

深圳大学期末考试试卷

865

开/闭卷 闭卷

1800300001

课程编号 1800300019

课程名称 大学物理 A (1)

A/B 卷 A 卷

学分 4

命题人(签字) 审题人(签字) 年 月 日

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	基本题 总分	附加题
得分												
评卷人												

一、判断题：判断下列每小题的表述正确与错误，正确的标记“T”，错误的标记“F”。每小题 2 分，共计 16 分。

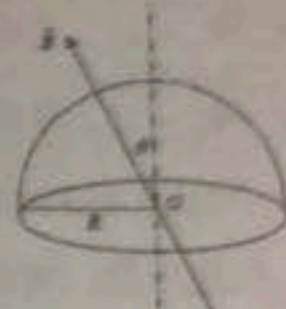
- 质点组(系)总动能的改变与内力做功有关 ()
- 若质点组(系)所受外力的冲量 $\int \vec{F} \cdot dt = 0$ ，则该质点组的动量守恒 ()
- 在真空中，若通过某一闭合曲面的电场强度通量为零，则该曲面内一定无电荷 ()
- 静电场的环路定理说明了电场线是闭合的 ()
- 在有电介质的高斯定理中，电位移矢量的通量仅与自由电荷的分布有关 ()
- 在外磁场的磁化下，顺磁质内的磁感应强度要大于外磁场的磁感应强度 ()
- 在真空中，通过恒定磁场中任意闭合曲面的磁感应强度通量不为零 ()
- 位移电流假设的实质是认为变化的电场要激发有旋磁场 ()

二、选择题：下列每小题中，只有一个选项符合题目要求。将你的选项所对应的英文字母填在括号中。每小题 3 分，共计 27 分。

- 某人坐在转椅上，双臂水平展开举着两个哑铃。转动中，他将两个哑铃水平收缩到胸前，忽略对转轴的所有阻力矩，相对定轴，人、哑铃和转椅构成的系统 ()
A. 角速度不变，角动量守恒 B. 角速度不变，角动量不守恒
C. 角速度改变，角动量守恒 D. 角速度改变，角动量不守恒
- 两个薄均质圆盘 A 和 B，对各自通过盘心且垂直盘面定轴的转动惯量分别为 J_A 和 J_B ，已知 $\frac{J_A}{J_B} = \frac{1}{2}$ ，质量比 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{2}{1}$ ，则两圆盘的半径比 $\frac{R_A}{R_B}$ 为 ()
A. 1:4 B. 1:3 C. 1:2 D. 1:1
- 下列说法正确的是 ()
A. 点电荷在电场中总是沿电场线运动的
B. 电介质中的极化电荷可以在电介质内自由移动
C. 在静电平衡时，导体所带电荷只能分布在导体表面
D. 电势在某一区域内为常量，则电场强度在该区域内为常矢量

4. 如图所示，在磁感应强度为 \vec{B} 的匀强磁场中，取半径为 R 的半球面， \vec{B} 的方向与半球面轴线夹角为 θ ，则通过这个半球面的磁通量 Φ_m 为 ()

- A. $\sqrt{3}\pi R^2 B \cos \theta$ B. $\sqrt{2}\pi R^2 B \cos \theta$
C. $2\pi R^2 B \cos \theta$ D. $\pi R^2 B \cos \theta$



5. 半径分别为 R 和 r 的两个足够长中空螺线管，单位长度的绕线匝数相同，通过两螺线管的电流分别为 $I_R = I$ 和 $I_r = 2I$ ，设两管内的磁感应强度大小分别为 B_R 和 B_r ，下列等式中，正确的是 ()

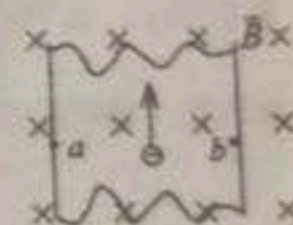
- A. $B_r = \frac{B_R}{4}$ B. $B_r = \frac{B_R}{2}$ C. $B_R = B_r$ D. $B_r = 2B_R$

6. 在真空中，一闭合回路 L 内围有三根载流导线。若改变导线间的距离，但不越出回路 L ，则 ()

- A. 磁感应强度 \vec{B} 的环流 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 改变， L 上各点的 \vec{B} 不变
B. 磁感应强度 \vec{B} 的环流 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 改变， L 上各点的 \vec{B} 改变
C. 磁感应强度 \vec{B} 的环流 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 不变， L 上各点的 \vec{B} 不变
D. 磁感应强度 \vec{B} 的环流 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 不变， L 上各点的 \vec{B} 改变

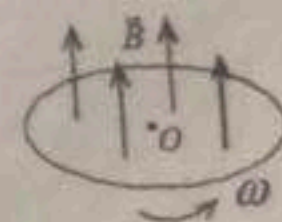
7. 一铜条置于均匀磁场中，铜条内电子的运动方向如图所示。下列表述正确的是 ()

- A. 在铜条上 a 、 b 两点间产生一小电势差， $U_a < U_b$
B. 在铜条上 a 、 b 两点间产生一小电势差， $U_a > U_b$
C. 电子由于受到洛伦兹力的作用其速率增大
D. 电子由于受到洛伦兹力的作用其速率减小



8. 如图所示，圆铜盘水平放置在均匀磁场中，磁感应强度 \vec{B} 的方向垂直盘面向上。当铜盘绕通过中心垂直于盘面的轴逆时针转动时，下列表述正确的是 ()

- A. 铜盘上有感应电流产生，沿顺时针方向流动
B. 铜盘上有感应电流产生，沿逆时针方向流动
C. 铜盘上有感应电动势产生，铜盘边缘处电势最高
D. 铜盘上有感应电动势产生，铜盘中心处电势最高



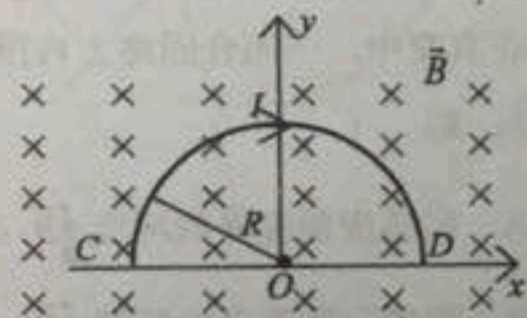
9. 下列表述正确的是 ()

- A. 若线圈内不存在磁介质, 自感系数与电流无关
- B. $\Phi_m = LI$, 说明线圈的自感系数与线圈的电流成反比
- C. $\Phi_m = LI$, 说明线圈的磁通量越大, 线圈的自感系数也一定大
- D. 线圈电流变化率不变的情况下, 线圈的自感越小, 产生的自感电动势越大

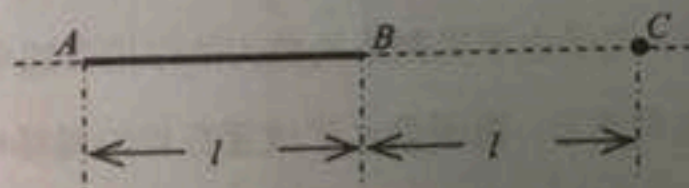
三、非选择题: 将题作答在试卷上, 按设问要求应写出必要的求解步骤, 只写结果的不给分。共计 57 分。

1. (14 分)

- (1) 如图所示, 一半径为 R 的半圆形导线, 通有恒定电流 I , 将其放在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中, 磁场方向垂直于线圈所在平面, 试写出半圆形导线沿 y 方向上受安培力的积分表达式。



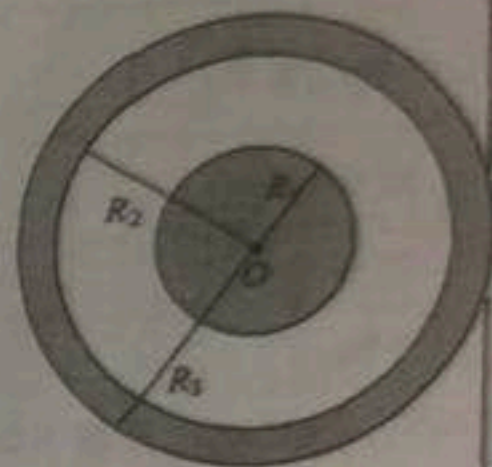
- (2) 如图所示, 真空中, 一长度为 l 的均匀带电细杆 AB , 带电量为 q ($q > 0$), 利用电势叠加原理, 求细杆延长线上 C 点处的电势, 其中 $BC = l$ (取无穷远处为电势零点)。



2. (15 分)

真空中, 一半径为 R_1 的均匀带电球体 (电荷体密度不为零), 总带电量为 $Q > 0$, 其外套一个内、外半径分别为 R_2 和 R_3 的同心导体球壳。求:

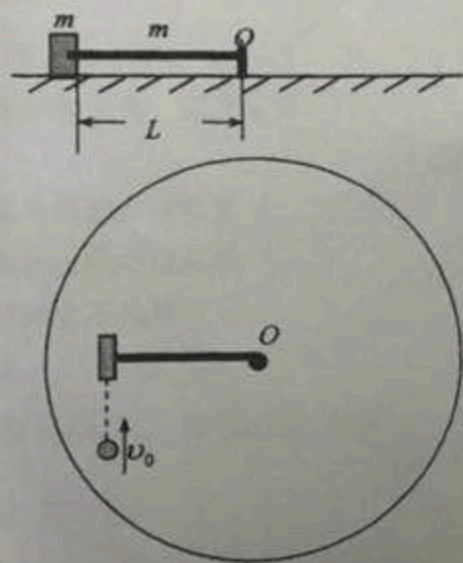
- (1) $r < R_1$ 和 $R_1 < r < R_2$ 两个区域内电场强度的大小和方向;
- (2) $R_1 < r < R_2$ 区域内的电场能量;
- (3) $R_2 < r < R_3$ 区域内的电势分布 (取无穷远点为零电势点)。



3. (14 分)

如图所示, 质量为 m , 长为 L 的均匀刚性细杆, 可绕光滑定轴 O 在水平桌面上转动, 转动惯量为 $J = \frac{1}{3}mL^2$, 杆的一端固定着质量为 m 的小木块 (可视为质点), 木块与桌面间的动摩擦因数为 μ , 杆与桌面无接触. 开始时, 一质量为 $\frac{1}{3}m$ 的粘性小球, 以速率 v_0 沿垂直于杆的方向射向静止的小木块, 碰后球与木块牢固地粘在一起. 试求:

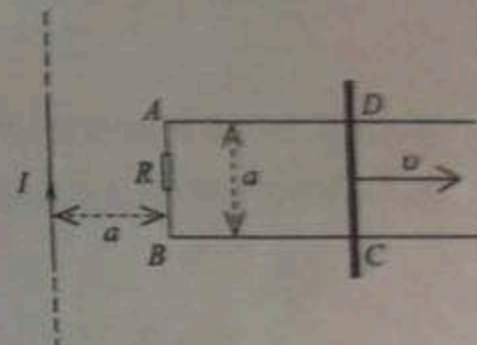
- (1) 小球刚与木块粘在一起时, 球与杆的角速度;
- (2) 小球刚与木块粘在一起时, 细杆、木块和小球系统的动能;
- (3) 要使杆至少能转一周, 碰撞前小球应具有的速率.



4. (14 分)

如图所示, 一根长直导线载有稳恒电流 I , 两条平行光滑导轨垂直于长直导线放置. 导轨的左端连接电阻 R , 它们都固定在水平桌面上. 导轨 AB 边与长直导线的距离为 a , 导轨间距为 a . 细金属棒 CD 与导轨垂直并沿导轨以速率 v 做匀速直线运动. 设 $t=0$ 时, CD 与 AB 边重合. 不计导轨和金属棒的电阻和回路自感. 求:

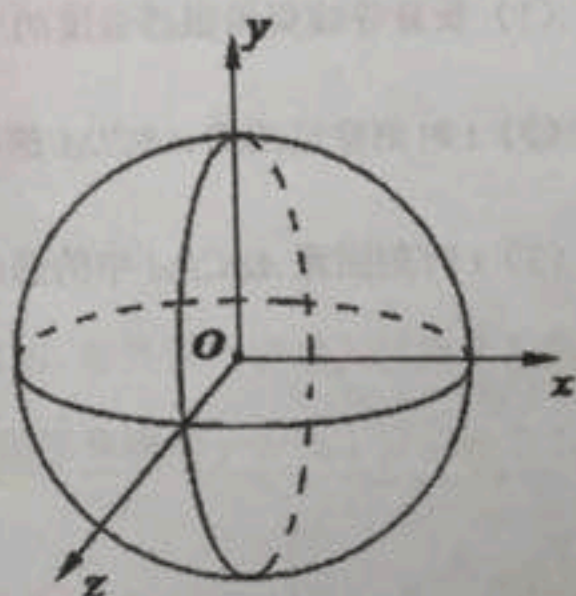
- (1) 长直导线周围磁感强度的大小和方向;
- (2) t 时刻穿过回路 $ABCD$ 的磁通量 $\Phi(t)$;
- (3) t 时刻回路 $ABCD$ 中的感应电流的大小和方向.



附加题：共 30 分。

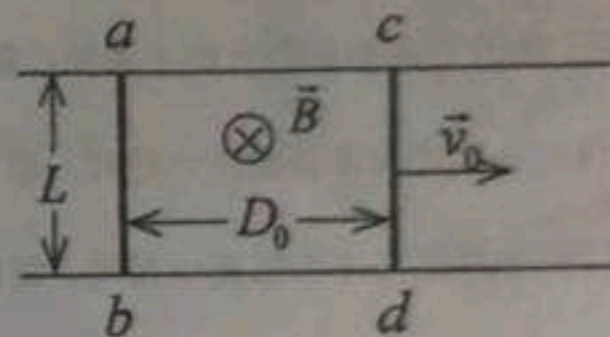
1. (12 分)

如图所示，将半径为 R 的球面分为 8 等份，取其中的一份，使之均匀带正电荷，面电荷密度为 σ ，求： $\frac{1}{8}$ 带电球面在球心 O 处，电场强度的大小。



2. (18 分)

如图所示，在磁感应强度为 B 的匀强磁场中，有两根足够长的平行金属导轨。导轨上有两根质量均为 m ，电阻均为 R ，长度均为 L 的金属棒 ab 和 cd ，两棒均垂直导轨并可沿导轨滑动。开始时，两棒间距离为 D_0 ， ab 棒静止，而 cd 棒以初速度 v_0 向右运动。不计棒与导轨间的摩擦力和回路自感。求：两棒向右运动的速度随时间的变化关系。



大学物理 A (1) A 卷参考答案及评分标准

本门课程总评成绩由两部分组成：平时成绩和期末考试成绩，其中平时成绩占总分 40%，期末考试成绩占总分 60%。

期末考试成绩的评定：

1. 判断题和单项选择题凡是答对的给满分，答错的不给分。
2. 计算题按步骤给分，具体分数分布情况见参考答案及评分标准（含附加题）。

一. 判断题（每题 2 分，共计 16 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8
答案	T	F	F	F	T	T	F	T

二. 单选题（每题 3 分，共计 27 分）

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

三. 非选择题（共计 57 分）

1. (14 分)

(1) (8 分)

解：在导线上取 dl 线元，则 $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$

该力在 y 轴方向的分量为 $dF_y = dF \sin \theta = BIdl \sin \theta = BIR \sin \theta d\theta$ (6 分)

积分得 $F_y = \int dF_y = BIR \int_0^\pi \sin \theta d\theta = 2BIR$ (2 分)

导线在 y 方向所受的力为： $\vec{F} = \vec{F}_y = 2BIR\vec{j}$

(2) (6 分)

解：以 A 为坐标原点，水平向右为 x 轴

正方向建立坐标轴，取 dx 的线元，该线元在 C 点处的电势为

$$dV = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0(2l-x)} = \frac{qdx}{4\pi l\epsilon_0(2l-x)} \quad (3 \text{ 分})$$

$$V = \int \frac{q dx}{4\pi\epsilon_0(2l-x)} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \ln 2$$

(3 分)

2. (15 分)

解: (1) 电场分布球对称, 做同心球面为高斯面, 利用高斯定理

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot 4\pi r^2 = \frac{\sum q}{\epsilon_0}, \quad (2 \text{ 分})$$

有

$$\text{在 } r < R_1 \text{ 区域内, } \sum q = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 Q}{\frac{4}{3}\pi R_1^3}, \text{ 则}$$

$$E_1 = \frac{Qr}{4\pi\epsilon_0 R_1^3}, \text{ 方向沿直径方向指向外侧。} \quad (2 \text{ 分})$$

在 $R_1 < r < R_2$ 区域内, $\sum q = Q$, 则

$$E_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ 方向沿直径方向指向外侧。} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \quad R_1 < r < R_2 \text{ 区域内的电场能量密度: } w_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_2^2 = \frac{Q^2}{32\pi^2 \epsilon_0 r^4}$$

选择半径为 r , 厚度为 dr 的同心球壳, 则此球壳内的电场能量为:

$$dW_e = w_e dV = \frac{Q^2}{32\pi^2 \epsilon_0 r^4} 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 r^2} dr \quad (3 \text{ 分})$$

$R_1 < r < R_2$ 区间内的电场能量

$$W_e = \int_{R_1}^{R_2} dW_e = \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 r^2} dr = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (1 \text{ 分})$$

(3) $R_2 < r < R_3$ 区间内的电场强度为: $E_3 = 0$

$r > R_3$ 区间内的电场强度为:

$$E_4 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ 方向沿直径方向指向外侧。} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{电势为: } U = \int \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_{R_3}^{\infty} 0 \cdot dr + \int_{R_3}^{\infty} E_4 \cdot dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_3} \quad (3 \text{ 分})$$

3. (14 分)

解: (1) 选小球、木块和杆为复合系统, 碰撞过程中, 对轴的角动量守恒

$$\frac{m v_0 L}{3} = \left(\frac{1}{3} m L^2 + m L^2 + \frac{m L^2}{3} \right) \omega \quad (5 \text{ 分})$$

$$\text{解得} \quad \omega = \frac{v_0}{5L} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 碰撞后瞬间, 复合系统的转动动能为

$$E_k = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} m L^2 + m L^2 + \frac{m L^2}{3} \right) \left(\frac{v_0}{5L} \right)^2 = \frac{m v_0^2}{30} \quad (5 \text{ 分})$$

(3) 碰撞后, 复合系统开始转动至停止的过程中, 只有摩擦力矩做功,

$$f_{\text{摩}} = \mu N = \mu \left(\frac{1}{3} mg + mg + N_{\text{杆}} \right) = \frac{11}{6} mg$$

沿轴的方向上, 利用转动定律, 有 $N_{\text{杆}} L - \frac{L}{2} mg = 0$

$$\text{所以} \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} m L^2 + m L^2 + \frac{m L^2}{3} \right) \omega^2 = \frac{1}{30} m v_0^2 = \frac{11}{6} \mu mg L \theta \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{因为} \theta \geq 2\pi, \text{ 所以} v_0 \geq \sqrt{110 \mu g L \pi} \quad (1 \text{ 分})$$

4. (14 分)

解: (1) 取圆心在长直导线上, 半径为 r , 且垂直于直导线的圆形回路, 利用安

$$\text{培环路定理, 则} \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B 2\pi r = \mu_0 I, \quad (3 \text{ 分})$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \text{ 导线右侧, 磁场垂直于纸面向内。} \quad (4 \text{ 分})$$

(2) 以 A 为坐标原点, AD 为 x 轴正方向, 建立坐标系, 取距 AB 导线 x 远处宽为 dx 长为 a 的矩形面元, 则通过此面元的磁通量为

$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 I a}{2\pi(a+x)} dx \quad (2 \text{ 分})$$

所以总磁通为:

$$\Phi = \int d\Phi = \int_s \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_b^a \frac{\mu_0 I a}{2\pi(a+x)} dx = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{vt}{a}\right) \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) \text{ 感应电流为: } I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1}{R} \left(-\frac{d\Phi}{dt} \right) = -\frac{-\mu_0 v I a}{2\pi R(a+vt)} \quad (2 \text{ 分})$$

所以感应电流大小为 $\frac{\mu_0 v I a}{2\pi R(a+vt)}$, 方向沿 $ABCD A$ (逆时针方向)。 (1 分)

附加题 (共 30 分)

1、(12 分)

解: 选面元 ds , 则面电荷元在球心处的电场强度为

$$d\vec{E} = \frac{\sigma ds}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{e}_R \quad (3 \text{ 分})$$

二分之一球面在 y 方向对称, 所以 y 方向电场强度相互抵消; 在 x 方向的分量为 (取面元矢径与 x 方向夹角为 θ)

$$\vec{E}_x = \int d\vec{E}_x = \int \frac{\sigma ds}{4\pi\epsilon_0 R^2} \cos\theta \vec{i} = \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0 R^2} \int ds \cos\theta \vec{i} = \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \vec{i} \quad (4 \text{ 分})$$

八分之一球面是二分之一球面的四分之一, 且电场强度在 x, y, z 方向上均匀分布所以其电场强度为

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{16\epsilon_0} \vec{i} + \frac{\sigma}{16\epsilon_0} \vec{j} + \frac{\sigma}{16\epsilon_0} \vec{k} \quad (4 \text{ 分})$$

$$\text{电场强度的大小为 } E = \frac{\sqrt{3}\sigma}{16\epsilon_0} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) (18 分)

解： 设 t 时刻， cd 棒速度为 v_1 ， ab 棒速度为 v_2 ，

则 cd 棒的电动势为 $\varepsilon_{cd} = BLv_1$ ， ab 棒的电动势为 $\varepsilon_{ab} = BLv_2$

总电动势为 $\varepsilon = \varepsilon_{cd} - \varepsilon_{ab} = BL(v_1 - v_2)$

回路中电流为 $I = \frac{\varepsilon}{2R} = \frac{BL(v_1 - v_2)}{2R}$ (3 分)

cd 棒安培力为 $F_{cd} = ILB = \frac{B^2 L^2 (v_1 - v_2)}{2R}$ ，

ab 棒安培力为 $F_{ab} = ILB = \frac{B^2 L^2 (v_1 - v_2)}{2R}$ ，

由牛顿第二定律，得：

$$\dot{F}_{cd} = -m \frac{dv_1}{dt} = \frac{B^2 L^2 (v_1 - v_2)}{2R} \quad \text{① (3 分)}$$

$$F_{ab} = m \frac{dv_2}{dt} = \frac{B^2 L^2 (v_1 - v_2)}{2R} \quad \text{② (3 分)}$$

① + ②，得

$$\frac{d(v_1 - v_2)}{(v_1 - v_2)} = -\frac{B^2 L^2}{Rm} dt$$

$$\text{即 } v_1 - v_2 = v_0 e^{-\frac{B^2 L^2}{Rm} t} \quad \text{③ (3 分)}$$

$$\text{③式代入①式得 } dv_1 = -\frac{B^2 L^2}{2Rm} v_0 e^{-\frac{B^2 L^2}{Rm} t} dt$$

$$\text{所以 } v_1 = \frac{v_0}{2} \left(1 + e^{-\frac{B^2 L^2}{Rm} t} \right) \quad \text{④ (3 分)}$$

$$\text{④式代入③式得 } v_2 = \frac{v_0}{2} \left(1 - e^{-\frac{B^2 L^2}{Rm} t} \right) \quad \text{(3 分)}$$