

华中科技大学物理学院 2014 ~ 2015 学年第 2 学期

大学物理（一）课程考试试卷（A 卷）

（闭卷）

考试日期：2015.07.02.上午

考试时间：150 分钟

题号	一	二	三				总分	统分 签名	教师 签名
			1	2	3	4			
得分									

得 分	
评卷人	

一、选择题（单选题，每题 3 分，共 30 分。请将选项填入每小题题首的括号中）

[] 1. 某质点的运动方程为 $x = (4t + 2)\text{m}$, $y = (3t^2 - 6t + 5)\text{m}$, t 的单位为 s, 则质点速度大小取最小值时, 质点的位置坐标是

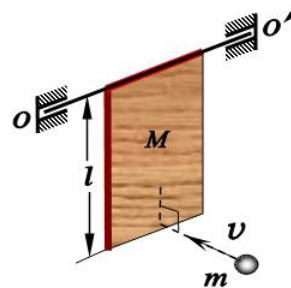
- (A) $x = 6\text{m}$, $y = 1\text{m}$ (B) $x = 5\text{m}$, $y = 6\text{m}$
 (C) $x = 6\text{m}$, $y = 2\text{m}$ (D) $x = 2\text{m}$, $y = 6\text{m}$

[] 2. 已知地球的质量为 m , 太阳的质量为 M , 地心与日心的距离为 R , 引力常数为 G , 则地球绕太阳作圆周运动的轨道角动量大小为

- (A) $m\sqrt{GMR}$ (B) $\sqrt{\frac{GMm}{R}}$ (C) $Mm\sqrt{\frac{G}{R}}$ (D) $\sqrt{\frac{GMm}{2R}}$

[] 3. 如图, 一块质量为 M 长为 l 的木板, 可绕水平轴在竖直面内自由摆动, 质量为 m 的一小钢珠以水平速度刚好碰撞木板最下端, 若碰撞为完全弹性碰撞且碰后钢珠恰好静止。则木板和钢珠的质量关系为

- (A) $M = m$ (B) $M = 3m$
 (C) $m = 3M$ (D) $M = 2m$



[] 4. 粘性流体在一均匀的水平圆管中做稳定分层流动时, 流量为 Q 。今将其管径减小一半, 管两端的压强差增加一倍, 其它条件不变, 则其流量为

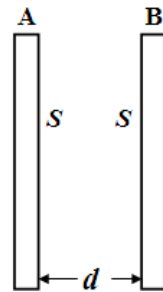
- (A) $\frac{1}{2}Q$ (B) $\frac{1}{4}Q$ (C) $\frac{1}{8}Q$ (D) $\frac{1}{16}Q$

[] 5. 假设远方的一颗恒星正以 $0.8c$ 的速度远离地球，我们接受到它辐射出来的闪光按 5 昼夜的周期变化，则固定在此星上的参考系测得的闪光周期的昼夜数为：

- (A) 3 (B) 4 (C) 6.25 (D) 8.3

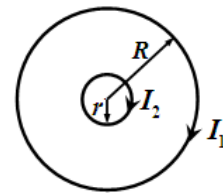
[] 6. 如图所示，A、B 为两块平行正对的导体板，其间距 d 相对板面尺寸很小，正对面积为 S 。现使 A 板带电量为 Q ，B 板带电量为 q ，且 $Q > q$ ，两导体板静电平衡时，A 板内侧的带电量和两板间电势差分别为

- (A) $\frac{Q-q}{2}, \frac{Q-q}{2\epsilon_0 S}d$ (B) $\frac{Q-q}{2S}, \frac{Q-q}{2S}d$
(C) $\frac{Q+q}{2S}, \frac{Q+q}{2S}d$ (D) $\frac{Q+q}{2}, \frac{Q+q}{2\epsilon_0 S}d$

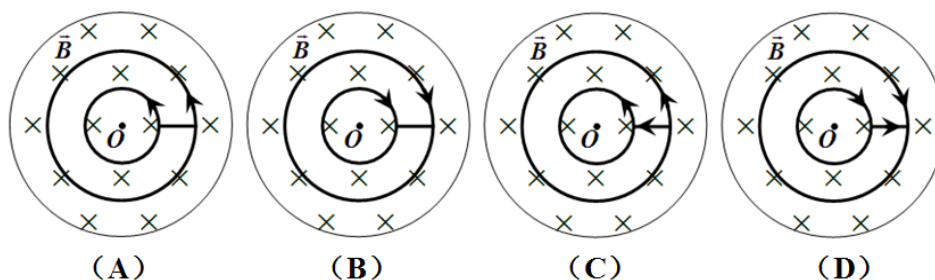


[] 7. 如图所示，两个同心圆线圈，大圆半径为 R ，通有电流 I_1 ；小圆半径为 r ，通有电流 I_2 ，方向如图，若 $r \ll R$ （大线圈在小线圈处产生的磁场近似为均匀磁场），当它们处在同一平面内时小线圈所受磁力矩的大小为

- (A) $\frac{\mu_0 \pi I_1 I_2 r^2}{2R}$ (B) $\frac{\mu_0 I_1 I_2 r^2}{2R}$
(C) $\frac{\mu_0 \pi I_1 I_2 R^2}{2r}$ (D) 0



[] 8. 如图所示，用导线围成的回路由两个同心圆及沿径向连接的导线组成，放在轴线通过 O 点的圆柱形均匀磁场中，回路平面垂直于柱轴。如果磁场的强度在随时间减小，则以下哪个图正确表示了感应电流的方向？



[] 9. 有两个密绕长直螺线管，长度及线圈匝数均相同，半径分别为 r_1 和 r_2 。管内充满均匀介质，其磁导率分别为 μ_1 和 μ_2 。设 $r_1 : r_2 = 1 : 2$ ， $\mu_1 : \mu_2 = 2 : 1$ ，当将两只螺线管串联在电路中通电稳定后，其自感系数之比 $L_1 : L_2$ 与磁能之比 $W_{m1} : W_{m2}$ 分别为：

- (A) $L_1 : L_2 = 1 : 1$ ， $W_{m1} : W_{m2} = 1 : 1$ (B) $L_1 : L_2 = 1 : 2$ ， $W_{m1} : W_{m2} = 1 : 1$
(C) $L_1 : L_2 = 1 : 2$ ， $W_{m1} : W_{m2} = 1 : 2$ (D) $L_1 : L_2 = 2 : 1$ ， $W_{m1} : W_{m2} = 2 : 1$

[] 10. 在课堂演示巴克豪森效应的实验中，老师在线圈中分别插入不同的金属片，然后让强磁体靠近线圈，同学们能听见扬声器发出的噪声。当扬声器发出明显较强的噪声时，线圈中插入的材料片是

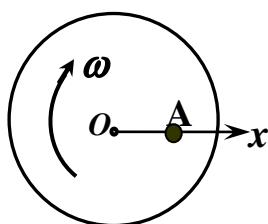
- (A) 铝 (B) 铜 (C) 坡莫合金 (D) 塑料

得 分	
评卷人	

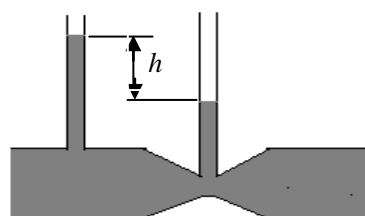
二、 填空题 （每题 3 分，共 30 分）

1. 一个质量为 $m = 0.5 \text{ mg}$ 的质点，在 xOy 坐标平面内运动，其运动方程为 $x = 5t, y = 0.5t^2$ (SI)，从 $t = 2 \text{ s}$ 到 $t = 4 \text{ s}$ 这段时间内，外力对质点做的功为_____。

2. 一个表面光滑的均匀圆盘，在水平面内绕过圆心的竖直轴匀速转动，角速度为 ω ，下图为其俯视图，若在盘面上离圆心距离为 r 处，轻轻放上质量为 m 的光滑小圆球（看成质点），则小球相对于地面参考系受力平衡而静止。但在圆盘参考系内（取沿半径向外为 x 轴正向），小球所受的科里奥利力为_____，惯性离心力为_____。



填空题 2 图



填空题 3 图

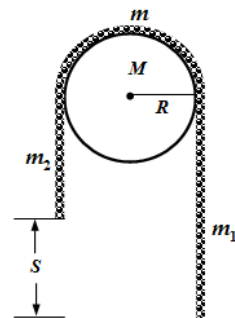
3. 汾丘里流量计如图所示。设管子粗细两处的截面积为 S_1 和 S_2 ，当有理想流体在其中稳定流动时，两竖直管内的液面高度差为 h ，由此测出管内流体的流量是_____。

4. 一列火车静止长度为 L ，以速度 $v = 0.6c$ 相对于地面匀速向行驶，地面上观察者发现有两个闪电同时击中火车的前后两端。而火车上的观察者测得闪电击中火车前后两端的时刻并不同时，其时间间隔为_____，且应该是先击中_____。

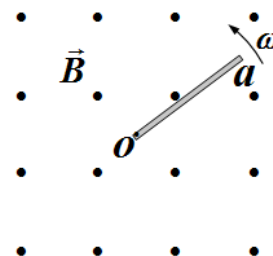
5. 静止质量为 m_0 的两个粒子相向靠近, 并做完全非弹性碰撞, 它们碰撞前的速度大小分别为 $0.8c$ 和 $0.6c$, 则碰撞后这两粒子组成系统的总动量大小为_____, 系统总能量为_____。

6. 一人坐在转椅上, 双手各持一哑铃, 哑铃与转轴的距离均为 0.6 m , 先让人体以 5 rad/s 的角速度随转椅旋转, 此后, 人收回手臂使两哑铃到转轴的距离减为 0.2 m , 人体和转椅对轴的转动惯量为 $5\text{ kg}\cdot\text{m}^2$, 并视为不变, 每个哑铃的质量为 5 kg , 可视为质点。则哑铃被拉回后, 人体转动的角速度为_____。

7. 质量为 M 的匀质圆盘, 可绕通过盘心并垂直于盘的固定光滑轴转动, 绕过盘的边缘, 挂有质量为 m 长为 l 的匀质柔软绳索, 如图, 设绳不能伸长且与圆盘无相对滑动, 则当圆盘两侧的绳长之差为 s 时, 绳子的加速度大小为_____。



填空题7图



填空题8图

8. 如图所示, 在垂直纸面向外的均匀磁场 \vec{B} 中, 一段长度为 L 的导体细棒绕端点 O 在纸面内匀角速转动, 角速度为 ω , 则任意时刻导体棒上的动生电动势大小为_____, 方向是_____。

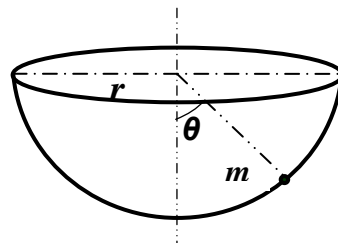
9. 两等量异号的点电荷靠近构成电偶极子, 其电偶极矩为 $\vec{p}_e = q\vec{l}$, 现将偶极子放置在场强为 \vec{E} 的均匀静电场中, 若电偶极矩方向与电场强度方向不一致, 则偶极子受到的力矩为_____, 偶极子与电场的相互作用能为_____。

10. 在讲授课本第三章刚体定轴转动的时候, 老师在课堂做过锥体上滚的演示实验, 同学们的确看到了锥型刚体沿一个支架斜面向上滚动, 并且越滚越快。但这一过程并不违反能量守恒定律, 关键在于锥体上滚过程中_____。

三、计算题（每题 10 分，共 40 分）

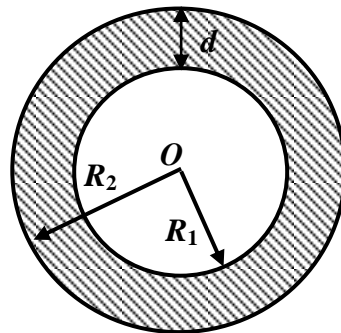
得 分	
评卷人	

1. 将一质点沿半径为 r 的光滑半球形碗的内表面切线方向水平投射，碗保持静止，设 v_0 是质点恰好到达碗口所需的初始速率，试求 v_0 作为 θ_0 的函数表达式。 θ_0 是用角度表示的质点的初始位置。



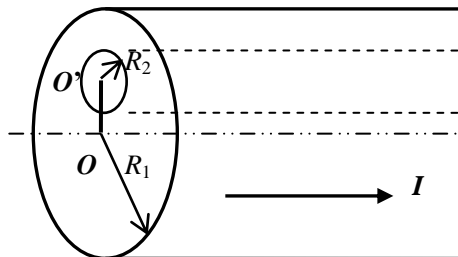
得 分	
评卷人	

2. 人体内与静电有关的现象被称为生物电。例如某种人体细胞（球形）的细胞壁内外两侧带有等量异号的电荷。设细胞壁的厚度为 $d = 5.0 \times 10^{-9} \text{ m}$ ，内表面的正电荷面密度大小 $\sigma = 5.0 \times 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{m}^{-2}$ ，若细胞壁物质的相对介电常数 $\epsilon_r = 2$ 。求：（1）细胞内的电场强度；（2）细胞壁两球面之间的电势差。（真空介电系数 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$ ）



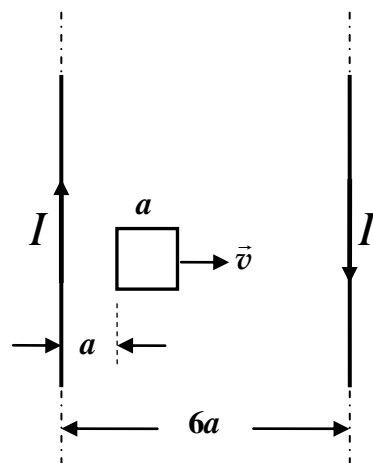
得 分	
评卷人	

3. 图中所示的是一个外半径为 R_1 的无限长的圆柱形导体管，管内空心部分的半径为 R_2 ，空心部分的轴与圆柱的轴相平行但不重合，两轴间距离为 a ，且 $a > R_2$ ，现有电流 I 沿导体管轴向流动，电流均匀分布在管的横截面上。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。



得 分	
评卷人	

4. 在两根平行放置相距为 $6a$ 的无限长直导线之间，有一与其共面的正方形线圈，线圈边长为 a ，且与长直导线平行放置，两根长直导线中通有等值反向的稳恒电流 I ，线圈以恒定速度 \vec{v} 垂直直导线向右匀速运动， $t = 0$ 时刻线圈的位置如图所示。求：（1） $t = 0$ 时刻线圈与两长直导线之间的互感系数；（2）任意 t 时刻线圈中的感应电动势。（线圈在两直导线之间）



华中科技大学物理学院 2014 ~ 2015 学年第 2 学期
大学物理（一）课程考试试卷（A 卷）**参考答案**
考试日期：2015.07.02.上午

一、选择题（每小题 3 分，共 30 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	A	B	C	B	A	D	B	C	C

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

1、 $3 \times 10^{-6} \text{J}$ （3 , 10^{-6} , J 各 1 分）

2、 $-2m\omega^2 r$, $m\omega^2 r$ （负号, $2m\omega^2 r$, $m\omega^2 r$ 各 1 分）

3、 $Q = S_1 S_2 \sqrt{\frac{2gh}{S_1^2 - S_2^2}}$ 或 $Q = S_1 S_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{S_1^2 - S_2^2}}$ （全对 3 分；

$Q = S_1 S_2 \sqrt{\frac{2gh}{S_2^2 - S_1^2}}$ 2 分；其余 0 分）

4、 $\frac{0.6L}{c}$, 车头 ($\frac{0.6L}{c}$ 2 分, 车头或车尾 1 分)

5、 $0.583m_0 c$ 或 $\frac{7}{12}m_0 c$, 2 分; $2.917m_0 c^2$ 或 $\frac{35}{12}m_0 c^2$, 1 分 (全对给分)

6、 8 rad (全对给分)

7、 $a = \frac{2mgs}{Ml + 2m}$ (全对给分)

8、 $\frac{1}{2}B\omega L^2$, 2 分; \vec{o} 指向 a , 1 分 (全对给分)

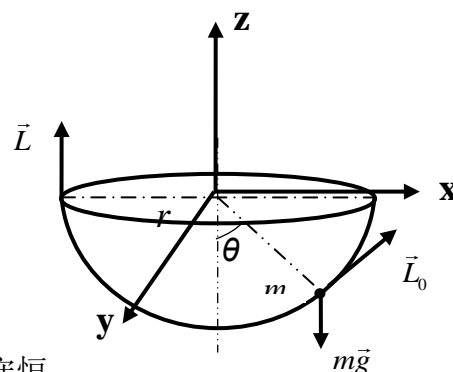
9、 $\vec{P}_e \times \vec{E}$ 或 $\vec{q} \times \vec{E}$ 分; \vec{P}_e 或 \vec{E} \vec{q} 分 (负号, \vec{P}_e 各 1 分)

10、 锥体的质心（重心）在下降

三、计算题 (每小题 4 分, 共 40 分)

1、解: 取球心为原点, 建立坐标系如图。

分析运动质点 m 对 O 点的合外力矩,
即质点重力对 O 点的力矩不为零, 运
动质点总角动量不守恒。但重力矩始终
在 xoy 平面内, 因而角动量在 z 轴分量守恒。
并且质点绕行上升时只有重力做功, 机械能守恒。
设质点刚好到达碗口的速度大小为 v , 则质点在
碗内绕行上升过程中角动量和机械能守恒的方程为:



$$rmv_0 \sin \theta_0 = rmv \quad (1) \quad \boxed{4 \text{ 分}}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgr \cos \theta_0 \quad (2) \quad \boxed{4 \text{ 分}}$$

联立 (1) 和 (2) 式解得

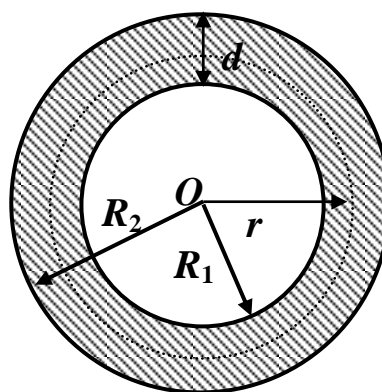
$$v_0 = \sqrt{\frac{2gr}{\cos \theta_0}} \quad \boxed{2 \text{ 分}}$$

2、

解法一:

依题意, 球形细胞的电荷分布

具有球对称性, 因而空间电场
分布亦具有球对称性, 可应用
高斯定理求解其电场分布。



(1) $r < R_1$, (细胞内空间)

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{S} = \sum q / \epsilon_0 = 0$$

故有: $E = 0$

3 分

(2) $R_1 < r < R_2$, (细胞壁内空间)

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q$$

即 $D \cdot 4\pi r^2 = \sigma \cdot 4\pi R_1^2$; $D = \frac{R_1^2}{r^2} \sigma$ 2 分

$$E = \frac{D}{\epsilon} = \frac{D}{\epsilon_r \epsilon_0} = \frac{\sigma R_1^2}{\epsilon_r \epsilon_0 r^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_r \epsilon_0} = 2.82 \times 10^7 \text{ (V/m)}$$
 2 分

若直接写:

$$E = \frac{Q}{4\pi \epsilon_r \epsilon_0 r^2} = \frac{\sigma \cdot 4\pi R_1^2}{4\pi \epsilon_r \epsilon_0 r^2} = \frac{\sigma R_1^2}{\epsilon_r \epsilon_0 r^2}$$

$$= \frac{\sigma}{\epsilon_r \epsilon_0} = 2.82 \times 10^7 \text{ (V/m)}$$
 4 分

也全对.

(3) 考虑细胞壁的厚度很小, 忽略场强随半径的差异, 内外电势差为

$$\Delta U = E \cdot d = \frac{\sigma d}{\epsilon_r \epsilon_0} = 0.14 \text{ (V)}$$
 (注意: $25/177=0.14$) 3 分

若用以下计算:

$$\Delta U = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\sigma R_1^2}{\epsilon_r \epsilon_0 r^2} dr = \frac{\sigma R_1^2}{\epsilon_r \epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{\sigma R_1^2}{\epsilon_r \epsilon_0} \frac{(R_2 - R_1)}{R_1 R_2}$$

$$= \frac{\sigma}{\epsilon_r \epsilon_0} d = 0.14 \text{ (V)}$$
 (即使没有此步近似, 可以得全分) 3 分

(说明: 计算结果错误只扣 1 分)

解法二:

(1) 均匀电场近似:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_r \epsilon_0} = 2.82 \times 10^7 \text{ (V/m)}$$
 3 分

(2) 近似为平行板电容器:

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d}$$
 3 分

$$\Delta U = \frac{Q}{C} = \frac{\sigma S}{\epsilon_r \epsilon_0 S} = \frac{\sigma d}{\epsilon_r \epsilon_0} = 0.14(V)$$

4 分

此种解法没有写出小于 R_1 的场强，不扣分。

3、解：应用补偿法，假设空腔圆柱内有等大反向的电流同时存在，且电流密度与实际截面上的电流密度相等为：

$$J = \frac{I}{\pi(R_1^2 - R_2^2)},$$

则空间磁场可看成两圆柱电流产生的磁场叠加。

1 分

(1) 对圆柱轴 O ，大圆柱电流的磁场为 0，所以

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi a} \cdot \frac{I\pi R_2^2}{\pi(R_1^2 - R_2^2)} = \frac{\mu_0 I R_2^2}{2\pi a(R_1^2 - R_2^2)}$$

5 分

(2) 对小圆柱轴 O' ，小圆柱电流的磁场为 0，所以

$$B_2 = \frac{\mu_0 a}{2\pi R_1^2} \cdot \frac{\pi R_1^2 I}{\pi(R_1^2 - R_2^2)} = \frac{\mu_0 a I}{2\pi(R_1^2 - R_2^2)}$$

4 分

说明：1. 仅电流密度错，扣 2 分；

2. 载流圆柱轴上磁场不为 0，各扣 1 分；

3. 仅有载流圆柱轴上磁场为 0，各得 1 分；

4. 若有均匀载流圆柱体的磁场分布，各得 1 分。

第四题

$$B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(6a - x)} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\Phi = \int_s (\vec{B}_1 + \vec{B}_2) \cdot d\vec{s} = \int_{a+vt}^{a+vt+a} \left[\frac{\mu_0 I}{2\pi x} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(6a - x)} \right] \cdot a dx \quad 1 \text{ 分}$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \left(\ln \frac{2a+vt}{a+vt} + \ln \frac{5a-vt}{4a-vt} \right) \quad 1 \text{ 分}$$

(1) 线圈和两长直导线的互感系数

$$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \left(\ln \frac{2a+vt}{a+vt} + \ln \frac{5a-vt}{4a-vt} \right) \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{当 } t=0 \text{ 时, } M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \cdot \ln \frac{5}{2} \quad 1 \text{ 分}$$

(2) 任意时刻线圈中的感应电动势为:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\varepsilon = \frac{\mu_0 I a v}{2\pi} \left(\frac{1}{a+vt} - \frac{1}{2a+vt} + \frac{1}{5a-vt} - \frac{1}{4a-vt} \right) \quad 1 \text{ 分}$$

$$\text{或者 } \varepsilon = \frac{3\mu_0 I a^3 v}{\pi} \cdot \frac{3a-2vt}{(a+vt)(2a+vt)(5a-vt)(4a-vt)}$$

$$\text{或者 } \varepsilon = \frac{3\mu_0 I a^3 v}{\pi} \cdot \frac{3a-2vt}{(-v^2 t^2 + 3avt + 10a^2)(-v^2 t^2 + 3avt + 4a^2)}$$

$$\text{或者 } \varepsilon = \frac{\mu_0 I a^2 v}{2\pi} \left[\frac{1}{(a+vt)(2a+vt)} - \frac{1}{(5a-vt)(4a-vt)} \right]$$

$$\text{或者 } \varepsilon = \frac{3\mu_0 I a^2 v}{\pi} \left[\frac{1}{(2a+vt)(4a-vt)} - \frac{1}{(a+vt)(5a-vt)} \right]$$

用动生电动势:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = B_{zuo} av + B_{you} av$$

$$B_{zuo} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(a+vt)} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(6a-a+vt)}$$

$$B_{you} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(a+a+vt)} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(6a-a-a+vt)} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\varepsilon_{zuo} = B_{zuo} av = \frac{\mu_0 I a v}{2\pi} \left(\frac{1}{a+vt} + \frac{1}{5a+vt} \right)$$

$$\varepsilon_{you} = B_{you} av = \frac{\mu_0 I a v}{2\pi} \left(\frac{1}{2a+vt} + \frac{1}{4a+vt} \right)$$

电动势方向都是由下向上, 以左边导线电动势为正:

$$\varepsilon = \varepsilon_{zuo} + \varepsilon_{you} = \frac{\mu_0 I a v}{2\pi} \left(\frac{1}{a+vt} + \frac{1}{5a+vt} - \frac{1}{2a+vt} - \frac{1}{4a+vt} \right) \quad 1 \text{ 分}$$