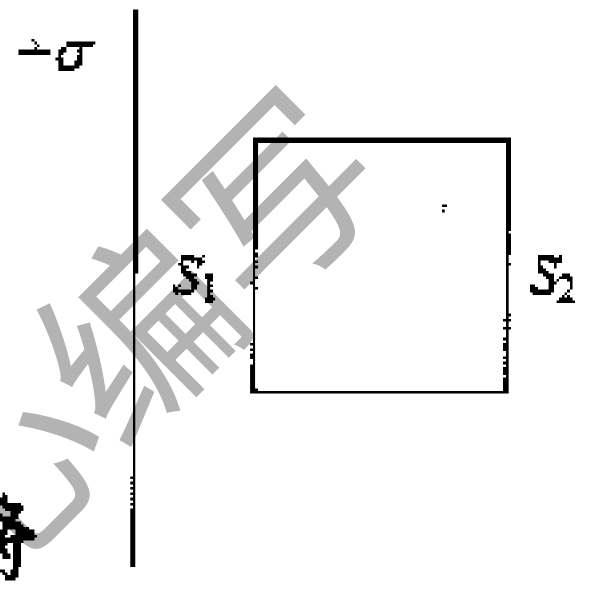
11．半径为R的均匀带电球体，规定球心处的电势值为零，已知无限远处的电势为$V(V<0)$，则在球面外距离球心r处的场强大小为 $-\frac{2RV}{3r^2}$ ，方向 从球心沿半径指向无穷远

12．如图所示，真空中有一无限长电荷线密度为λ_1的均匀带正电直线，还有一长为l、电荷线密度为λ_2的均匀带正电直线，二者在同一平面内且相互垂直，二者之间的最近距离为a，则无限长带电直线受到的库仑力大小为 $\frac{\lambda_1\lambda_2}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{l+a}{a}$ ，方向为 水平向左 。

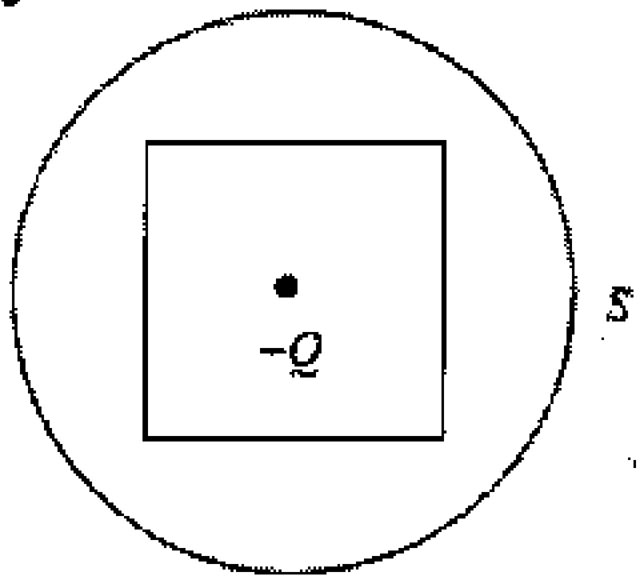


13．如图所示，电荷面密度为$+\sigma$的无限大均匀带电平面附近取一边长为a的立方体形高斯面，立方体的两个面S_1、S_2与平面平行，则通过面S_1的电场强度通量等于 $-\frac{6a^2}{2\varepsilon_0}$ ，通过面S_2的电场强度通量等于 $\frac{6a^2}{2\varepsilon_0}$ ，通过立方体的电场强度通量等于 0 。

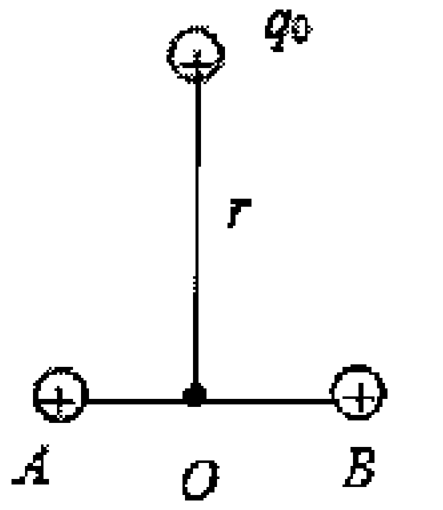
这两处的符号取决于将哪个方向设为法线方向.



14．如图所示，将一根电荷线密度为λ的均匀带电绝缘细线围成边长为a的正方形线框，在正方形中心处放置一点电荷$+Q$，该点电荷受到的电场力的大小等于 0 ，以点电荷所在处为中心，以R为半径作高斯球面S，正方形线框在球面内，则通过该球面的电场强度通量为 $\frac{Q+4a\lambda}{\varepsilon_0}$ 。

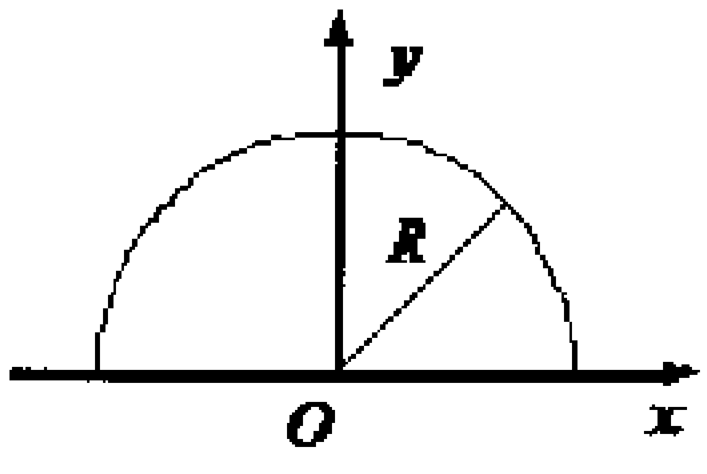


15．如图所示，两个电量都是$+q$的点电荷固定在真空中，相距$2a$，在它们连线的中垂线上放另一点电荷q_0，q_0到A、B连线中点的距离$r=$ $\frac{\sqrt{2}}{2}a$ 时，q_0受力最大。



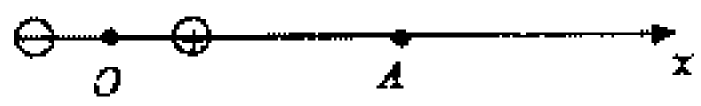
16．一个半径为R的均匀带电球面上，电荷面密度为σ。在球面上取一面元ΔS（面元很小），则面元ΔS上的电荷受到的电场力的大小为 $\frac{\sigma^2\Delta S}{2\varepsilon_0}$ 。

17．如图所示，在真空中有一均匀带电细线弯成半径为R的半圆形，电荷线密度为λ，环心处的电场强度$\vec{E}=$ $\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}$ y轴负方向

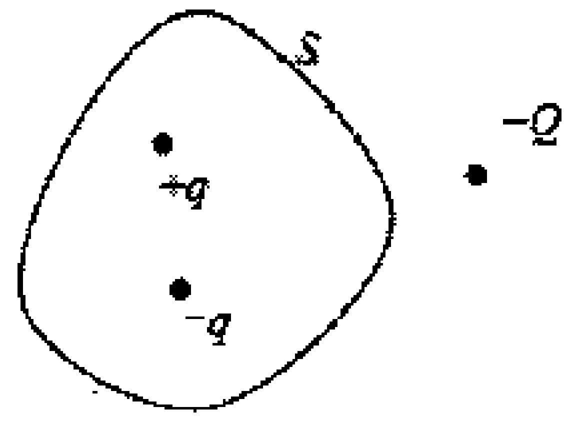


18．已知一电偶极子的电偶极矩为$\vec{P}$，如图所示，

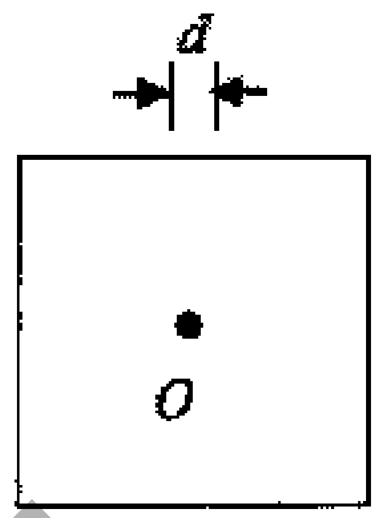
取电偶极子轴线的中点为坐标原点 O，沿极轴的延长线为 Ox 轴，轴上一点 A 距原点的距离为 x，当 $x \gg l$ 时，该点的电场强度为 $\frac{p}{2\pi\varepsilon_0 x^3}$ 。



19．真空中点电荷 $+q$ 、$-q$ 和 $+Q$ 如图分布，图中 S 为闭合高斯面，则通过该闭合曲面的电场强度通量 $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} =$ 0 ，式中 $\vec{E}$ 的是所有点电荷在闭合曲面上面元 $d\vec{S}$ 处产生的场强的矢量和。

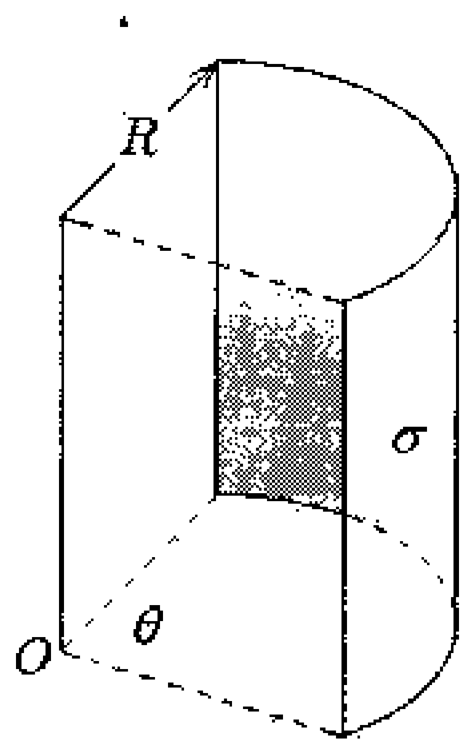


20．如图所示，将一根电荷线密度为 λ 的均匀带正电绝缘细线围成边长为 a 的正方形线框，细线的两端点连线中点位于正方形一边的中心处，两端点的空隙为 $d\left(d \ll a\right)$，正方形中心处的场强大小为 $\frac{\lambda d}{\pi\varepsilon_0 a^2}$ ，场强方向为 竖直向上 。



三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

21．半径为 R 的无穷长圆柱面上均匀分布着面电荷密度为 σ 的电荷。现截取圆心角为 θ 的一个扇形柱面，如图所示。试求该无穷长扇形柱面上所带的电荷在圆柱中心轴上形成的电场强度大小。



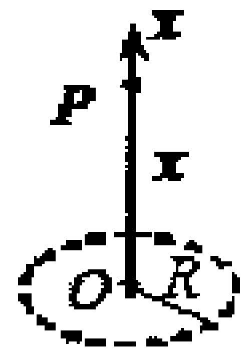
解：纵切法

取宽为 $Rd\theta$ 的纵向无限长长方形

其线密度 $\lambda = \sigma R d\theta$

$$E = E_x = \int_{-\frac{\theta}{2}}^{\frac{\theta}{2}} \frac{\lambda\cos\theta}{2\pi\varepsilon_0 R} = \int_{-\frac{\theta}{2}}^{\frac{\theta}{2}} \frac{\sigma R d\theta\cos\theta}{2\pi\varepsilon_0 R} = \frac{\sigma\sin\frac{\theta}{2}}{\pi\varepsilon_0}$$

22．如图所示，真空中有一半径为 R，电荷面密度 $\sigma=\sigma_0 r/R$ 的薄圆盘，式中 σ_0 是一常量，r 为盘上一点距盘心的距离，求通过盘心且垂直盘面的轴线上任意一点 P 处的电场强度。



（提示：$\int \frac{x^2\,dx}{(x^2+c)^{3/2}} = -\frac{x}{\sqrt{x^2+c}} + \ln\left(x+\sqrt{x^2+c}\right)$ ）

解：取半径为 r 处的细圆环

$$dq = \frac{\sigma_0 r}{R}\pi\left((r+dr)^2-r^2\right) = 2\pi\frac{\sigma_0 r^2}{R}dr$$

由圆环形成的电场的强度

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{x\,dq}{(r^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\sigma_0 x}{2\varepsilon_0 R}\cdot\frac{r^2}{(r^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}dr$$

$$E = \frac{\sigma_0 x}{2\varepsilon_0 R}\cdot\int_0^R \frac{r^2}{(r^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}dr = \frac{\sigma_0 x}{2\varepsilon_0 R}\left(-\frac{R}{\sqrt{R^2+x^2}} + \ln\frac{R+\sqrt{R^2+x^2}}{x}\right)$$

23．内外半径分别为 R_1、R_2 的带电球壳，电荷体密度为 $\rho = A/r$，r 为球壳内任一点到球心的距离，球心处有一点电荷 Q，求当 A 等于多少时，带电球壳层内电场强度大小与 r 无关。

解：取半径为 r 的球体

$$dq = 4\pi r^2\rho\,dr = 4\pi Ar\,dr$$

$$q = \int_{R_1}^{r} 4\pi Ar\,dr = 2\pi A(r^2-R_1^2)$$

q 等效为球心处点电荷

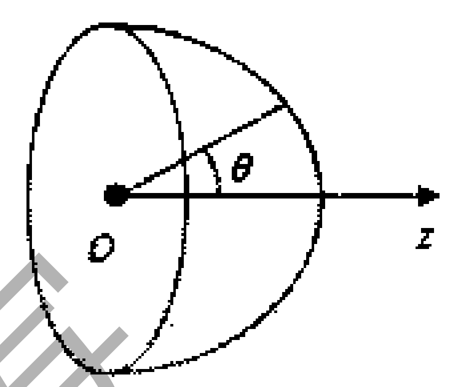
$$q' = q+Q = 2\pi A(r^2-R_1^2)+Q$$

$$E_{(r)} = \frac{2\pi A(r^2-R_1^2)+Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{A}{2\varepsilon_0} + \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} - \frac{AR_1^2}{2\varepsilon_0 r^2}$$

由题 $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{AR_1^2}{2\varepsilon_0 r^2}$

则 $A = \frac{Q}{2\pi R_1^2}$

24．如图所示，在真空中有一半径为 R 的半球壳，电荷面密度为 $\sigma(\theta)=\sigma_0\cos\theta$，其中 σ_0 为一常数，求球心处的电场强度



解：取 θ 处一圆环

$$dq = 2\pi R\sin\theta \cdot R\,d\theta \cdot \sigma_0\cos\theta$$

圆环周长　高　电荷密度

半球壳对称 $\vec{E_y}=0$

$$\vec{E} = \vec{E_x} + \vec{E_y} = \vec{E_x}$$

$$dE_x = \frac{dq\cdot\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{\sigma_0\sin\theta\cos^2\theta\,d\theta}{2\varepsilon_0} = -\frac{\sigma_0\cos^2\theta\,d\cos\theta}{2\varepsilon_0}$$

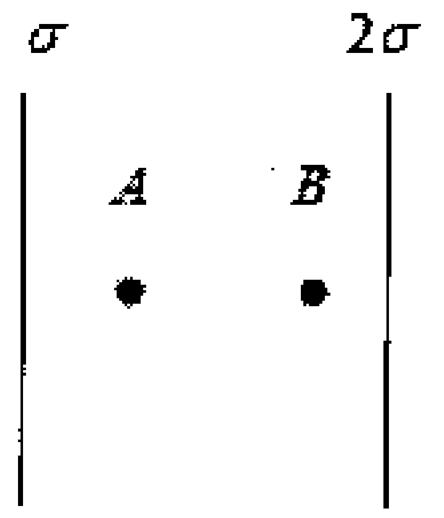
$$E = E_x = \int_0^{\frac{\pi}{2}} -\frac{\sigma_0\cos^2\theta\,d\cos\theta}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma_0}{6\varepsilon_0}$$ 沿x轴负方向

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

第七次 静电场 2

一、单选题（每小题 3 分，共 30 分）

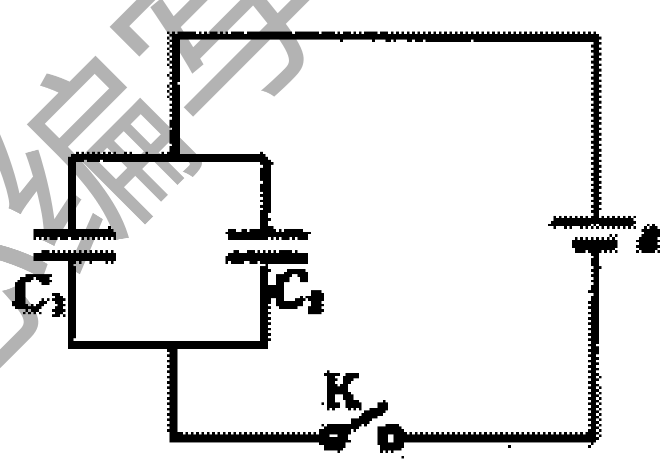
1．真空中有两个平行的无限大均匀带正电平面，电荷面密度分别为σ 和2σ。如图所示，两平面之间 A、B 两点的电势分别为V_A、V_B，则　　　　　　　　　[　B　]



A．$V_A > V_B$　　　　　　B．$V_A < V_B$

C．$V_A = V_B$　　　　　　D．无法比较二者大小

2．两个一样的真空电容器C_1和C_2如图连接，电源对电容器充电后断开电键K，然后在C_1两极板间充满电介质，则C_1两极板上所带电量和两极板间的电场强度的变化为　　　　　　　　[　B　]



A．电量变小，场强变大　　　　B．电量变大，场强变小

C．电量变大，场强变大　　　　D．电量变小，场强变小

3．下列说法中正确的　　　　　　　　　　　　[　D　]

A．电位移矢量与闭合曲面内的自由电荷有关而与束缚电荷无关；

B．电位移线起自正电荷，止于负电荷，不形成闭合线，不中断；

C．电位移线只出现在有电介质的空间；

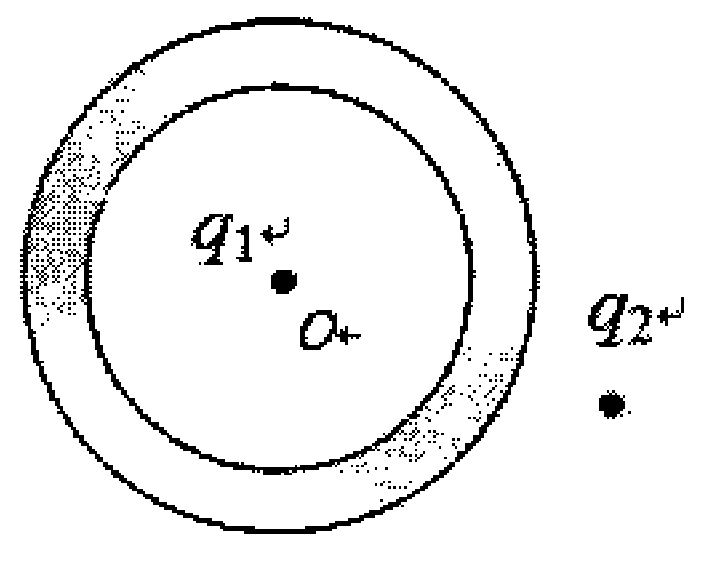
D．电位移通量值与闭合曲面内的自由电荷有关而与束缚电荷无关。

4．真空中两块互相平行的无限大均匀带电平板，间距为d，其中一块的面电荷密度为-2σ，另一块的面电荷密度为$-\sigma$。则两板间的电势差为　　[　D　]

A．0　　　B．$3\sigma d/2\varepsilon_0$　　　C．$\sigma d/\varepsilon_0$　　　D．$\sigma d/2\varepsilon_0$

5．如图，金属球内有一球形空腔，金属球整体不带电而在球形空腔中心处有一点电荷q_1。当金属球外移来一点电荷q_2，达到静电平衡后，下列说法正确的是

[　C　]



A．球外场强仍是球对称的；

B．球内表面电荷分布不再是球对称的；

C．球内、外表面之间的电势差不变；

D．q_1与q_2之间的静电作用力为 0。

6．两个带有等量电荷的“孤立”导体球的半径之比为$1:2$，则它们静电场的能量之比为 [B]

A．$1:2$　　B．$2:1$　　C．$1:4$　　D．$4:1$

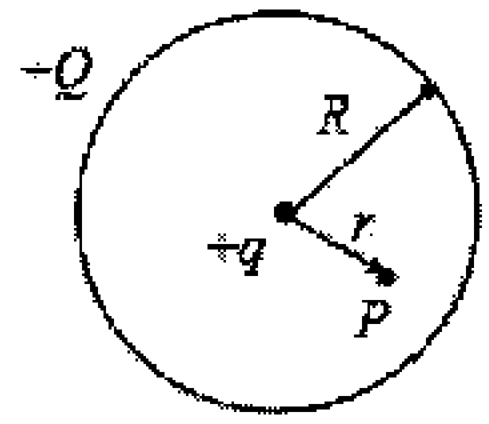
7．真空中有一均匀带电的球面,如果其电荷分布的面密度σ增大为原来的 2 倍，则其电场的能量变为原来的 [C]

A．2 倍　　B．0.5 倍　　C．4 倍　　D．0.25 倍

8．一平行板电容器两极板之间充满了相对介电常数为ε_r的、各向同性的均匀电介质，已知介质中场强的大小为E，则其中极化电荷的贡献为 [D]

A．$\varepsilon_r E$　　B．E　　C．$(\varepsilon_r-1)E/\varepsilon_r$　　D．$(\varepsilon_r-1)E$

9．如图所示，在一点电荷$+q$外加上一个带电量为$+Q$、半径为R的同心球面(球面上电荷均匀分布)，则在到球心距离为$r(r<R)$的P点的场强和电势的变化为 [C]



A．场强增加，电势增加。　B．场强增加，电势不变。

C．场强不变，电势增加。　D．场强不变，电势也不变。

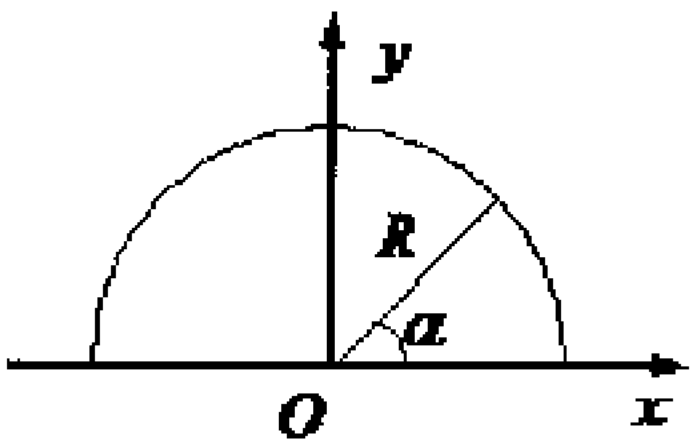
10．把一充电的电容器与一未充电的电容器并联，如果两只电容器的电容完全一样，那么总静电能将 [A]

A．减小　　B．不变　　C．增大　　D．无法确定

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

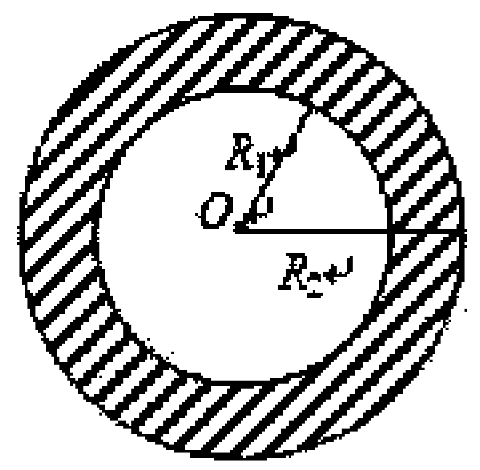
11．有一球形电容器，两球壳的半径分别为R_1和$R_2(R_2>R_1)$，其间充满相对介电常数为ε_r的各向同性均匀电介质，则此电容器的电容为$\underline{\dfrac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R_1R_2}{R_2-R_1}}$。

12．如图所示，在真空中有一非均匀带电细线弯成半径为R的半圆形，带电量为Q，电荷线密度为$\lambda=\lambda_0\sin\alpha$，取无穷远处为电势零点，环心处的电势为$\underline{\dfrac{\lambda_0}{2\pi\varepsilon_0}}$，将点电荷$+q$从无



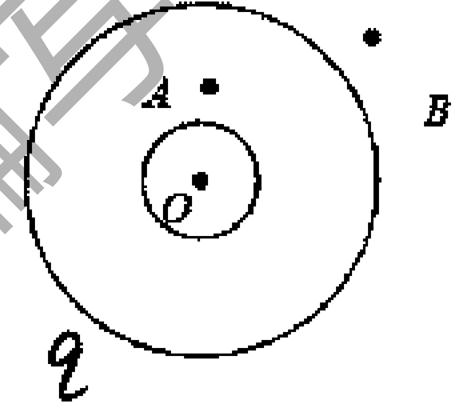
穷远移到环心处，电场力所做的功为 $-\frac{\lambda_0 q}{2\pi\varepsilon_0}$

13．如图所示，在半径为 R_1 的金属球外有一层外半径为 R_2 的各向同性均匀介质层，若电介质的介电常数为 ε，金属球带有电量 Q。若某点 P 到球心的距离为 $r\left(r<R_1\right)$，P 点的电势为 $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}+\frac{Q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$（设无穷远处为电势零点）



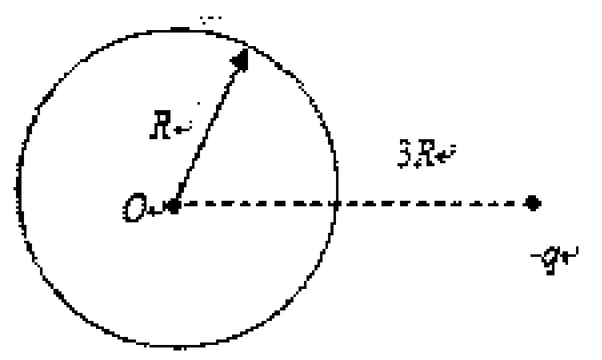
14．有两个形状和大小都相同的平行板电容器，一个电容器两板之间是空气，另一个两板之间充有相对介电常数为 ε_r 的油，两个电容器所带的电量相等，则两个电容器极板之间电位移矢量大小之比为 $D_{空}:D_{油}=$ 1 。

15．真空中两个同心均匀带电球面，半径分别为 R_1 和 $R_2\left(R_2>R_1\right)$，所带电荷分别为 q 和 Q。如图所示，A、B 两点到球心 O 点的距离分别为 r_1 和 r_2，A 点的场强大小为 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r_1^2}$，$B$ 点的场强大小为 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q+q}{r_2^2}$，A、B 两点间的电势差为 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r_1}+\frac{Q}{R_2}-\frac{q+Q}{r_2}\right)$。



16．在许多高压电器设备中，所有金属元件都应避免带有尖棱，最好做成球形，并尽量使导体表面光滑且平坦，这都是为了避免尖端放电的发生。

17．如图所示，一金属球半径为 R，带电 $-Q$，距离球心为 $3R$ 处有一点电荷 $-q$。如果选无穷远处为电势零点，则金属球的电势为 $-\frac{3Q+q}{12\pi\varepsilon_0 R}$。



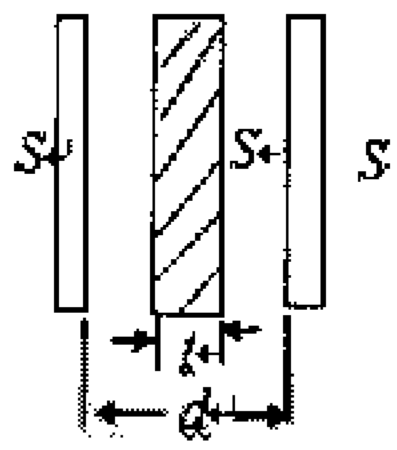
18．长度为 l 的圆柱形电容器，两同轴圆柱导体面的半径分别为 R_1 和 $R_2\left(R_2>R_1\right)$，其间充满相对介电常数为 ε_r 的各向同性均匀电介质，若 l 远大于 R_1 和 R_2，则此电容器的电容为 $\frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r l}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$。

19．当电场强度增加到某一临界值 E_b 时，电介质中分子发生电离，从而使电介质失去绝缘性，该临界场强 E_b 称为电介质的击穿场强。

20．两个同心薄金属球壳的半径分别为R_1和$R_2\left(R_2>R_1\right)$，分别带有电量为$+q_1$和$+q_2$的正电荷，现将外球壳接地，若两球壳附近没有其它带电体，则外球壳外表面带电量为___0___、内表面带电量为___$-q_1$___。

三、计算题（每小题10分，共40分）

21、一空气平行板电容器，两极板面积均为S，板间距离为d，在两极板间平行地插入一面积也是S，厚度为t的、不带电的金属片，试求：（1）电容C等于多少？（2）金属片在两极板间放置的位置对电容值有无影响？



解：(1) 平行板电容器内 $E_0=\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$

金属导体内 $E'=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

金属导体静电平衡 $E_0=E'$

故 $\sigma_0=\sigma$

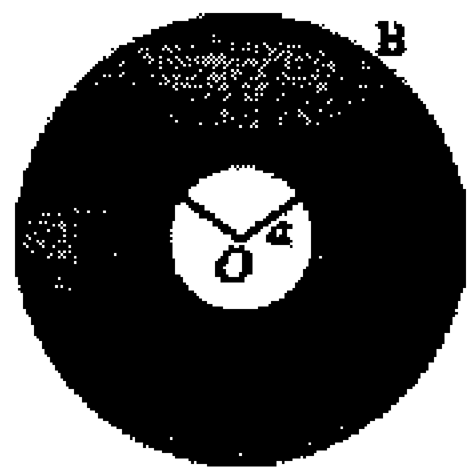
电势差 $V=E_0d-E't=\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}(d-t)$

$$C=\frac{Q}{V}=\frac{\sigma_0 S}{\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}(d-t)}=\varepsilon_0\frac{S}{d-t}$$

(2) 由(1) $C=\varepsilon_0\frac{S}{d-t}$ 故放置位置对电容无影响

此题有难度

22．如图所示，导体球A的半径为a，导体球壳B与导体球A同心，半径为$3a$，带电量为q_2。A、B之间充满相对介电常数为$\varepsilon_r=2$的电介质，若把导体球A接地，取无穷远处为电势零点，试求：(1) 导体球A上的电量；(2) 导体球壳B的电势；(3) A、B间的等效电容；(4) 带电系统的电场总能量。



解：(1) 在a到3a间选取半径为r的球面为高斯面

$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = D\cdot 4\pi r^2 = q_1$

故 $D=\frac{q_1}{4\pi r^2}$　$E=\frac{D}{\varepsilon_r\varepsilon_0}=\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 r^2}$

$U_{AB}=\int_a^{3a} E\,dr = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0}\times\frac{1}{3a}$

在3a之外选取半径为r的球面为高斯面

$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{q_1+q_2}{\varepsilon_0}$

则 $E=\frac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$U_{B\infty}=\int_{3a}^{+\infty} E\cdot dr = \frac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0}\times\frac{1}{3a}$

$U_{AB}+U_{B\infty}=\frac{2q_1+q_2}{12\pi a\varepsilon_0}=0$

故 $q_1=-\frac{q_2}{2}$

(2) 由(1) $U_{AB}=-\frac{q_2}{24\pi a\varepsilon_0}$

故 $V=\frac{q_2}{24\pi a\varepsilon_0}$

(3) (A球形外表面 (r=a) 和B球形内表面 (r=3a) 形成电容器 C_1，B球形外表面 (r=3a) 与无穷远处形成电容器 C_2，C_1 与 C_2 并联)

$C_0=\frac{4\pi\varepsilon_0 R_1R_2}{R_2-R_1}=6\pi\varepsilon_0 a$

$C_1=\varepsilon_r C_0 = 12\pi\varepsilon_0 a$

$C_2=\frac{4\pi\varepsilon_0 R_2R_1}{R_2-R_1}=\frac{4\pi\varepsilon_0 R_1}{1-\frac{R_1}{R_2}}$

$R_2\to+\infty$ 故 $C_2=4\pi\varepsilon_0 R_1=12\pi\varepsilon_0 a$

$C=C_1+C_2=24\pi\varepsilon_0 a$

(4) 当 $a<r<3a$ 时 $w_1=\frac{1}{2}\vec{D}\cdot\vec{E}=\frac{1}{4\pi r^2}\frac{q_2^2}{64\pi\varepsilon_0 r^2}$

$W_1=\int_{V_1}^{V_2} w_1\,dV=\int_a^{3a}\frac{q_2^2}{64\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q_2^2}{96\pi a\varepsilon_0}$

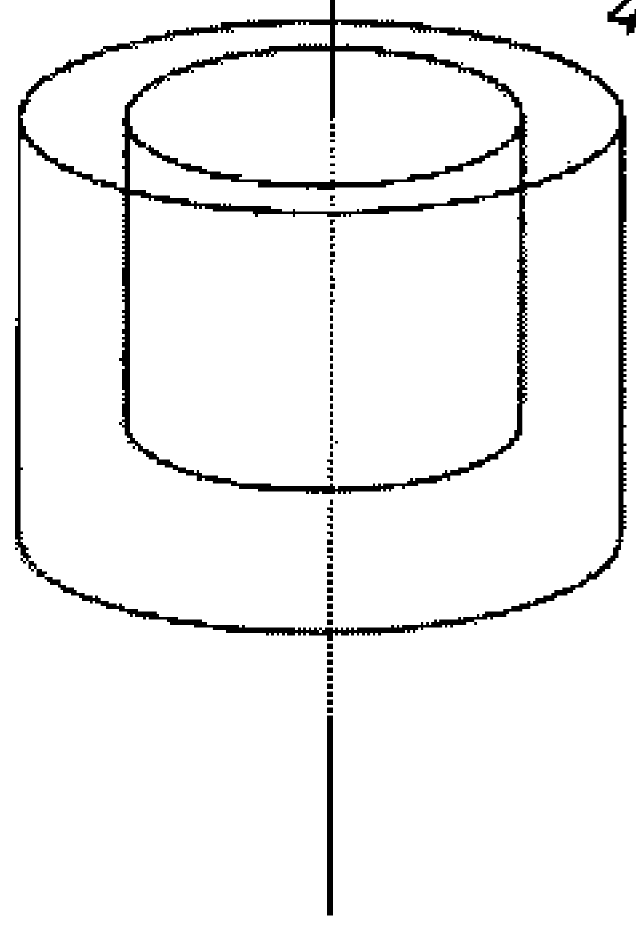
当 $r>3a$ 时

$w_2=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2=\frac{1}{4\pi r^2}\times\frac{q_2^2}{32\pi\varepsilon_0 r^2}$

$W_2=\int_{V_2}^{+\infty} w_2\,dV = — = \frac{q_2^2}{96\pi a\varepsilon_0}$

$W=W_1+W_2=\frac{q_2^2}{48\pi\varepsilon_0 a}$

23．半径分别为 R_1 和 $R_2\left(R_2>R_1\right)$ 的无限长同轴圆柱面均匀带电，单位长度上的电荷分别为 $+\lambda$、$-\lambda$，已知 R_1=0.02m，R_2=0.2m，两者的电势差为500V，求 λ。



解：取高度为l，半径为r圆柱为高斯面

$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$

则 $2\pi r l\cdot E=\frac{\lambda l}{\varepsilon_0}$

故 $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

$\Delta V=\int \vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}dr=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_2}{R_1}$

代入解得 $\lambda=1.2\times10^{-8}$ C/m

24．两块平行放置的无限大带电平面，相距1cm，电荷面密度分别为 $\sigma_1=3\times10^{-8}\,C/m^2$ 和 $\sigma_2=1\times10^{-8}\,C/m^2$。今将一块不带电的厚度为2mm的金属大平板平行插入两平面之间。求：（1）金属平板两表面上的感应电荷面密度；（2）放入金属平板后，两块带电平板之间的电势差改变了多少？

解：(1) 金属平板静电平衡

$$\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_1'}{2\varepsilon_0}=\frac{\sigma_2'}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$$

又 $\sigma_1'+\sigma_2'=0$

联立解得，$\sigma_1'=-1\times10^{-8}\,C/m^2$

$\sigma_2'=1\times10^{-8}\,C/m^2$

(2) $\Delta U=E'd=\frac{\sigma_2'}{\varepsilon_0}d=2.26V$

班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

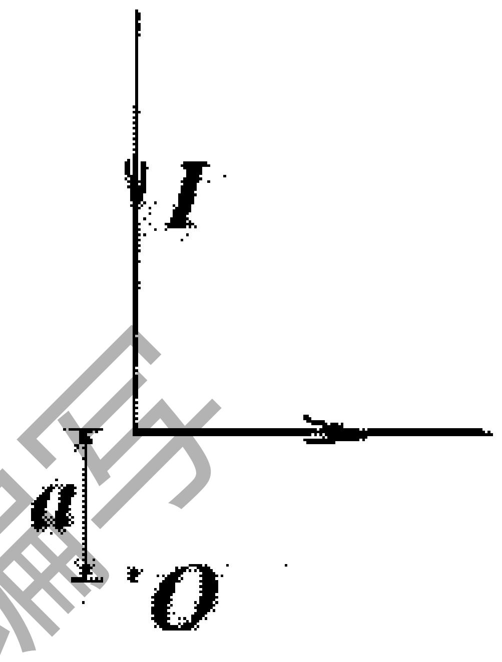
第八次 磁场 1

一、单选题（每小题 3 分，共 30 分）

1．在真空中有一半径为 R 的半圆型细导线，通过的电流为 I，则在圆心产生的磁感应强度大小为　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　[D]

A、$\dfrac{\mu_0 I}{4\pi R}$　　　B、$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi R}$　　　C、0　　　D、$\dfrac{\mu_0 I}{4R}$

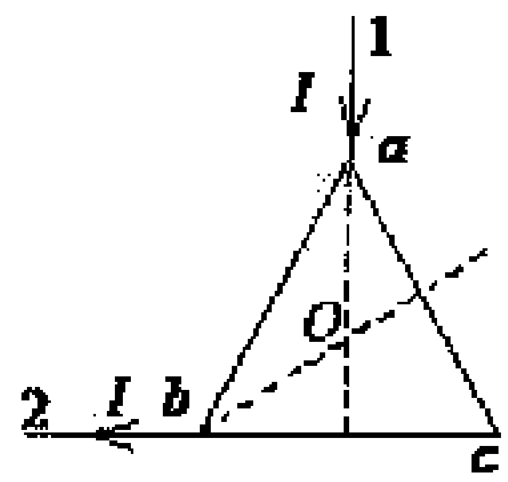
2．一弯成直角的无限长载流导线在同一平面内，形状如图所示，O 点位于一导线延长线上，到另一导线的距离为 a，则 O 点的磁感应强度的大小为　　　　　　[C]



A．0　　　B．$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}$

C．$\dfrac{\mu_0 I}{4\pi a}$　　　D．$\dfrac{\mu_0 I}{2a}$

3．如图所示，电流 I 由长直导线 1 沿垂直 bc 边方向经 a 点流入，然后通过由电阻均匀的导线构成的、边长为 d 的正三角形线框，再由 b 点流出，最后经长直导线 2 沿 cb 延长线方向返回电源，则线框中心 O 点的磁感应强度的大小为　　　　　　[A]



A．$\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}-\dfrac{3}{4}\right)\dfrac{\mu_0 I}{\pi d}$　　　B．$\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}+\dfrac{3}{4}\right)\dfrac{\mu_0 I}{\pi d}$

C．$\dfrac{\sqrt{3}\mu_0 I}{2\pi d}$　　　D．0

4．边长为 a 的正方形导体边框通有电流 I，则此边框一边在中心点产生的磁感应强度的大小为　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　[C]

A．$\dfrac{\mu_0 I}{4\pi a}$　　　B．$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}$　　　C．$\dfrac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi a}$　　　D．$\dfrac{\sqrt{2}\mu_0 I}{4\pi a}$

5．一条沿着 y 轴放置的长直导线载有 10A 电流，电流向 y 轴正方向流。有一个 $B_0=10^{-6}$T 的均匀磁场，其指向 x 轴正方向，则 A 点(0，0，2m)和 C 点(0，0，-2m)的磁感应强度的大小分别为（$\mu_0=4\pi\times10^{-7}\,\mathrm{T\cdot m\cdot A^{-1}}$）　　　　[B]

A．0.5×10^{-6}T；0.5×10^{-6}T　　　B．2×10^{-6}T；0

C．0；2×10^{-6}T　　　D．1.0×10^{-6}T；0.5×10^{-6}T

6．有一正方形载流线圈，若将此线圈的边长增大为原来的 3 倍，则正方形载流线圈的磁矩变为原来的 [B]

A．3 倍　　B．9 倍　　C．6 倍　　D．4 倍

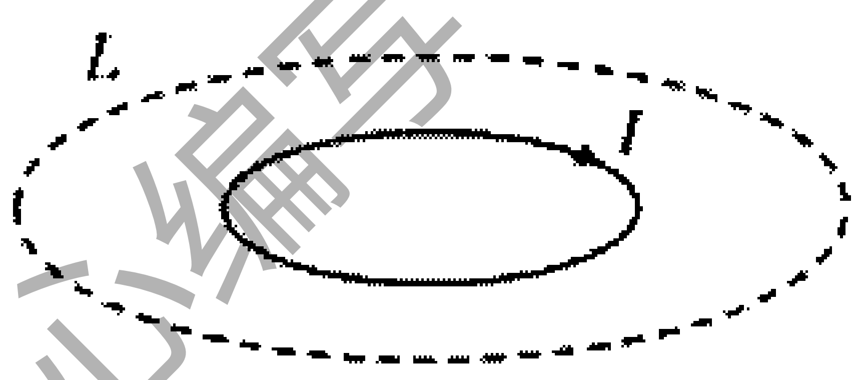
7．有一半径为 R、电荷线密度为 λ 的均匀带电圆环，以角速度 ω 绕其一直径旋转，则圆环的等效磁矩大小为 [A]

A．$\frac{\pi\lambda\omega R^3}{2}$　　B．$\frac{\pi\lambda\omega R^3}{4}$　　C．$\frac{\pi\lambda\omega R^4}{2}$　　D．$\pi\lambda\omega R^3$

8．若要使半径为 $4\times10^{-3}\text{m}$ 的裸铜线表面的磁感应强度为 $7\times10^{-5}\text{T}$，则铜线中需要通过的电流为（已知 $\mu_0=4\pi\times10^{-7}\text{T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$） [B]

A、0.14A　　B、1.4A　　C、14A　　D、2.8A

9．如图所示，在一圆形电流 I 所在的平面内，选一个同心圆心闭合回路 L [B]



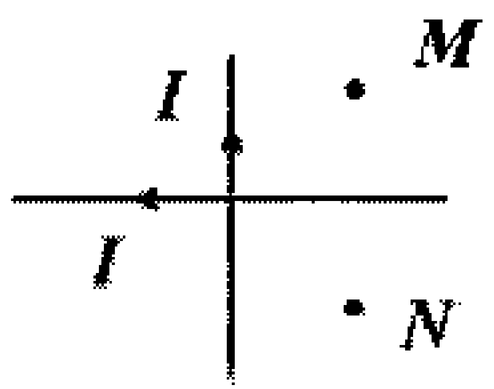
A、$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=0$，且环路上任意一点 $B=0$

B、$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=0$，且环路上任意一点 $B\neq0$

C、$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}\neq0$，且环路上任意一点 $B\neq0$

D、$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}\neq0$，且环路上任意一点 B 为常量

10．两根通有相同电流强度的长直导线相互垂直放置，电流流向如图所示。图中 M、N 两点到两长直导线的距离相等，则 M、N 两点磁感应强度大小的关系为 [C]

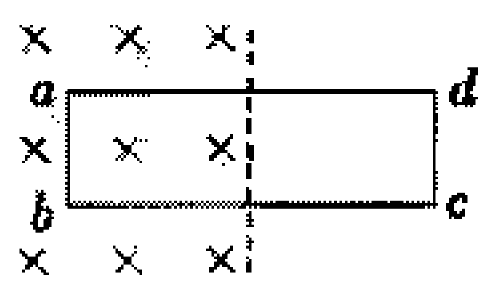


A．$B_M=B_N=0$　　B．$B_M=-B_N$

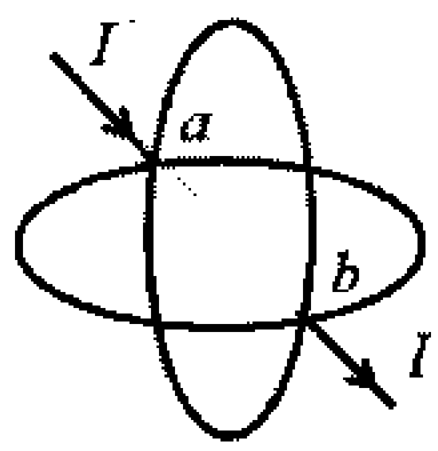
C．$B_M>B_N$　　D．$B_M<B_N$

二、填空题（该大题共 10 小题，每小题 3 分。）

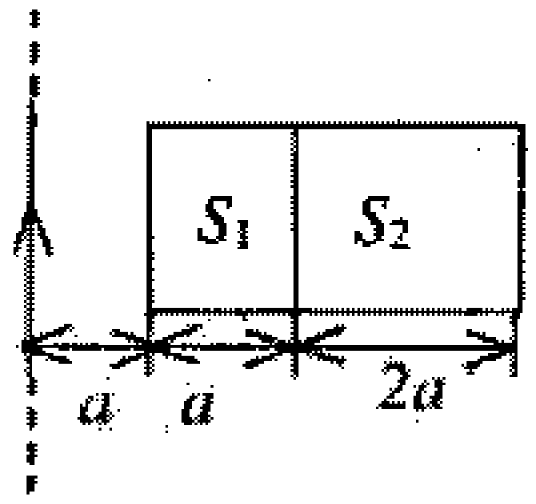
11．匀强磁场的磁感应强度大小为 0.6T，方向为垂直纸面向里。一矩形线圈 $abcd$ 的面积为 0.4m^2，共 100 匝。开始，$\vec{B}$ 与线圈平面垂直，且线圈有 1/2 面积在磁场中，如图所示。当线圈绕 cd 边旋转 60°角时，线圈中的磁通量为＿＿0＿＿Wb。



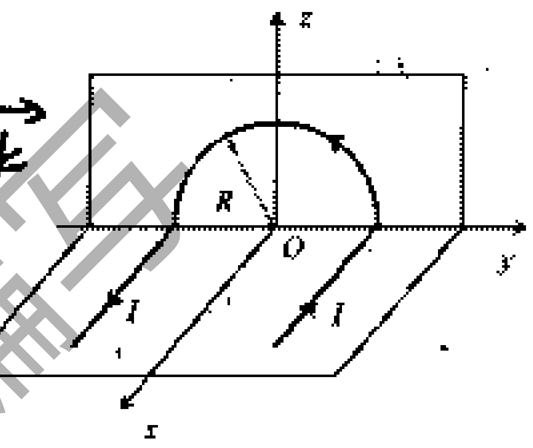
12．如图，两个完全相同的半径为 R 的匀质金属环相互垂直放置，在 a、b 两点接触(ab 连线为环直径)，电流 I 沿 ab 连线方向由 a 端流入，b 端流出，则环中心磁感应强度的大小为____0____。



13．在无限长直载流导线的右侧有面积为 S_1 和 S_2 的两个矩形回路，尺寸如图所示。两个回路与长直载流导线共面且矩形回路的一边与长直载流导线平行，则通过面积为 S_1 和 S_2 的矩形回路的磁通量之比为____1____。

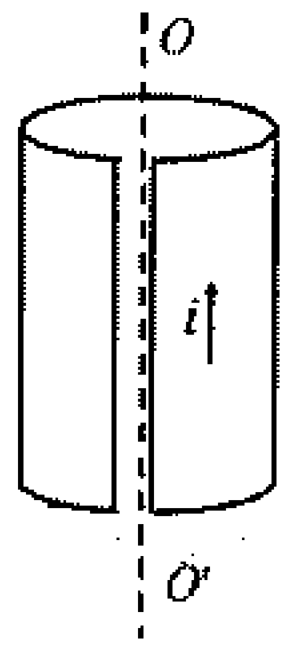


14．在真空中，将一根无限长载流导线弯成如图所示的形状，并通以电流 I，则 O 点的磁感应强度 $\vec{B}=\frac{\mu_0 I}{4R}\vec{i}+\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\vec{k}$



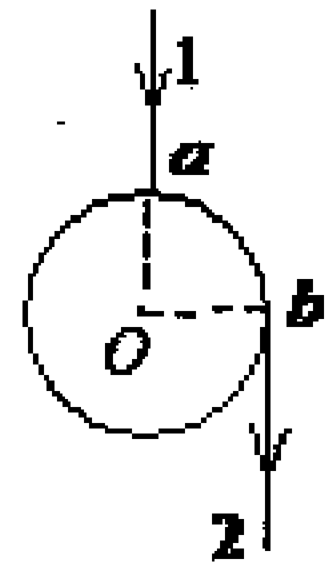
15．载有电流 I 的细导线分别均匀地密绕在半径为 R 和 r 的长直圆筒上，形成两个螺线管，两螺线管单位长度上的匝数相等。设 $R=2r$，则两螺线管中的磁感应强度大小之比 $\frac{B_R}{B_r}=$____1____。

16．如图所示，将半径为 R 的无限长导体薄管(厚度忽略)沿轴向割去一宽度为 h ($h<<R$)的无限长狭缝后，在管壁上沿轴向通以均匀分布的电流 i，则管轴线上磁感应强度大小为____$\frac{\mu_0 I h}{4\pi^2 R^2}$____。

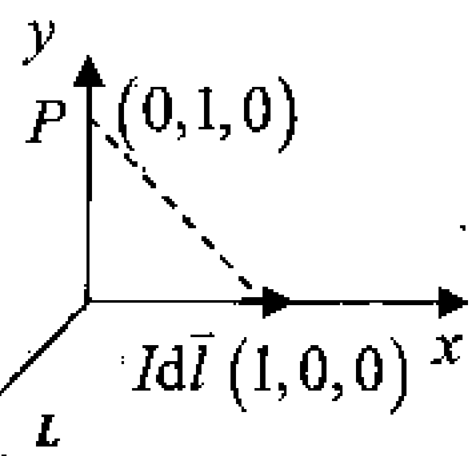


17．一个密绕的细长螺线管，每厘米长度上绕有 10 匝细导线，螺线管的横截面积为10cm^2。当在螺线管中通入 10A 的电流时，它的横截面上的磁通量为__1.256×10^{-5}__Wb。（$\mu_0=4\pi\times10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$）

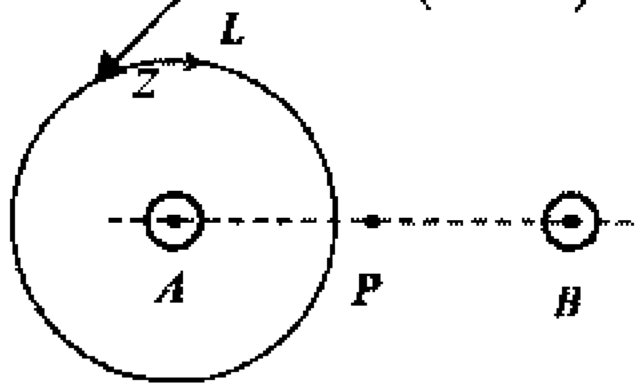
18．如图所示，在真空中的电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一由均匀导线构成的圆环，再由 b 点沿切向流出，经长直导线 2 返回电源。已知直导线上的电流强度为 I，圆环半径为 R，$\angle aOb=90^0$，则圆心 O 点处的磁感应强度的大小 $B=$__$\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$__。



19．如图所示，电流元 $Id\vec{l}$ 在 P 点产生的磁感应强度 dB 的大小为__$\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{16\pi}dl$__，方向为__平行z轴__。
(具体方向取决于电流元方向)



20．如图所示，两根平行的无限长载流直导线 A 和 B（相距为 a），电流强度均为 I，方向垂直纸面向外，则 AB 中点 P 的磁感应强度大小 $B_p=$____0____，磁感



应强度沿图中环路 L 的线积分 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} =$ $\underline{\mu_0 I}$。

三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

21．半径为 R 的带电薄圆盘的电荷面密度为σ，并以恒定角速度 ω 绕通过盘心垂直于盘面的轴转动，求圆盘中心的磁感应强度。

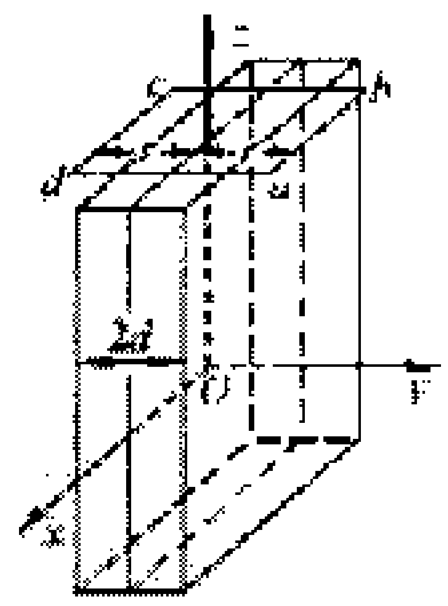
解：$dI = \dfrac{\sigma\cdot 2\pi r\cdot dr}{2\pi/\omega} = \omega\sigma r dr$

$dB = \dfrac{\mu_0 r^2 dI}{2(x^2+r^2)^{\frac{3}{2}}} = \dfrac{\mu_0 r^3\sigma\omega dr}{2(x^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}$

由题 $x=0$ $\quad dB = \dfrac{\mu_0\sigma\omega}{2}dr$

$B = \int_0^R dB = \int_0^R \dfrac{\mu_0\sigma\omega}{2}dr = \dfrac{\mu_0\sigma\omega R}{2}$

22．如图所示，厚度为$2d$ 的无限大导体平板内通有沿 z 轴正方向均匀流过的电流，电流面密度为σ（即指通过与电流方向垂直的单位面积的电流），求空间磁感应强度的分布。



解：在板内取闭合回路

$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = 2Bl = 2dl\sigma\mu_0$

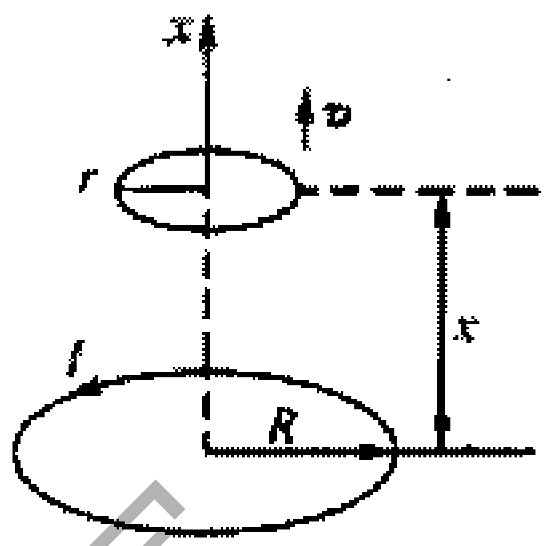
故 $B = \mu_0\sigma d$

同理 在板外取闭合回路

$B = \mu_0\sigma y$

故 $B = \begin{cases} \mu_0\sigma d & y \leq -d \\ \mu_0\sigma y & -d < y \leq 0 \\ -\mu_0\sigma y & 0 < y < d \\ -\mu_0\sigma d & y \geq d \end{cases}$

23．如图所示，两个半径分别为 R 和 r 的同轴圆形线圈相距 x，且 $R >> r$，$x >> R$。若大线圈通有电流 I，试求当 $x = kR$ 时（k 为正数）小线圈回路中的磁通量。

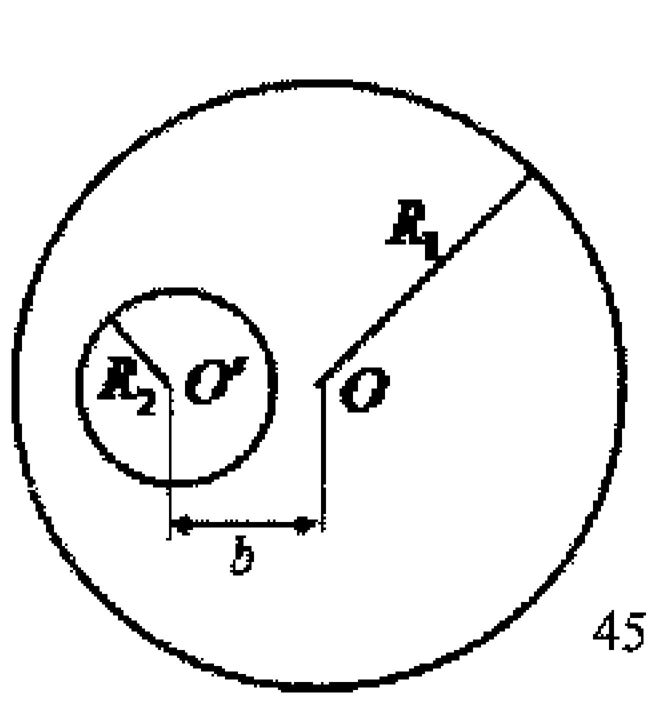


解：线圈磁场 $B = \dfrac{\mu_0 I R^2}{2(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$

$x >> R \qquad B = \dfrac{\mu_0 I R^2}{2x^3} = \dfrac{\mu_0 I}{2k^3 R}$

$\Phi = B \cdot S = \dfrac{\pi \mu_0 I r^2}{2k^3 R}$

24．在半径为 R_1 的长直圆柱形导体内部，与轴线平行地挖成一半径为 R_2 的长直圆柱形空腔，两轴间距离为 b，



且$b > R_2$，横截面如图所示。现在电流I沿导体管流动，电流均匀分布在管的横截面上，且电流方向与管的轴线平行。求：（1）圆柱轴线上的磁感应强度的大小；（2）空心部分轴线上的磁感应强度的大小。

解：$I_1 = \delta \pi R_1^2$ $I_2 = \delta \pi R_2^2$ $I = \delta \pi (R_1^2 - R_2^2)$

1) $B = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi b} = \frac{\mu_0}{2\pi b} \cdot \frac{R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} I$

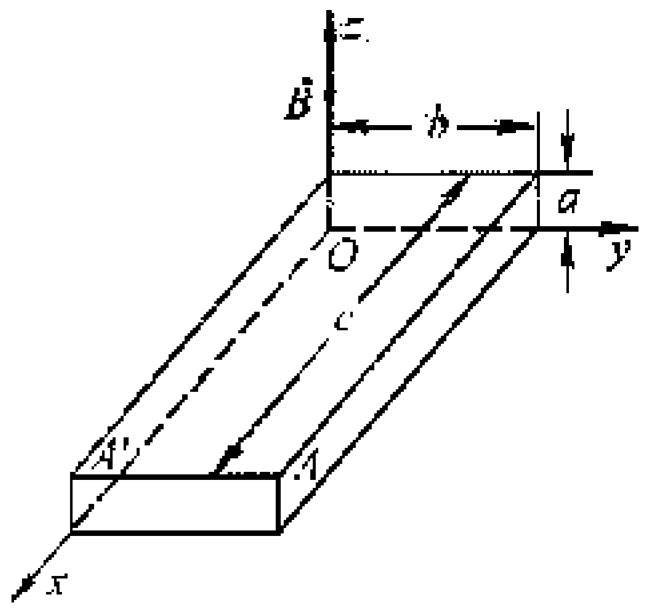
2) $B = \frac{\mu_0 I_1 b}{2\pi R_1^2} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi (R_1^2 - R_2^2)}$

班级：　　　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　　　学号：

第九次 恒定磁场 2

一、单选题（每小题 3 分，共 30 分）

1．如图所示，在一磁感强度方向为沿 z 轴正方向的匀强磁场 $\bar{B}$ 中有一块微小的导体样品。当导体中通有沿 x 轴正方向电流 I 时，样品两侧 AA' 之间的电势差为 U，则该导体的霍尔系数为　　　　[A]



A．$R_H = \dfrac{Ua}{IB}$　　　　B．$R_H = \dfrac{Ub}{IB}$

C．$R_H = \dfrac{IB}{Ua}$　　　　D．$R_H = \dfrac{IB}{Ub}$

2．用相对磁导率 μ_r 表征三种磁介质各自的特性时，下列正确的是 [C]

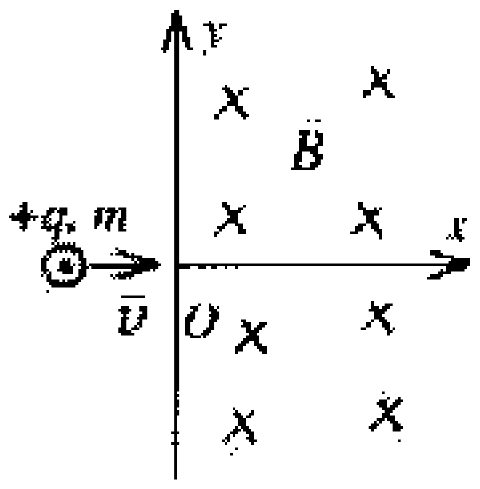
A．顺磁质 $\mu_r > 0$，抗磁质 $\mu_r < 0$，铁磁质 $\mu_r \gg 1$

B．顺磁质 $\mu_r > 1$，抗磁质 $\mu_r = 1$，铁磁质 $\mu_r \gg 1$

C．顺磁质 $\mu_r > 1$，抗磁质 $\mu_r < 1$，铁磁质 $\mu_r \gg 1$

D．顺磁质 $\mu_r > 0$，抗磁质 $\mu_r < 0$，铁磁质 $\mu_r > 1$

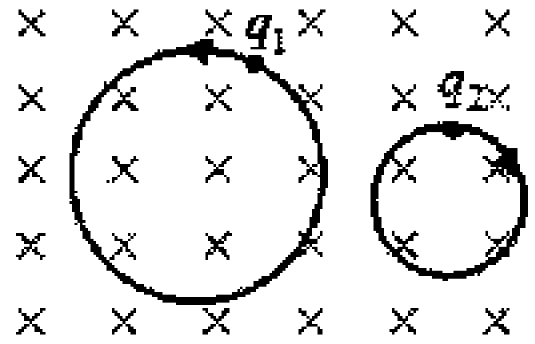
3．如图所示，一个电量为 $+q$、质量为 m 的质点，以速度 $\bar{v}$ 沿 x 轴射入磁感强度为 B 的均匀磁场中，磁场方向垂直纸面向里，其范围从 $x=0$ 延伸到无限远，如果质点是在 $x=0$ 和 $y=0$ 处进入磁场，则它将以速度 $-\bar{v}$ 从磁场中某一点出来，这点坐标是 $x=0$ 和　　　　[B]



A．$y = \dfrac{mv}{qB}$　　　　B．$y = \dfrac{2mv}{qB}$

C．$y = -\dfrac{2mv}{qB}$　　　　D．$y = -\dfrac{mv}{qB}$

4．如图所示，两个质量相同，带电量相同（$|q_1| = |q_2|$）的带电粒子在均匀磁场中做圆周运动，q_1 的速率为 v_1，q_2 的速率为 v_2，下列选项中正确的是



[B]

A. $q_1>0,q_2<0,\upsilon_1<\upsilon_2$　　B. $q_1>0,q_2<0,\upsilon_1>\upsilon_2$

C. $q_1>0,q_2>0,\upsilon_1>\upsilon_2$　　D. $q_1>0,q_2>0,\upsilon_1<\upsilon_2$

5. 将半径为R的圆柱形无限长直导线置于均匀无限大磁介质之中，若有恒定电流为I均匀地流过导线的横截面，磁介质的相对磁导率为$\mu_r(\mu_r<1)$，则与导线接触的磁介质表面上的磁化电流面密度为　　[A]

A. $\frac{(1-\mu_r)I}{2\pi R}$　　B. $\frac{\mu_0 I}{2\pi\mu_r R}$　　C. $\frac{\mu_r I}{2\pi R}$　　D. $\frac{I}{2\pi\mu_r R}$

6. 铁磁物质的相对磁导率　　[D]

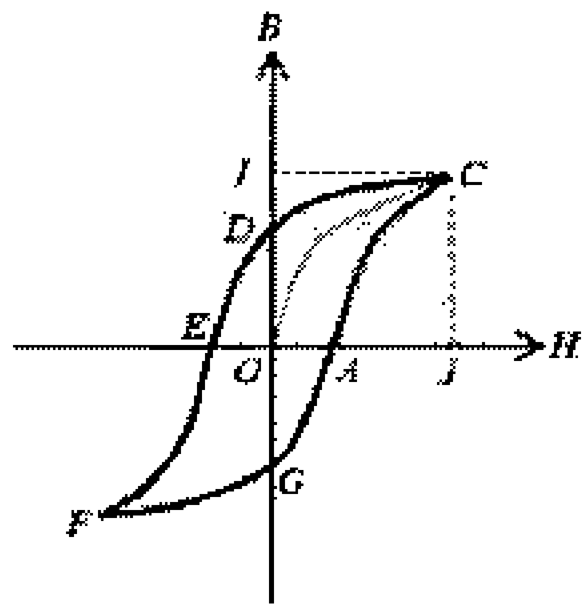
A. 比真空的相对磁导率略小；

B. 比真空的相对磁导率略大；

C. 远小于真空的相对磁导率；

D. 远大于真空的相对磁导率。

7. 如图所示为一铁磁材料的磁滞回线，则能够代表饱和磁感强度的是　　[D]



A. 线段 OJ

B. 线段 OD

C. 线段 OE

D. 线段 OI

8. 某材料的磁化率为6.8×10^{-5}，则此材料为　　[A]

A. 顺磁性材料　　B. 抗磁性材料

C. 铁磁性材料　　D. 顺磁性或抗磁性材料

9. 有一半径为R、面电荷密度为σ的均匀带电圆盘，绕通过圆心与盘面垂直的转轴以角速度ω旋转。现将转动圆盘置入匀强磁场$\vec{B}$中，磁感强度与盘面平行，则圆盘受到的磁力矩大小为　　[B]

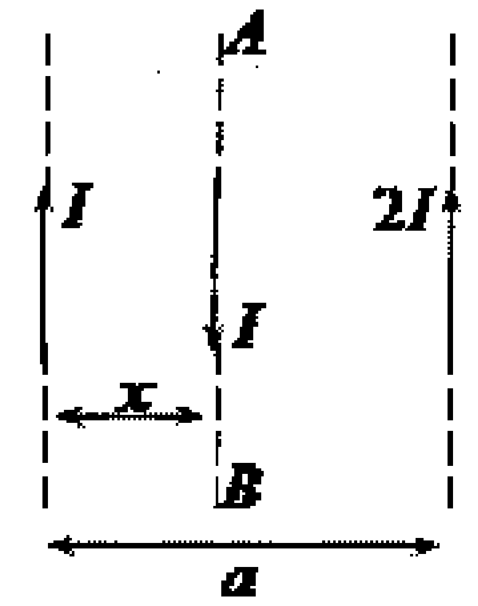
A. $\frac{\pi\sigma\omega BR^4}{2}$　　B. $\frac{\pi\sigma\omega BR^4}{4}$　　C. $\frac{\pi^2\sigma\omega BR^4}{2}$　　D. $\pi^2\sigma\omega BR^4$

10. 把一根磁矩为m的条形永磁铁放在磁感应强度为$\vec{B}$的均匀磁场中，当条形磁铁平行于$\vec{B}$时，它受到的力矩为　　[A]

A. 0　　B. mB　　C. $-mB$　　D. $\frac{1}{2}mB$

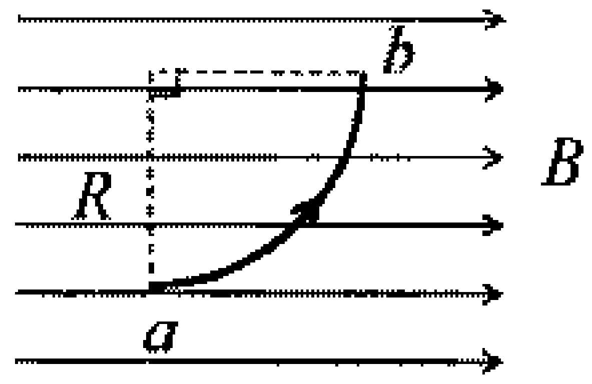
班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）



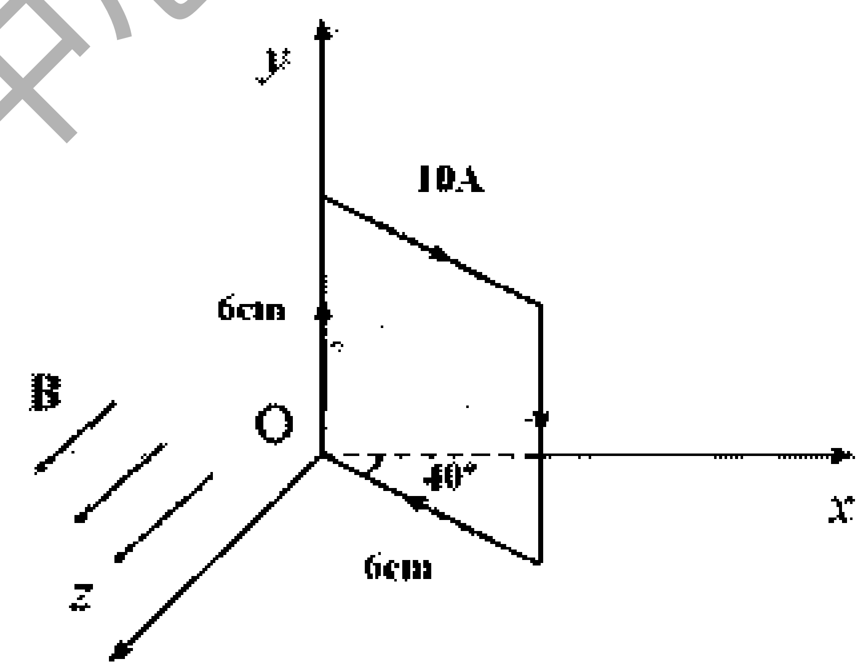
11．如图所示，平行放置在同一平面内的三条载流长直导线，要使导线 AB 所受的安培力等于零，则 x 等于 $\frac{a}{3}$ 。

12．一电子以速率 $v = 2.20\times10^{6}$ m/s 垂直磁力线射入磁感强度 $B = 2.36$T 的均匀磁场，则该电子的轨道磁矩为 9.33×10^{-19} A·m^2 其方向与磁场方向 相反 。



13．如图所示，有一半径为 R，流过稳恒电流 I 的1/4圆弧形载流导线 ab，按图示方式置于匀强磁场 B 中，则导线 ab 所受安培力大小为 ILB ，方向 垂直于纸面向里

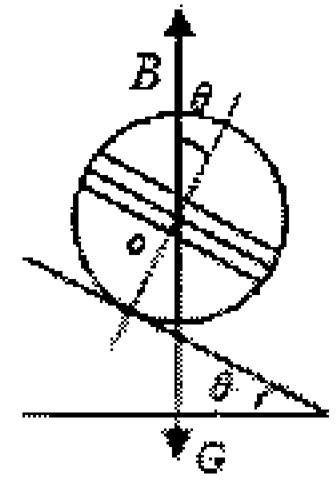
14．一个绕有 500 匝导线的平均周长为 50cm 的细环，载有 0.3A 电流时，铁芯的相对磁导率为 600。（1）铁芯中的磁感强度 B 为 0.226T ；（2）铁芯中的磁场强度 H 为 300 A/m 。($\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}$ N/A^2)



15．如图所示，载流 I=10A 的矩形线圈，可绕 y 轴转动，如果有一均匀磁场 B=0.2T，方向沿 z 轴正方向，则保持线圈在这一位置所需的力矩大小为 4.6×10^{-3} N.m

16．已知铝的相对磁导率 $\mu_r = 1.000023$，则铝的磁化率为 0.000023 ，它属于 顺 磁质。

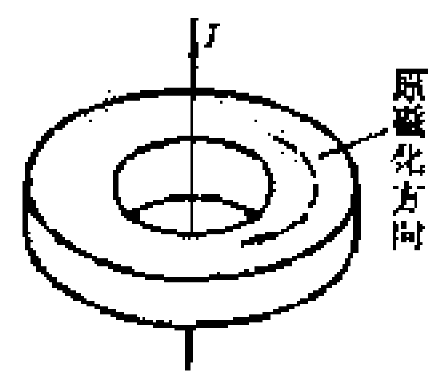
17．一平面试验线圈的磁矩 m 的大小为 1×10^{-8} A•m^2，把它放入待测磁场中的 A 处。试验线圈是如此之小，以致可以认为它所占据的空间内磁场是均匀的。当此线圈的 m 指向 z 轴正方向时，所受磁力矩大小为 5×10^{-9} N•m，方向沿 x 轴负方向；当此线圈的 m 与 y 轴平行时，所受磁力矩为零，则空间 A 点处的磁感强度的大小为 0.5T ，方向为 y轴正方向. 。



18．如图所示，斜面上放有一塑料圆柱，圆柱上绕有数匝矩形线圈，圆柱体的轴线位于导线回路平面内。斜面倾角为 θ，处于均匀磁场 B 中，B 的方向竖直向上。如果线圈平面与斜面平行，且圆柱静止在斜面上，则通过回路的电流 I 方向从上往下看为 逆时针 。

19．矩磁材料具有接近矩形的磁滞回线，只要反向场超过矫顽力，磁化方向就立即反转。矩磁材料的用途是制作计算机中存储元件的环形磁芯。如

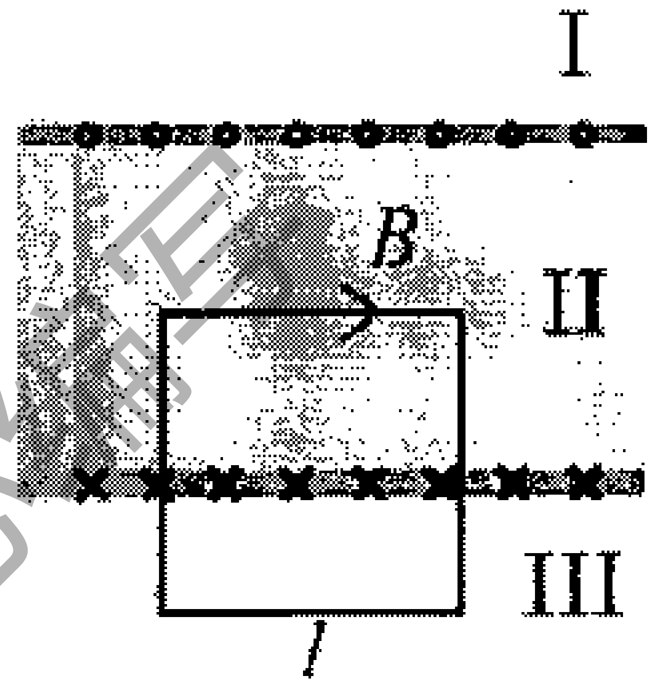
图所示，磁芯的内、外直径分别为 0.5mm 和 0.8mm，高为 0.3mm. 这个磁芯由矫顽力为 $H_c = 160\,\mathrm{A/m}$ 的矩磁铁氧体材料制成，并假定原来已被磁化。现在，我们要将磁芯的磁化方向全部翻转过来，则穿过磁芯的导线中通过的脉冲电流的峰值至少为____0.4A____。



20．铁磁质的磁化能力与温度有关,当温度升高到某一值时，铁磁性完全消失，这个温度叫做__居里温度__。

三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

21．两块厚度均可忽略的无限大导体薄板，互相平行放置，两板上均匀地通有等值反向电流，电流面密度为 1000A/m。在两块导体板之间充满相对磁导率为 500 的软磁介质，求：空间各处的磁感应强度、磁场强度和磁化强度的大小。



解：$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = I$

$H_2 l = \lambda l$

故 $H_2 = 1000\,A/m$

$B_2 = \mu H_2 = \mu_0 \mu_r H_2 = \frac{\pi}{5}\,T$

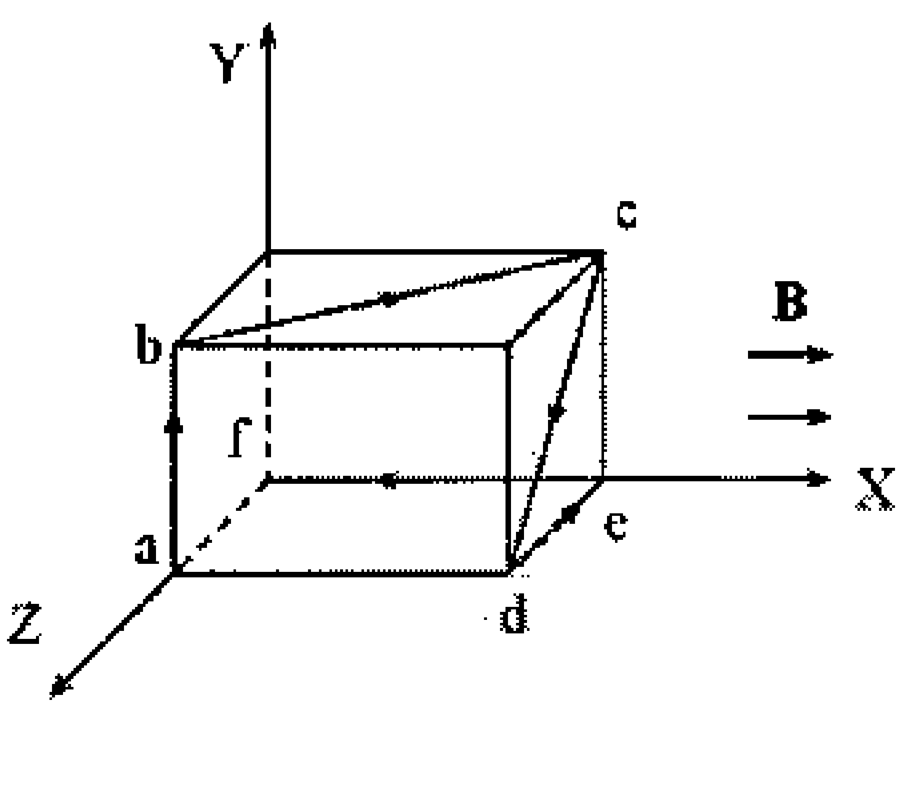
$M_2 = \frac{B}{\mu_0} - H = 499000\,A/m$

板外 $B_1 = B_3 = 0$

$H_1 = H_3 = 0$

$M_1 = M_3 = 0$

22．如图所示，边长为 0.6m 的立方体放置在



均匀磁场 $B=0.6\mathrm{T}$ 中，磁场方向平行于 x 轴，导线 $abcdef$ 载有电流 4A，试求各段载流导线上的力的大小和方向？

解：$F_{ab} = ILB = 1.44N$　z轴负方向

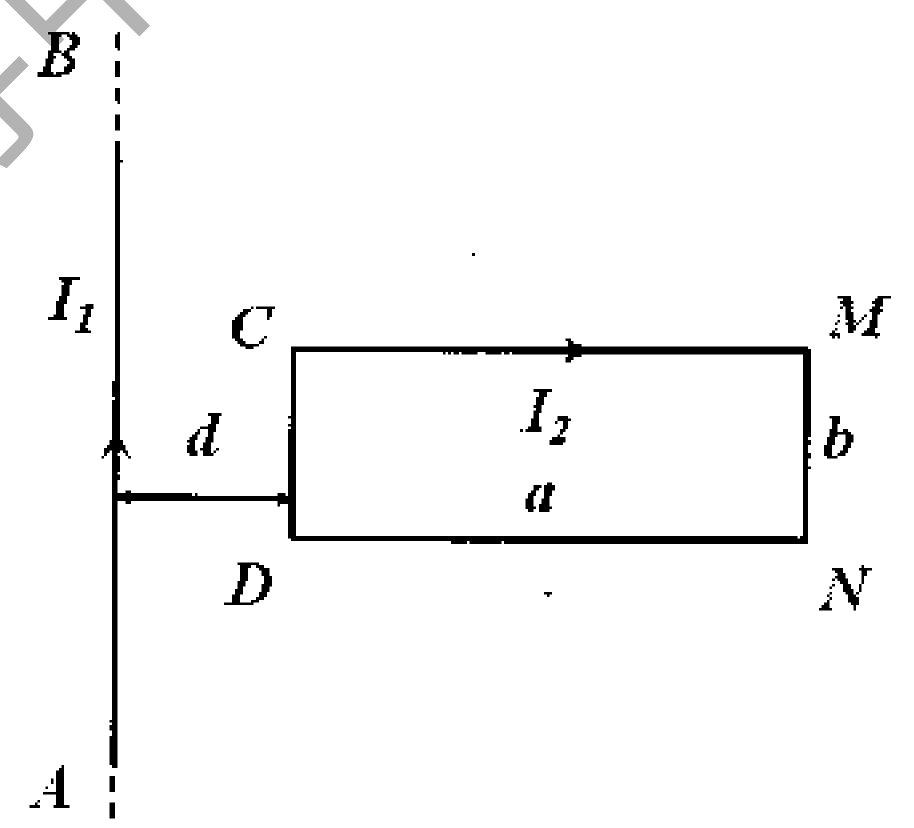
$F_{bc} = ILB\sin\theta = 1.44N$　y轴负方向

$F_{cd} = ILB\cancel{\sin\theta} = 2.04N$　向量(0,1,1)方向

$F_{de} = ILB = 1.44N$　y轴负方向

$F_{ef} = 0$

23．如图所示，在长直导线 AB 内通以电流 I_1，在长为 a 宽为 b 的矩形线圈 $CDMN$ 中通有电流 I_2，AB 与线圈共面，CD、MN 都与 AB 平行且 CD 边与导线 AB 之间的距离为 d。求：（1）导线 AB 的磁场对矩形线圈各边作用力；（2）矩形线圈所受的合力及合力矩。



解：(1) CD边　$B_1 = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$　$F = I_2 b B_1 = \dfrac{\mu_0 b I_1 I_2}{2\pi d}$　水平向左

MN边　$B_2 = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi(d+a)}$　$F = I_2 b B_2 = \dfrac{\mu_0 b I_1 I_2}{2\pi(d+a)}$　水平向右

CM边　$B_l = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi l}$　$dF = I_2 B_l dl = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2 dl}{2\pi l}$

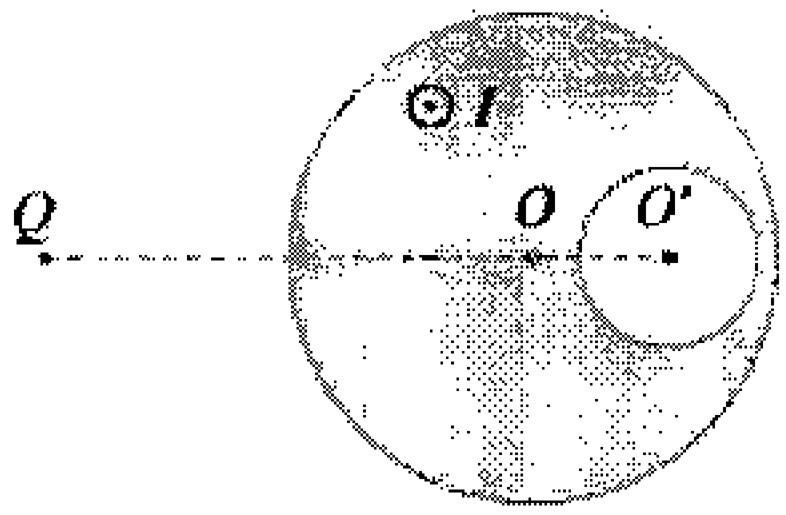
$$F = \int_d^{d+a} \frac{\mu_0 I_1 I_2 dl}{2\pi l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\frac{d+a}{d}$$　水平向上

DN边　$F = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\dfrac{d+a}{d}$　水平向下

(2) 合力　$F = \dfrac{\mu_0 b I_1 I_2}{2\pi}\left(\dfrac{1}{d} - \dfrac{1}{d+a}\right) = \dfrac{\mu_0 a b I_1 I_2}{2\pi d(d+a)}$　水平向左

合力矩　$\vec{M} = \vec{F} \times \vec{l}\ (= \vec{m} \times \vec{B}) = 0$

24. 如图所示，一根半径为 R 的无限长载流直导线，在导体内有一半径为 r 的圆柱形空腔，其轴与直导线的轴平行，且两轴 OO' 距离为 d。电流 I 沿轴向流向纸外，并均匀分布在横截面上，现若在 $O'O$ 的延长线上距 O 为 $2R$ 处的 Q 点有一电子垂直纸面向外以速度 v 运动，求此时电子受到的磁场力。



解：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_i I_i$

横截面 $B_0 \cdot 4\pi R = \mu_0 \frac{R^2}{R^2-r^2} I$ $\quad B_0 = \frac{\mu_0 I R}{4\pi(R^2-r^2)}$

挖去部分 $B' \cdot 2\pi(2R+d) = \mu_0 \frac{r^2}{R^2-r^2} I$ $\quad B' = \frac{\mu_0 I r^2}{2\pi(R^2-r^2)(2R+d)}$

$$B = B_0 - B' = \frac{\mu_0 I(2R^2+Rd-2r^2)}{4\pi(R^2-r^2)(2R+d)}$$

$$F = evB = \frac{ev\mu_0 I(2R^2+Rd-2r^2)}{4\pi(R^2-r^2)(2R+d)}$$ 水平向左.

班级：　　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　　学号：

第十次 变化的电磁场

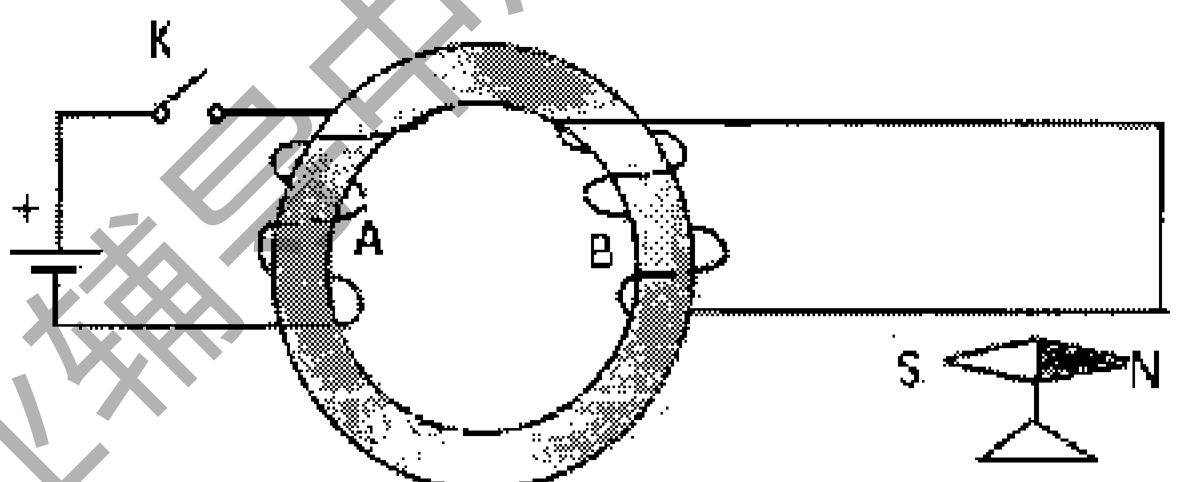
一、单选题（每小题3分，共30分）

1．有两个线圈，线圈1对线圈2的互感系数为M_{21}，而线圈2对线圈1的互感系数为M_{12}．线圈1和线圈2中的电流分别为i_1和i_2，电流随时间变化且$\left|\frac{di_1}{dt}\right|>\left|\frac{di_2}{dt}\right|$，设由电流$i_2$变化在线圈1中产生的互感电动势为$\varepsilon_{12}$，由电流$i_1$变化在线圈2中产生的互感电动势为$\varepsilon_{21}$，下述结论正确的是　　　　[C]

A．$M_{12}=M_{21}$，$\varepsilon_{12}=\varepsilon_{21}$　　　　B．$M_{12}\neq M_{21}$，$\varepsilon_{12}\neq\varepsilon_{21}$

C．$M_{12}=M_{21}$，$\varepsilon_{12}<\varepsilon_{21}$　　　　D．$M_{12}=M_{21}$，$\varepsilon_{12}>\varepsilon_{21}$

2．演示法拉第发现电磁感应现象的实验如图，在一铁环上绕有两组线圈A和B，初级绕组A与电池、开关串接成回路，次级绕组B则自成闭合回路，它的一段直导线处于水平位置，并位于一小磁针的上方，如图所示。当断开开关K时，小磁针　　　　[B]



A．N极向纸面内偏转，S极向纸面外偏转

B．N极向纸面外偏转，S极向纸面内偏转

C．N极向上偏转，S极向下偏转

D．N极向下偏转，S极向上偏转

3．下列做法中可能产生涡流的是　　　　[D]

A．把金属块放在匀强磁场中；

B．把金属块放在匀强磁场中做匀速运动；

C．把金属块放在匀强磁场中做变速运动；

D．把金属块放在变化的磁场中。

4．关于产生感应电流的条件，以下说法中正确的是　　　　[D]

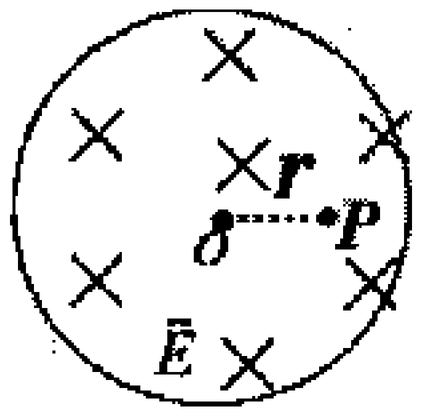
A．在磁场中运动的闭合电路中就一定会有感应电流；

B．闭合电路在磁场中作切割磁感线运动，闭合电路中就一定会有感应电流；

C．穿过闭合电路的磁通为 0 的瞬间，闭合电路就一定不会有感应电流；

D．只要穿过闭合电路的磁通量发生改变，闭合电路中就一定会有感应电流。

5．图为一圆柱体的横截面，圆柱体内有一均匀电场 $\vec{E}$，其方向垂直纸面向内，电场的大小随时间 t 线性增加，P 为圆柱体内与轴线相距为 r 的一点，则　　　　　　　　［ B ］



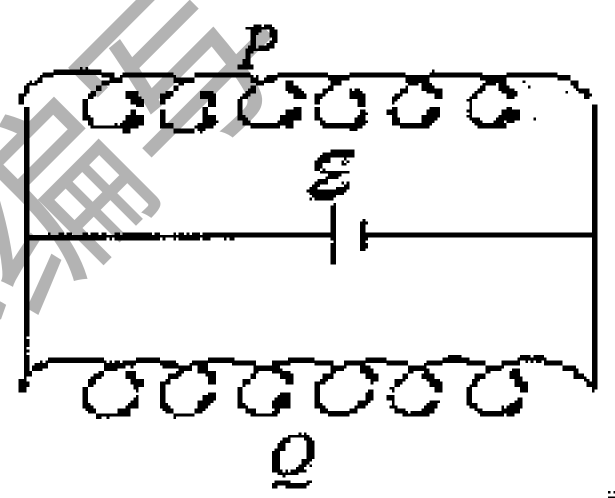
A．P 点位移电流方向垂直纸面向外，感生磁场方向竖直向下；

B．P 点位移电流方向垂直纸面向里，感生磁场方向竖直向下；

C．P 点位移电流方向垂直纸面向外，感生磁场方向竖直向上；

D．P 点位移电流方向垂直纸面向里，感生磁场方向竖直向上。

6．如图所示，两个线圈 P 和 Q 并联地接到一电动势恒定的电源上。线圈 P 的自感和电阻分别是线圈 Q 的两倍，线圈 P 和 Q 之间的互感可忽略不计。当达到稳定状态后，线圈 P 的磁场能量与 Q 的磁场能量的比值是　　　　　　　　［ D ］



A．4　　　　B．2

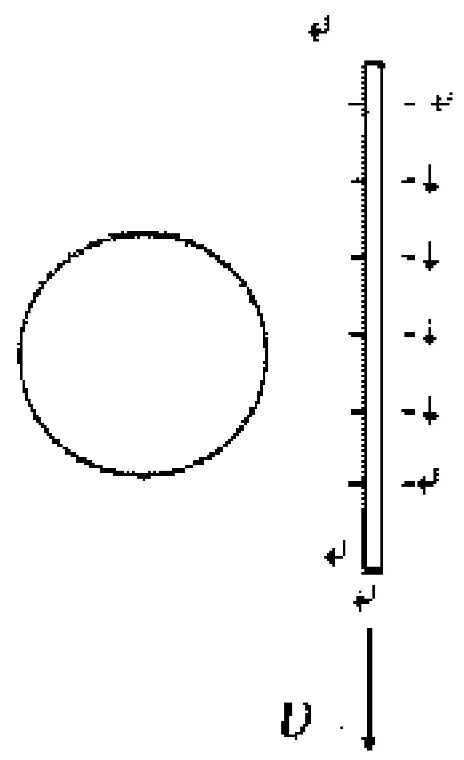
C．1　　　　D．0.5

7．两无限长的同轴薄圆筒导体组成同轴电缆，其间充满磁导率为 μ 的均匀磁介质，两薄圆筒中流过的电流大小相等，方向相反。若同轴电缆的内外半径分别为 R_1 和 R_2，则单位长度电缆内储存的磁能为　　　　　　　　［ B ］

A．$\dfrac{\mu I^2}{8\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$　　　　B．$\dfrac{\mu I^2}{4\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

C．$\dfrac{\mu I^2}{8\pi}(\dfrac{1}{R_1}-\dfrac{1}{R_2})$　　　　D．$\dfrac{\mu I^2}{8\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

8．一金属圆环旁边有一带负电荷的长直细棒，细棒与圆环在同一平面内，开始时相对静止；后来细棒忽然向下运动，如图所示，则此时圆环内的感应电流　　　　　　　　［ C ］



A．为零　　　　B．无法判断

C．沿顺时针方向　　　　D．沿逆时针方向

9．如图所示，一电荷为 q 的点电荷，以匀角速度 ω 作圆周运动，圆周的半径为 R。设在 $t=0$ 时，q 所在点的坐标为 $x_0=R$，$y_0=0$，以 $\vec{i}$、$\vec{j}$ 分别表示 x 轴和 y 轴上的单位矢量，则圆心处 O 点的位移电流密度为　　　　　　　　［ D ］

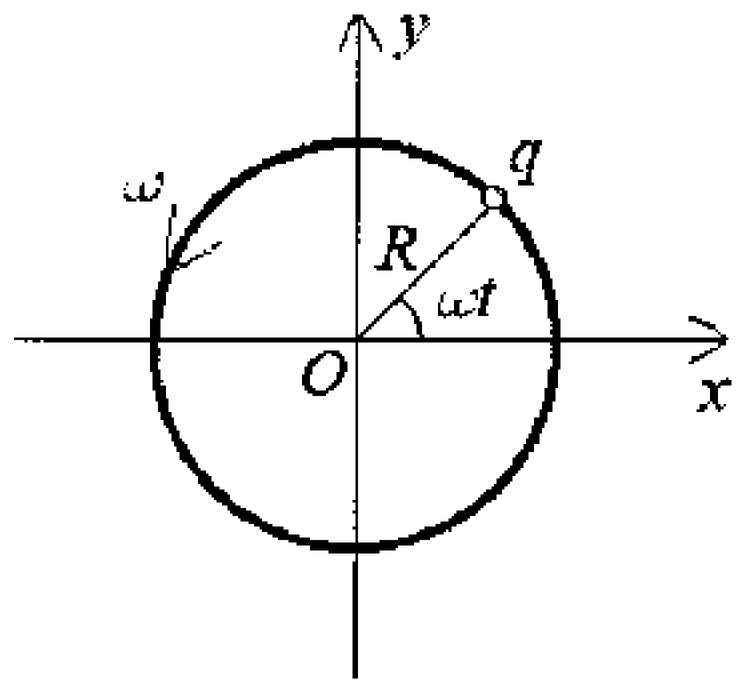
班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

A. $\dfrac{q\omega}{4\pi R^2}\sin\omega t\vec{i}$

B. $\dfrac{q\omega}{4\pi R^2}\cos\omega t\vec{j}$

C. $\dfrac{q\omega}{4\pi R^2}\vec{k}$

D. $\dfrac{q\omega}{4\pi R^2}(\sin\omega t\vec{i}-\cos\omega t\vec{j})$



10．将一块铜板垂直于磁场方向放在磁场中，磁场的磁感强度随时间减小，铜板中出现的感应电流将　　　　[B]

A．加速铜板中磁场的减弱　　　　B．减缓铜板中磁场的减弱

C．对磁场不起作用　　　　　　　D．使铜板中磁场反向

二、填空题（每小题3分，共30分）

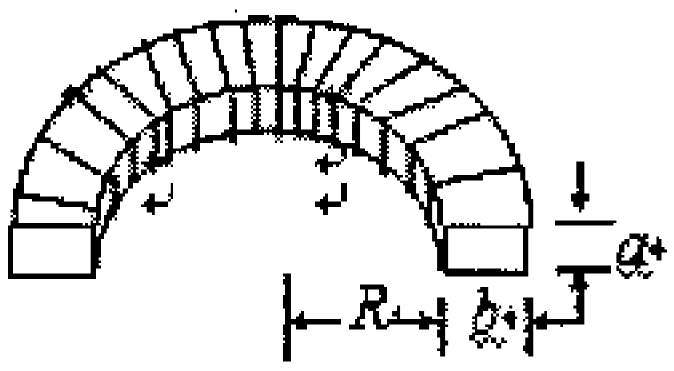
11．对于单个线圈自感系数的定义式为$L=\Phi/I$。当线圈的几何形状、大小及周围磁介质分布不变，且无铁磁性物质时，若线圈中的电流强度变小，则线圈的自感系数L__不变__（填“增大”、“减小”、“不变”）。

12．有两个线圈，自感系数分别为L_1和L_2。已知$L_1=3\text{mH}$，$L_2=5\text{mH}$，串联成一个线圈后测得自感系数$L=11\text{mH}$，则两线圈的互感系数$M=$__1.5mH__。

13．在半径为0.100m，横截面积为$5.00\times10^{-4}\text{m}^2$的钢圆环上均匀密绕线圈400匝，当线圈中通有$0.500\text{A}$电流时，此钢环的磁导率为$1.00\times10^{-3}\text{H}\cdot\text{m}^{-1}$，则此时钢环中的磁场强度为__318.3A/m__，磁感应强度为__0.3183T__，线圈的自感系数为__0.12732 mH__。

14．平行板电容器的电容C为$10.0\mu\text{F}$，两板上的电压变化率为$\dfrac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t}=2.50\times10^5\text{ V/s}$，则该平行板电容器中的位移电流为__2.5A__。

15．螺绕环由绝缘导线在骨架上密绕N匝而成，环的横截面为$a\times b$的矩形，其内半径为R，外半径为$R+b$，如图所示。当导线中通有电流I时螺绕环内储存的磁场能量__$\dfrac{\mu_0 N^2 I^2 a}{4\pi}\ln\dfrac{R+b}{R}$__，螺绕环外的磁场能量密度等于__0__。



16．涡旋电场是由__变化的磁场__激发的电场。

17．不仅传导电流能够激发磁场，__位移电流__也可以激发磁场。

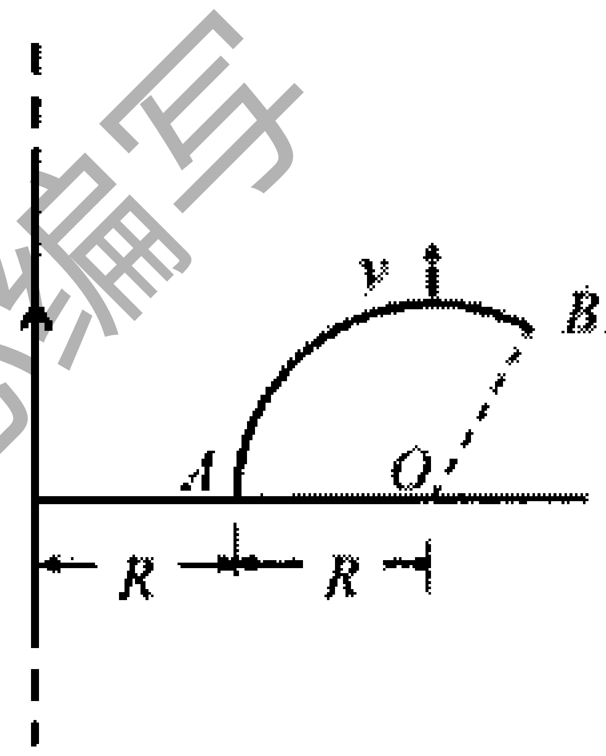
18．两个相距不太远的平面圆线圈，其中一线圈的轴线恰通过另一线圈的圆心。假如需要使其互感系数近似为零，则两线圈应该 轴线互相____垂直____（填“垂直”、“平行”）放置。

19．半径为r的两块圆板组成的平行板电容器充了电，在放电时两板间的电场强度的大小为$E=E_0\exp(-t/RC)$，式中E_0、R、C均为常量。若忽略边缘效应，两板间的位移电流的大小为____$\frac{\varepsilon_0 E_0}{RC}\pi r^2 e^{-\frac{t}{RC}}$____，其方向与场强方向____相同____。

20．麦克斯韦方程组中，直接说明感生电场是涡旋场的方程的数学表达式为____$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_C \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$____.

三、计算题（每小题10分，共40分）

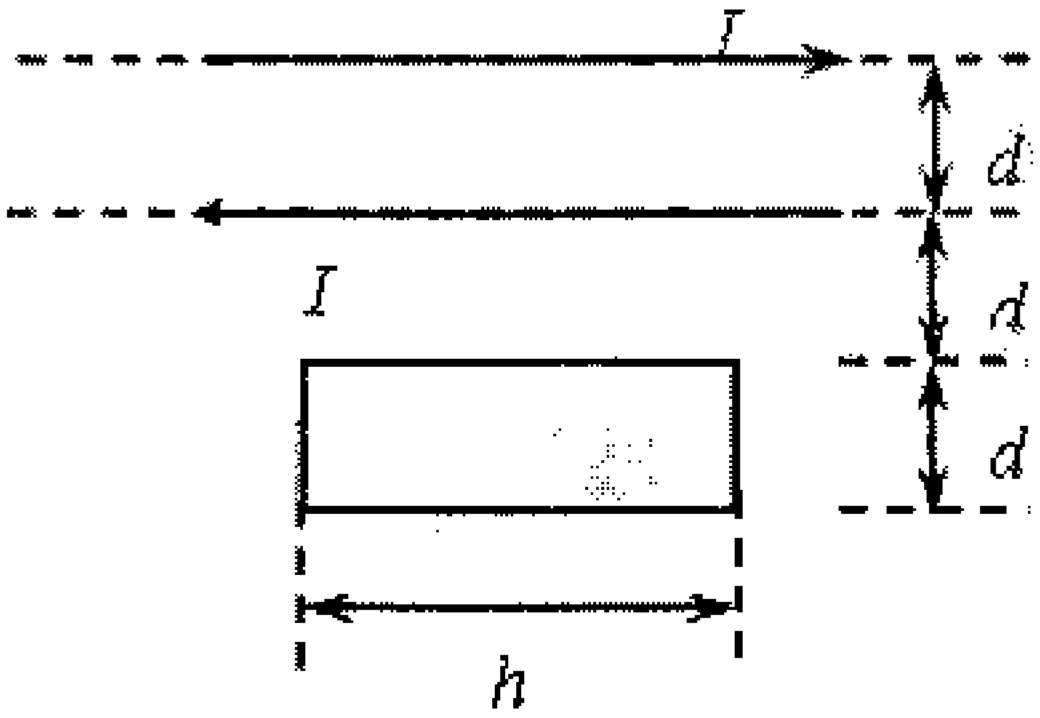
21．无限长直导线通有电流I，旁有一圆心角为120^o的圆弧形导线AB，几何尺寸及位置如图所示。当弧形导线以速度v平行于长直导线方向运动，求弧形导线中的电动势ε_{AB}以及电势高的是哪端？



解：$\varepsilon_{AB}=\int_A^B(\vec{v}\times\vec{B})\,dl=\int_0^{\frac{2}{3}\pi}\frac{\mu_0 I vR\sin\theta}{2\pi(2R-R\cos\theta)}d\theta=\frac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln\frac{5}{2}$

A端电势高.

22．两根无限长平行直导线载有大小相等方向相反的电流$I=I_0\exp(-\alpha t)$，



班级：　　　　　　　　姓名：　　　　　　　　学号：

一矩形线圈位于导线平面内，几何尺寸如图，求线圈中感应电动势及其方向。

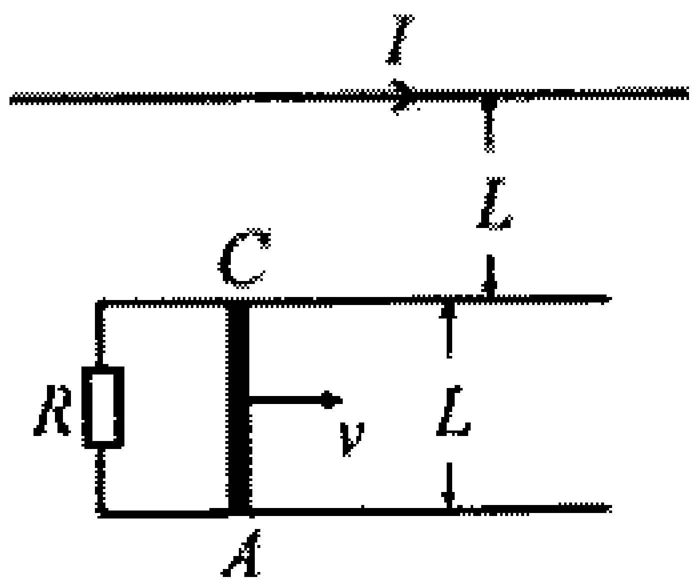
解：$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{x}-\frac{1}{x-d}\right)$

$\Phi=\iint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_{2d}^{3d} B\cdot h\,dx=\int_{2d}^{3d}\frac{\mu_0 I h}{2\pi}\left(\frac{1}{x}-\frac{1}{x-d}\right)dx=\frac{\mu_0 I h}{2\pi}\ln\frac{3}{4}$

$M=\frac{\Phi}{I}=\frac{\mu_0 h}{2\pi}\ln\frac{3}{4}$

$\mathcal{E}_M=-M\cdot\frac{dI}{dt}=\frac{2\mu_0 h}{2\pi}\ln\frac{3}{4}\cdot I_0e^{-2t}$　逆时针

23．如图所示，两根相距为L的光滑水平导轨用电阻R连接，同一水平面内有一平行长直载流线，相距亦为L，通有恒定电流I，另有一导体杆AC放在导轨上，一水平外力$\vec{F}$作用在AC上一点，并使其以速率v匀速向右运动。假设导轨与杆的电阻均可忽略不计，求$\vec{F}$的大小、方向和作用点。



解：$\Phi_m=Blx=\int_L^{2L}\frac{\mu_0 I}{2\pi r}x\,dr=\frac{\mu_0 I x}{2\pi}\ln 2$

$\varepsilon=-\frac{d\Phi_m}{dt}=-\frac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln 2$

$I'=\frac{|\varepsilon|}{R}=\frac{\mu_0 I v}{2\pi R}\ln 2$

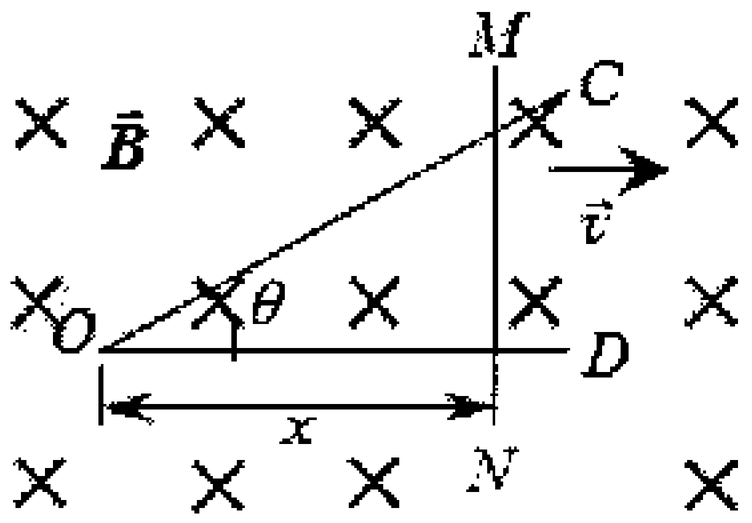
$F=BI'L=\int_L^{2L}\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot\frac{\mu_0 I v}{2\pi R}\ln 2\cdot dr=\frac{\mu_0^2 I^2 v}{4\pi^2 R}\ln^2 2$　方向向右

$\vec{M_1}=\int_L^{2L} I'\vec{B}\,dl\,(l-L)$　　$\vec{M_2}=\vec{F}\times\vec{l}$

由力矩平衡 $\vec{M_1}=\vec{M_2}$ 得　$l=\frac{1-\ln 2}{\ln 2}L$

故作用点距C $\frac{1-\ln 2}{\ln 2}L$

24．如图所示，有一弯成θ角的金属架COD放在垂直于磁场的平面内，导体杆MN垂直于OD边并在金属架上以恒定速度$\vec{v}$向右滑动，$\vec{v}\perp MN$。设$t=0$时，$x=0$，磁场分布均匀，且$B=B_0\cos\omega t$，求框架内感应电动势ε_i的大小。（其中B_0、ω均为常量）



解：$\Phi_m=\frac{1}{2}Blx=\frac{1}{2}B_0\cos\omega t\, x^2\tan\theta=\frac{1}{2}B_0\cos\omega t\cdot v^2t^2$

$$\varepsilon=-\frac{d\Phi_m}{dt}=\frac{1}{2}B_0v^2t\tan\theta(\omega t\sin\omega t-2\cos\omega t)$$

方向逆时针（由N指向M）