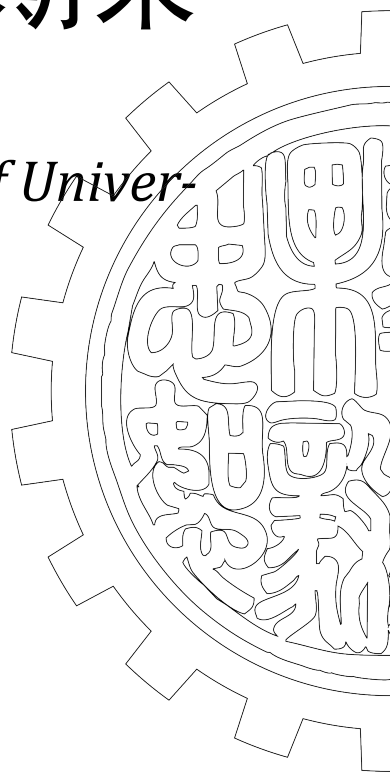


大学物理往年期末 试题（上）

Key to Previous Final Tests of University Physics: Part I

作者：钱院学辅大物编写小组

2019年7月17日



钱学森书院学业辅导中心

QIAN YUAN XUE FU

XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

作品信息

- 标题：大学物理往年期末试题（上） - *Key to Previous Final Tests of University Physics: Part I*
- 作者：钱院学辅大物编写小组
- 校对排版：钱院学辅排版组
- 出品时间：2019 年 7 月 17 日
- 总页数：25

许可证说明

 知识共享 (Creative Commons) BY-NC-ND 4.0 协议

本作品采用 **CC 协议** 进行许可。使用者可以在给出作者署名及资料来源的前提下对本作品进行转载，但不得对本作品进行修改，亦不得基于本作品进行二次创作，不得将本作品运用于商业用途。

本作品已发布于 **GitHub** 之上，发布地址为：

<https://github.com/qyxf/BookHub/>

本作品的版本号为 **v1.0**。

前言



在排版这套资料之前，笔者刚刚经历大学物理上的期末考试，做了一些往年的试题。但市面上流通的资料有太多错漏，这让笔者颇为恼火。为了让学弟学妹们少遇到一些麻烦，笔者才产生了重新排版往年题的想法。本题册中，部分原版中的错误已经被改正，有的题目也进行了修改。这些修改以促进使用者思考、培养使用者思路为目的，并不再在题册中标注。

2017年以后（我不确定时间），我校开始实行大学物理两次阶段测试和一次期末考试的制度，这期间的考试真题大多没有拿在同学们的手上；2014 2016年考察的内容与现在不同（应该是大学物理下）；2012年之前的题与现在考察的内容相似。不过2019年的题中，选择题 10×3 ，填空题改成了简答题 (4×5)，形式类似于解答题 (5×10)，但比真正的解答题或填空题简单很多（怕是想给大家加分……）。2019年的考试题很简单，考察的也多是简单概念，没有用什么高超的技巧。这毕竟不是竞赛，而且会做许多难的物理题在大学也用处不大。如果成绩好，笔者建议参加大学物理研讨班，（尽管笔者的专业是化生试验班）它培养了一种解决问题的方法，对我们更加有用，还有成绩加成。

根据徐忠锋老师的说法，我校大学物理只是一门“通识课”，重在体会其思想，并不建议大家做很多题；再者，考试题目难度本身就低于作业题，考前看一遍课本，过一遍作业题（欢迎大家参考钱院学辅出版的《大学物理解题》系列），其价值更高，对付考试没有问题；其三，作业题一直在更新，比起多年前的考试题更有参考价值。只是说，对于考前才突击和考前心里没底、想找感觉的同学，往年题才有一定的作用。如果先做了这些题，最好再看看老师提供的复习提纲（知识框架），找找遗漏的点（比如，静电平衡的性质，不起眼但很致命）；做题时，回溯课本也往往能找到某些想要的答案。

电子版使用者可以打开PDF阅读器的目录部分，方便跳转到答案；对于纸质版使用者，我们将题目答案设在每章的后面，以方便查看，也避免误看到下一章的答案。

由于题目难度不大，我们只给出所有更正后的答案和部分题目解析，如还有问题，欢迎各位使用者来钱学森书院三楼自习室答疑。限于笔者水平，笔误、



错漏等在所难免，给使用者带来的不便敬请谅解，也恳请各位使用者帮助我们指正。

如果有近年的试题流出，我们也将尽快整理出来供大家使用。

高旭帆



钱院学辅信息发布站



钱院学辅官方答疑墙



目录

第一章 2012 年期末试题	1
§1.1 选择题	1
§1.2 填空题	3
§1.3 解答题	5
§1.4 参考答案	7
1.4.1 选择题和填空题	7
1.4.2 解答题	10
第二章 2011 年期末试题	14
§2.1 选择题	14
§2.2 填空题	17
§2.3 解答题	18
§2.4 参考答案	20
2.4.1 选择题和填空题	20
2.4.2 解答题	22

第一章 2012 年期末试题



§1.1 选择题

练习 1 质点以速度 $v = 4 + t^2 \text{ m/s}$ 作直线运动, 沿质点运动直线作 OX 轴, 并已知 $t = 3 \text{ s}$ 时, 质点位于 $x = 9 \text{ m}$ 处, 则该质点的运动学方程为:

A. $x = 3t$

B. $x = 4t + \frac{1}{2}t^2$

C. $x = 4t + \frac{1}{3}t^3 - 12$

D. $x = 4t + \frac{1}{3}t^3 + 12$

练习 2 力 $\vec{F} = 3\vec{i} + 5\vec{j}(\text{N})$, 其作用点的位置矢量为 $\vec{r} = 4\vec{i} - 3\vec{j}(\text{m})$, 则该力对坐标原点的力矩大小为:

A. 3 N/m

B. 29 N/m

C. 19 N/m

D. 3 N/m

练习 3 一特殊弹簧, 弹性力 $F = -kx^3$, k 为劲度系数, x 为形变量。现将弹簧水平放置于光滑的平面上, 一端固定, 一端与质量为 m 的滑块相连而处于自然状态, 今沿弹簧长度方向给滑块一个冲量, 使其获得一速度 v , 则弹簧压缩的最大长度为:

A. $\left(\frac{4mv}{k}\right)^{\frac{1}{4}}$

B. $\left(\frac{2mv^2}{k}\right)^{\frac{1}{4}}$

C. $v\sqrt{\frac{k}{m}}$

D. $v\sqrt{\frac{m}{k}}$

练习 4 一根质量为 m , 长为 l 的细而均匀的棒, 其下端绞接在水平地板上并竖直的立起, 如让它掉下 (如图 1.1a), 则棒将以角速度 ω 撞击地板, 如果将同样的棒截成长为 $\frac{l}{2}$ 的一段, 初始条件不变, 则它撞击地板时的角速度最接近于

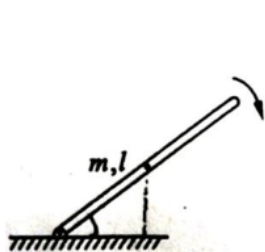
A. 2ω

B. $\sqrt{2}\omega$

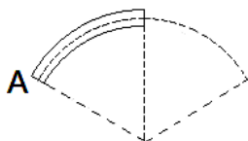
C. ω

D. $\frac{\omega}{\sqrt{2}}$

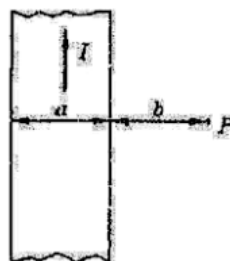




(a) 选择 4 示意图



(b) 选择 8 示意图



(c) 选择 9 示意图

图 1.1: 三张题图

练习 5 关于狭义相对论，下列几种说法中叙述错误的是：

- A.** 一切运动物体的速度都不能大于真空中的光速
- B.** 在任何惯性系中，光在真空中沿任何方向的传播速率都相同
- C.** 在真空中，光的速度与光源的运动状态无关
- D.** 在真空中，光的速度与光的频率有关

练习 6 两个均匀带电的同心球面，半径分别为 $R_1, R_2 (R_1 < R_2)$ ，小球面带电 Q ，大球面带电 $-Q$ ，下列各图中正确表示了电场分布的是

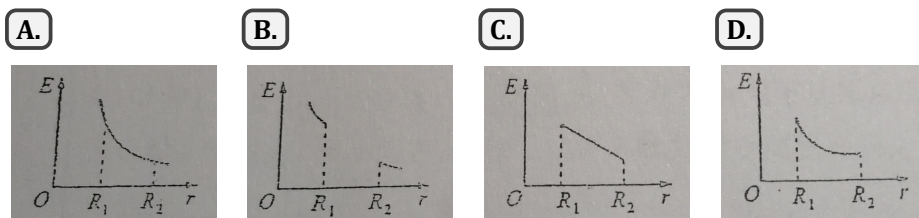


图 1.2: 选择 6

练习 7 磁场的高斯定理 $\oint \vec{B} \cdot \vec{S} = 0$ 说明了下面表述正确的是：

- A.** 穿入闭合曲面 S 的磁感应线条数必然等于穿出的磁感应线条数
- B.** 穿入闭合曲面 S 的磁感应线条数不等于穿出的磁感应线条数
- C.** 一根磁感应线可以终止在闭合曲面 S 内
- D.** 一根磁感应线不可能完全处于闭合曲面 S 内



练习 8 有一均匀带电的绝缘体细圆弧，其圆心角为 $\frac{2}{3}\pi$ ，测得其圆心 O 处的电场强度大小为 E_0 ，今将此圆弧对折，如图，则 O 点电场强度大小为

A. $\frac{E_0}{2}$

B. $2E_0$

C. $\frac{\sqrt{3}}{3}E_0$

D. $\frac{2\sqrt{3}}{3}E_0$

练习 9 如图所示，有一无限长通有电流的薄平直铜片，宽度为 a ，厚度不计，电流 I 在铜片上均匀分布，在铜片外与铜片共面，离铜片右边缘为 b 处的 P 点的磁感应强度 \vec{B} 大小为

A. $\frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)}$

B. $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln \frac{a+b}{b}$

C. $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \frac{a+b}{a}$

D. $\frac{\mu_0 I}{2\pi(\frac{a}{2}+b)}$

练习 10 对位移电流，有下列四种说法，请指出哪一种说法正确

A. 位移电流是由变化的电场产生的¹

B. 位移电流是由线性变化的磁场产生的

C. 位移电流产生焦耳热

D. 位移电流的磁效应不服从安培环路定理

§1.2 填空题

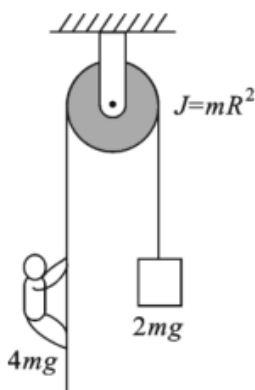
练习 1 质量为 m 的物体，初速极小，在外力作用下从原点起沿 x 轴正向运动，所受外力方向沿 x 轴正向，大小为 $F = kx$ 。物体从原点运动到坐标为 x_0 点的过程中所受外力冲量的大小为_____。

练习 2 如图所示，一条轻质细绳绕过一个半径为 R ，转动惯量为 mR^2 的定滑轮（轮轴光滑），一端系着一个质量为 $2m$ 的物体，另一端有质量为 $4m$ 的人抓住绳子相对于绳子匀速向上爬，则物体的加速度大小为_____；若人相对于地面匀速向上爬，则物体的加速度大小为_____。

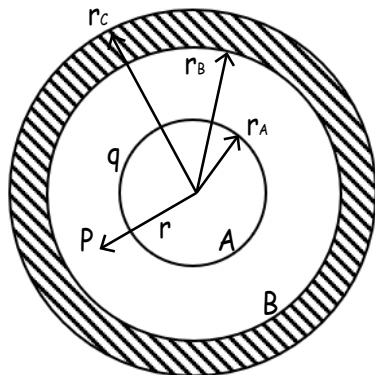
练习 3 一个人站在转动的转台中央，在他伸出的两个手中各握有一个重物，若此人向着胸部缩回他的双手及重物，忽略所有摩擦，则系统的转动惯

¹笔者认为此处说法不准确，应是“位移电流是变化的电场的一种等效”。详见参考答案。





(a) 填空 2 示意图



(b) 填空 5 示意图

图 1.3: 两张题图

量_____,系统的转动角速度_____,系统的角动量_____,系统的转动动能_____。(填增大、减小或不变)

练习 4 设电子的静止质量为 m_0 , 将一个电子从静止加速到速率为 $0.6c$ (c 为真空中光速), 需做功_____。在速度 $v =$ _____ 的情况下电子的动能等于它的静止能量。

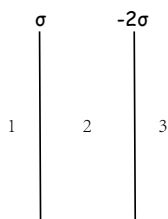
练习 5 如图所示, 一带电荷量为 q , 半径为 r_A 的金属球 A , 与一原先不带电、内外半径分别为 r_B 和 r_C 的金属球壳 B 同心放置。则图中 P 点的电场强度大小 $E =$ _____。如果用导线将 A, B 连接起来, 则 A 球的电势 $U =$ _____。(设无穷远处电势为零)

练习 6 两块无限大的均匀带电平行平板, 其电荷面密度分别为 σ 及 -2σ , 如图所示, 试写出各区域的电场强度 \vec{E} 的大小: 1 区 \vec{E} 的大小_____; 2 区 \vec{E} 的大小_____; 3 区 \vec{E} 的大小_____。

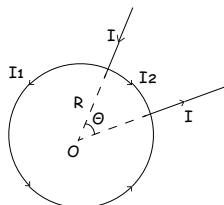
练习 7 同种材质、粗细均匀的载流导线在平面内分布, 弯成如图所示形状。导线中通有电流为 I, I_1, I_2 。它们在点 O 的磁感应强度大小为 (用含 I_1, I_2 的式子表示) _____; 代入 I_1, I_2 大小关系可得磁感应强度大小为_____。

练习 8 圆柱形区域内存在一匀强磁场 B , 且以恒定变化率 $\frac{dB}{dt}$ 减小, 一边长为 l 的正方形导体框 $abcd$ 置于该磁场中, 框平面与磁场垂直, 圆柱形匀强磁场中心 O 位于 ab 的中心, 如图所示, 则 c 处有旋电场强度大小 $E_c =$ _____; dc 段上的感生电动势大小 $\varepsilon_{dc} =$ _____。

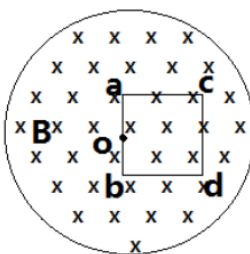




(a) 填空 6 示意图



(b) 填空 7 示意图



(c) 填空 8 示意图

图 1.4: 三张题图

§1.3 解答题

练习 1 如图所示，一根质量均匀分布的细棒长为 L ，质量为 m 。现将细棒放在粗糙的水平桌面上，棒可绕过其端点 O 的竖直轴转动，已知棒与桌面的摩擦系数为 μ ，棒的初始角速度为 ω ，试求：

- (1) 细棒对给定轴的转动惯量；
- (2) 细棒绕轴转动时所受到的摩擦力矩；
- (3) 细棒从角速度 ω_0 开始到停止转动所经过的时间。

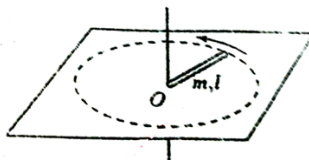


图 1.5: 解答 1 示意图

练习 2 设快速运动的介子的能量约为 $E = 3000\text{MeV}$ ，而这种介子在静止时的能量 $E_0 = 100\text{MeV}$ 。若这种介子的固有寿命为 $\tau_0 = 2 \times 10^{-6}\text{s}$ ，试求：

- (1) 介子衰变前运动的距离。



练习 3 电荷分布在半径为 R 的球体内, 电荷量体密度为 $\rho = \rho_0(1 - \frac{r}{R})$, 式中 ρ_0 为常量, r 为球心到球内一点的距离, 试求:

(1) 球内、球外的电场强度大小;

(2) 电场强度的最大值。

练习 4 如图所示, 一无限长直导线 L_1 载有电流 I_1 , 旁边有与它垂直且共面的一段导线 L_2 , L_2 长为 l , 载有电流 I_2 , 靠近 L_1 的一端到 L_1 的距离也是 l , 试求:

(1) L_1 上的电流作用在 L_2 上的力的大小及方向。

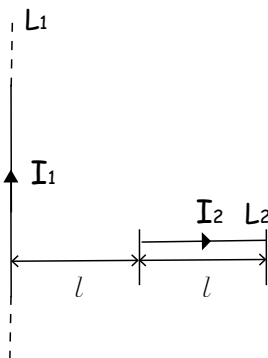


图 1.6: 解答 4 示意图

练习 5 两根无限长的平行输电线, 相距为 l , 载有大小相等而方向相反的电流 $I = I_0 \cos \omega t$; 旁边有一长为 a , 宽为 b 的矩形线圈, 它们在同一平面内, 长边与输电线平行, 到最近一条的距离为 d , 如图所示, 试求:

(1) 导线与矩形线圈的互感系数;

(2) 矩形线圈中的感应电动势。



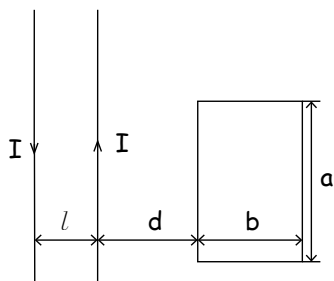


图 1.7: 解答 5 示意图

§1.4 参考答案

注记 对于解析中没带矢量符号的矢量，认为是在计算其大小，以后不再说明。

1.4.1 选择题和填空题

选择 1~10 CBBBD DADBA

填空 1 $\sqrt{mkx_0^2}$

填空 2 $\frac{2}{7}g$ $\frac{2}{3}g$

填空 3 减小 增大 不变 增大

填空 4 $\frac{1}{4}m_0c^2$ $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

填空 5 $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_c}$

填空 6 $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ $\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$ $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

填空 7 $\frac{\mu_0}{4\pi R}|I_1(2\pi - \theta) - I_2\theta|$ 0

填空 8 $\frac{\sqrt{5}}{4}l\frac{dB}{dt}$ $\frac{1}{2}l^2\frac{dB}{dt}$

部分题目解析：

选择 4

提示 光的波长是与频率成反比的，二者之积为光速。不同颜色的光的波速相同。

选择 8



解 设圆弧初始时电荷线密度为 λ ，则后来电荷线密度为 2λ ，半径为 R ，两种情况下均以 O 与圆弧中点连线为极轴，建立坐标系进行积分。

$$\begin{aligned} E_0 &= \int_{-\frac{1}{3}\pi}^{\frac{1}{3}\pi} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda R d\theta}{R^2} \cos\theta \\ &= \frac{\sqrt{3}\lambda}{4\pi\epsilon_0 R} \\ E &= \int_{-\frac{1}{6}\pi}^{\frac{1}{6}\pi} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda R d\theta}{R^2} \cos\theta \\ &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R} = \frac{2}{\sqrt{3}} E_0 \end{aligned}$$

故选 D。

选择 10

注记 A 选项说法不准确。麦克斯韦把 $\frac{d\psi}{dt}$ 称为 I_D ，前者的含义就是变化的电场，所以说位移电流就是变化电场的一个替代，为了使“电流生磁”的形式保持不变。若要用“产生”，说明二者应该是独立的两个事物，而事实上并不是。

填空 1

提示 本题综合了动能定理、动量定理、动能和动量的关系，由动能到动量再到冲量，计算简单但融入了较多思想，希望同学们理解、运用。

填空 2

解 第一种情况，人和轻绳端点（右端物体）的加速度相同，故列式上与把人换成质量为 $4m$ 的重物无异。由角动量定理：

$$\begin{aligned} (4mg - 2mg)R &= \frac{d(4mRv + 2mRv + J\omega)}{dt} = 7mR^2\beta \\ \beta &= \frac{2}{7}g \end{aligned}$$

第二种情况，人对轴的角动量不变，故：

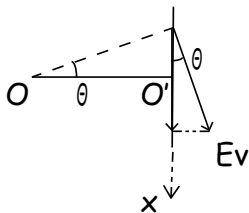
$$\begin{aligned} (4mg - 2mg)R &= \frac{d(2mRv + J\omega)}{dt} = 3mR^2\beta \\ \beta &= \frac{2}{3}g \end{aligned}$$

填空 5

提示 导线连接后，二者成为等势体，只考虑球壳外的场强即可。

填空 7





解 本题是毕奥萨法尔定律的应用。由叉积的性质，两段直导线在 O 处的磁感应强度为 0 ，而对圆导线：

$$\begin{aligned} B_1 &= \int_0^{2\pi-\theta} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 dr}{R} \\ &= \frac{\mu_0 I_1}{4\pi R} (2\pi - \theta) \end{aligned}$$

同理

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{4\pi R} \theta$$

所以第一空应填 $\frac{\mu_0}{4\pi R} |I_1(2\pi - \theta) - I_2\theta|$ 由题， I_1, I_2 流过的两段导线并联，而其电阻与长度成正比，电流与长度（其对应的圆心角）成反比，代入即得磁感应强度为零。

填空 8

解 可以在磁场区内部取一半径为 r 的环路，其上每一点都有：

$$\begin{aligned} E_v \cdot 2\pi r &= \frac{dB}{dt} \cdot \pi r^2 \\ E_v &= \frac{r}{2} \frac{dB}{dt} \end{aligned}$$

方向沿圆周切线。所以第一空填 $\frac{\sqrt{5}}{4} l \frac{dB}{dt}$ 。

如图所示，第二空所求电动势无法在回路中研究，故对感生电场强度积分。

$$\begin{aligned} \varepsilon_{dc} &= \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} E_v \cos \theta dx \\ &= \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \frac{r}{2} \frac{dB}{dt} \cdot \frac{l}{r} dx (r = \sqrt{x^2 + l^2}) \\ &= \frac{1}{2} l^2 \frac{dB}{dt} \end{aligned}$$



1.4.2 解答题

练习 1

解 (1) 设细棒外侧端点为 A 。

$$\begin{aligned} J &= \int_0^A dm \cdot r^2 \\ &= \frac{m}{L} \int_0^L x^2 dx \\ &= \frac{1}{3} mL^2 \end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned} M_f &= \int_0^A |\vec{r} \times \vec{F}| \\ &= \int_0^L x \cdot \mu \cdot \frac{m}{L} dx g \\ &= \frac{\mu mg}{L} \int_0^L x dx \\ &= \frac{1}{2} \mu mg L \end{aligned}$$

方向与棒角动量方向相反（竖直向下）。

(3)

$$\begin{aligned} M_f &= J\beta \\ -\omega_0 &= 0 - \beta t \end{aligned}$$

则

$$t = \frac{J\omega_0}{M_f} = \frac{2L\omega_0}{3\mu g}$$

练习 2

解 由题：

$$\begin{aligned} E &= mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \\ E_0 &= m_0 c^2 \end{aligned}$$



则:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = \frac{E_0}{E} = \frac{1}{30}$$
$$v = \frac{\sqrt{899}}{30}c$$

而

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = 30\tau_0$$

故:

$$s = v\tau = \sqrt{899}c\tau_0 = 1.799 \times 10^4 \text{m}$$

练习 3

解 (1) 取球心与球体球心重合、半径为 r 的球面高斯面, 由高斯定理:

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

在球内:

$$\begin{aligned} q &= \int_0^r \rho_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right) \cdot 4\pi r^2 dr \\ &= 4\pi\rho_0 \int_0^r \left(r^2 - \frac{r^3}{R}\right) dr \\ &= 4\pi\rho_0 \left(\frac{1}{3}r^3 - \frac{1}{4R}r^4\right) \end{aligned}$$

在球外:

$$\begin{aligned} q &= \int_0^R \rho_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right) \cdot 4\pi r^2 dr \\ &= 4\pi\rho_0 \int_0^R \left(r^2 - \frac{r^3}{R}\right) dr \\ &= \frac{1}{3}\pi\rho_0 R^3 \end{aligned}$$

$$\text{所以 } E = \begin{cases} \frac{\rho_0}{\varepsilon_0} \left(\frac{1}{3}r - \frac{1}{4R}r^2\right), & r < R \\ \frac{\rho_0 R^3}{\varepsilon_0 r^2}, & r > R \end{cases}$$

(2) 由 (1), $r > R$ 时, E 随 r 的增大而减小;

$r < R$ 时, 由二次函数性质, $r > \frac{2}{3}R$ 时, E 随 r 的增大而减小, 反之相反。



电场强度函数是连续的, 所以

$$E_{\max} = E\left(\frac{2}{3}R\right) = \frac{\rho_0 R}{9\varepsilon_0}$$

练习 4

解 对 I_1 的磁场, 在距离电流 r 处, 取一半径为 r 的环路, 由安培环路定理:

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_1$$

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

$$\begin{aligned} F &= \int_l^{2l} |I d\vec{r} \times \vec{B}| \\ &= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \int_l^{2l} \frac{dr}{r} \\ &= \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ln 2}{2\pi} \end{aligned}$$

方向: 沿 I_1 的方向。

练习 5

解 (1) 在距离电流 r 处, 取一半径为 r 的环路, 由安培环路定理:

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

以垂直于纸面向内 (沿线圈顺时针) 为正向。

$$\begin{aligned} \phi &= \phi_1 + \phi_2 \\ &= \int_a^{b+d} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cdot a dr - \int_{d+l}^{b+d+l} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cdot a dr \\ &= \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \left(\int_a^{b+d} \frac{dr}{r} - \int_{d+l}^{b+d+l} \frac{dr}{r} \right) \\ &= \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln \frac{(b+d)(d+l)}{d(b+d+l)} \end{aligned}$$

所以

$$M = \frac{\phi}{I} = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln \frac{(b+d)(d+l)}{d(b+d+l)}$$



(2)

$$\begin{aligned}\varepsilon &= -\frac{d\phi}{dt} \\ &= -\frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln \frac{(b+d)(d+l)}{d(b+d+l)} \cdot \frac{dI}{dt} \\ &= \frac{\mu_0 I_0 a \omega}{2\pi} \ln \frac{(b+d)(d+l)}{d(b+d+l)} \sin \omega t\end{aligned}$$



第二章 2011 年期末试题



§2.1 选择题

练习 1 一枚在星际空间飞行的火箭，当它以恒定的速率燃烧燃料时，运动学方程为 $x = ut + u(\frac{1}{b} - t) \ln(1 - bt)$ 。其中 u 是喷出气流相对于火箭的喷射速度，是一个常量， b 是与燃烧速率成正比的一个常量，则此火箭的速度与加速度的表达式分别为

A. $-u \ln(1 - bt), \frac{-bu}{1 - bt}$

B. $-u \ln(1 - bt), \frac{bu}{1 - bt}$

C. $u \ln(1 - bt), \frac{-bu}{1 - bt}$

D. $u \ln(1 - bt), \frac{bu}{1 - bt}$

练习 2 一光滑的内表面半径为 10cm 的半球形碗。如图所示，以角速度 ω 绕其对称轴 OC 旋转，已知放在碗内的小球 P 相对于碗静止，其位置高于碗底 4cm，由此可推知碗的旋转角速度约为

A. 13rad/s

B. 17rad/s

C. 10rad/s

D. 18rad/s

练习 3 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 ，引力常量为 G ，则地球绕太阳做圆周运动的角动量为

A. $m\sqrt{GMR}$

B. $\sqrt{\frac{GMm}{R}}$

C. $m\sqrt{\frac{GM}{R}}$

D. \sqrt{GMmR}

练习 4 一轻绳跨过一具有水平光滑轴，质量为 M 的定滑轮，绳的两端分别悬有质量为 m_1, m_2 的物体 ($m_1 < m_2$)，如图所示，绳与轮之间无相对滑动，分别考虑轮为实心 and 空心的情况，当 m_2 下降相同高度后获得的速率分别为 v_1 和 v_2 ，试确定两者大小关系

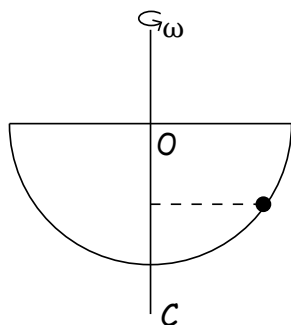
A. $v_1 = v_2$

B. $v_1 < v_2$

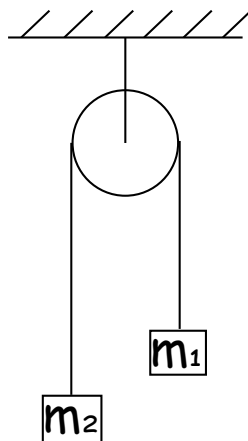
C. $v_1 > v_2$

D. 无法确定





(a) 选择 2 示意图



(b) 选择 4 示意图

图 2.1: 两张题图

练习 5 根据相对论力学, 动能为 0.25MeV 的电子, 其运动速度约等于 (电子的静能为 $m_0c^2=0.5\text{MeV}$, c 为真空中光的速度)

A. $0.1c$

B. $0.5c$

C. $0.75c$

D. $0.85c$

练习 6 两个同心均匀带电球面, 半径分别为 $R_1, R_2 (R_1 < R_2)$ 所带电量分别为 Q_1, Q_2 , 设某点与球心的距离为 r , 当 $R_1 < r < R_2$ 时, 该点的电场强度的大小为

A. $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{r^2}$

B. $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 - Q_2}{r^2}$

C. $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Q_1}{r^2} + \frac{Q_2}{R^2} \right)$

D. $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r^2}$

练习 7 有一沿水平方向放置的带电直线, 长为 L , 电荷线密度为 λ , 则带电直线右侧延长线上距离带电直线左端点为 $r (r > L)$ 处的电势大小为

A. $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r+L}{r}$

B. $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r-L}{r}$

C. $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{L}{r+L}$

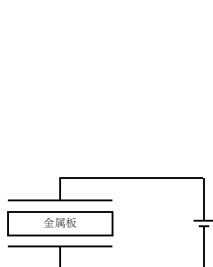
D. $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{L}{r-L}$

练习 8 将一空气平行板电容器接到电源上, 充电到一定电压后, 在保持与电源连接的情况下, 再将一块与平板面积相同的金属板平行的插入两极板间, 金

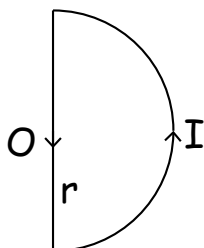


属板的插入及所处位置不同，对电容器储存电能的影响为：

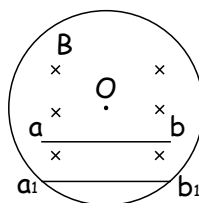
- ☐ A. 储能减少，但与金属板的位置无关
- ☐ B. 储能减少，且与金属板的位置有关
- ☐ C. 储能增加，但与金属板的位置无关
- ☐ D. 储能增加，且与金属板的位置有关



(a) 选择 8 示意图



(b) 选择 9 示意图



(c) 选择 10 示意图

图 2.2: 三张题图

练习 9 如图所示，一长直导线中部弯成半径为 r 的半圆形，导线中通以恒定电流 I_1 ，则弧心 O 点处的磁感应强度的大小和方向分别是

- ☐ A. $\frac{\mu_0 I}{2\pi r} + \frac{\mu_0 I}{4r}$ ，向外
- ☐ B. $\frac{\mu_0 I}{2\pi r} + \frac{\mu_0 I}{4r}$ ，向里
- ☐ C. $\frac{\mu_0 I}{4r}$ ，向外
- ☐ D. $\frac{\mu_0 I}{4r}$ ，向里

练习 10 在圆柱形空间内有一磁感应强度为 B 的均匀磁场垂直于纸面向里， B 的大小以恒定速率变化，有一长度为 L 的金属棒先后放在磁场的不同位置，位置 1(a, b) 感应电动势大小为 ε_1 ，位置 2(a', b') 感应电动势大小为 ε_2 ，如图所示，则

- ☐ A. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 \neq 0$
- ☐ B. $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$
- ☐ C. $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$
- ☐ D. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$



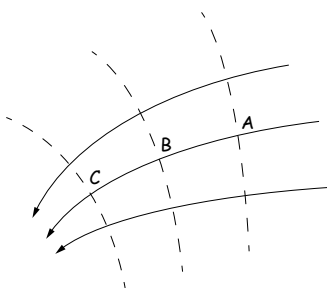
§2.2 填空题

练习 1 质点沿半径为 R 的圆做圆周运动, 某一时刻其加速度大小为 a , 方向与位矢的夹角为 θ , 则该时刻质点的速率为_____, 切向加速度的大小为_____。

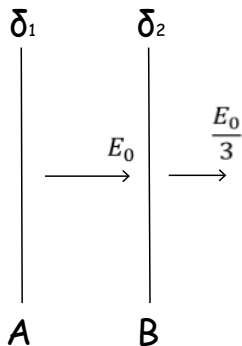
练习 2 质量为 $m=1\text{kg}$ 的质点, 从静止出发, 在水平面内沿 x 轴正向运动。其所受合力方向与运动方向相同, 合力大小为 $F = 3 + 2x$, 物体在开始运动的 3m 内合力做功 $A =$ _____; $x = 3$ 时, 其速率 $v =$ _____。

练习 3 长为 L , 质量为 M 的均匀细杆, 以及一长为 L , 质量为 M 的单摆 (绳的质量忽略不计), 今用同样的弹丸 (质量均为 m) 以同样的速度 v 沿水平方向分别击中杆和单摆的下端, 并与之合为一体, 则击中后的瞬间杆的角速度为_____, 单摆的角速度为_____。

练习 4 如图所示, 图中实线为某电场的电场线, 虚线为等势面, 则 E_A, E_B, E_C 的大小关系为_____, U_A, U_B, U_C 的大小关系为_____。



(a) 填空 4 示意图



(b) 填空 5 示意图

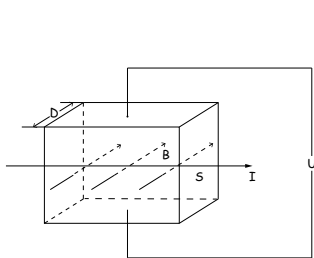
图 2.3: 两张题图

练习 5 A、B 为真空中两个平行的无限大均匀带电平面, 平面间的电场强度大小为 E_0 , B 平面外侧的电场强度为 $\frac{E_0}{3}$, 方向由 A 指向 B, 则 A、B 平面的电荷密度分别为 $\sigma_1 =$ _____, $\sigma_2 =$ _____。

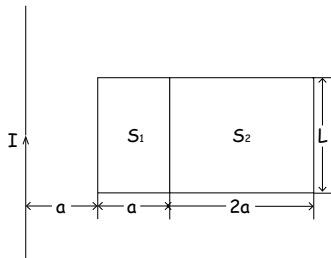
练习 6 一个通有电流 I 的导体, 厚度为 D , 横截面积为 S , 放在磁感应强度为 B 的匀强磁场 (磁感应强度为 B) 中, 磁场方向垂直于导体的侧平面, 现测得导体上下两面电势差为 V , 此导体的霍尔系数为_____。



练习 7 如图所示, 在无限长直载流导线的右侧有面积为 S_1, S_2 的两个矩形回路, 两个回路和长直载流导线在同一平面内, 且电流方向和矩形回路的一边平行, 则通过面积为 S_1 的矩形回路的磁通量和通过面积为 S_2 的矩形回路的磁通量之比为_____。



(a) 填空 7 示意图



(b) 填空 8 示意图

图 2.4: 两张题图

练习 8 一无铁芯的长直密绕螺线管, 在保持半径和总匝数不变的情况下, 把螺线管稍微拉长一点, 不考虑漏磁的理想情况下, 则它的自感系数将_____ (变大, 变小或不变)。

§2.3 解答题

练习 1 如图所示, 一个转动惯量为 J , 半径为 R 的定滑轮上面绕有细绳, 并沿水平方向拉着一个质量为 M 的物体 A, 整个装置静止且细绳处于拉直状态。现有一质量为 m 的子弹在距转轴 $\frac{R}{2}$ 处。试求:

(1) 求子弹射入并停留在滑轮边缘后, 滑轮开始转动的角速度。

(2) 如果定滑轮拖着 A 刚好转动一周停止, 求 A 与地面的摩擦系数。(轴上摩擦力忽略不计);

练习 2 在 6000m 的高空大气层产生了一个 π 介子, 以速度 $v = 0.998c$ 飞向地球, 假定该 π 介子在其自身的静止系中的寿命约等于其平均寿命 2×10^{-6} , 试从下面两个角度, 即地球上的观察者和介子静止系中观察者, 来判断该介子能否到达地球。

练习 3 一半径为 R 的无限长带电圆柱, 其电荷体密度 $\rho = \rho_0 r (r < R)$, ρ_0 为常量, 求电场强度分布。



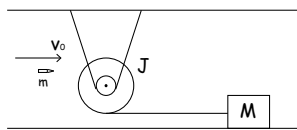


图 2.5: 解答 1 示意图

练习 4 半径为 R 的无限长带电圆柱导体，通有电流 I ， I 均匀分布在其横截面上。

(1) 试求外的磁感应强度 B 的分布。

(2) 在柱体内挖一个空心圆柱，空心部分的半径为 b ，轴线与圆柱轴线平行但不重合，两者相距为 a 。若此时圆柱体内电流为 I ，均匀分布在其横截表面上，试求圆柱轴线和空心圆柱轴线上的磁感应强度 B 的大小。

练习 5 有一根辐条的轮子在均匀磁场中转动，转动轴与磁感应强度 B 平行，如图所示，轮子和辐条都是导体，辐条长为 R ，轮子每秒转 N 圈。两条导线 a 和 b 通过各自的电刷分别和轮轴和轮缘接触。

(1) 试求 a, b 间的感应电动势 ε_1 ；

(2) 若在 a, b 间接一个电阻使辐条中的电流为 I ，试问 I 的方向如何？

(3) 试求这时磁场作用在辐条上的力对轮轴的力矩 M 的大小。

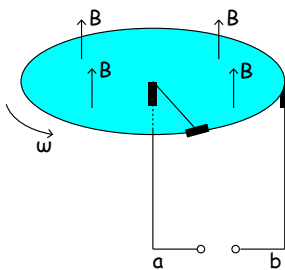


图 2.6: 解答 5 示意图



§2.4 参考答案

2.4.1 选择题和填空题

选择 1~10 BAACC DDCCC

填空 1 $\sqrt{aR|\cos\theta|} \quad a\sin\theta$

填空 2 18J 6m/s

填空 3 $\frac{mv}{(m + \frac{1}{3}M)L} \quad \frac{mv}{(m + M)L}$

填空 4 $E_A < E_B < E_C \quad U_A > U_B > U_C$

填空 5 $\frac{4}{3}\varepsilon_0 E_0 \quad -\frac{2}{3}\varepsilon_0 E_0$

填空 6 $\frac{VD}{IB}$

填空 7 1(1 : 1)

填空 8 变小

部分题目解析:

选择 4

提示 两种情况的区别在于,实心轮质量分布靠近轮心,转动惯量较小,加速度大。

选择 9

提示 由毕奥—萨法尔定律,直径部分在 O 点产生的磁感应强度为零。不可与无限长直导线模型混淆,认为磁感应强度是无穷。

选择 10

解 均匀变化磁场产生的感应电动势有两种求解方法:

(1) 感生电场叠加。这是普适的方法,往往需要投影、积分,可能较麻烦。常用于计算一段导体上的电动势。在本题中,设导线中心到 O 的距离为 d , 则:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \int_{-\frac{1}{2}L}^{\frac{1}{2}L} \left| \frac{dB}{dt} \right| \cdot \frac{\sqrt{x^2 + d^2}}{2} \cdot \frac{d}{\sqrt{x^2 + d^2}} dx \\ &= \left| \frac{dB}{dt} \right| \cdot \frac{Ld}{2}\end{aligned}$$



可见 ε 与 d 成正比，故选 C。

(2) 法拉第电磁感应定律法。此法可计算环路、一段导体的电动势，只要面积容易计算。感生电场方向垂直于相应半径，故任意场点与 O 的连线上电动势为零，则一段导体的电动势等于相应环路的电动势。本题中：

$$\begin{aligned} |\varepsilon| &= \left| \frac{d\phi}{dt} \right| \\ &= \left| \frac{dB}{dt} \right| S \\ &= \left| \frac{dB}{dt} \right| \cdot \frac{Ld}{2} \end{aligned}$$

这样相对更容易计算。

填空 5 由无限带电平面场强公式 $E = \frac{\delta}{2\varepsilon_0}$ 得（向右为正向）：

$$\begin{aligned} \frac{\delta_1}{2\varepsilon_0} - \frac{\delta_2}{2\varepsilon_0} &= E_0 (\text{平面间}) \\ \frac{\delta_1}{2\varepsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\varepsilon_0} &= \frac{E_0}{3} (\text{B 平面右侧}) \end{aligned}$$

解得：

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{4}{3}\varepsilon_0 E_0 \\ \delta_2 &= -\frac{2}{3}\varepsilon_0 E_0 \end{aligned}$$

填空 8

解 参照大学物理课本（黑皮）第……页的推导，计算公式为 $L_0 = \mu_0 n^2 V = \mu_0 S \frac{N^2}{l}$ ，其中 n 是单位长度上的匝数， N 是总匝数， S 是横截面积， l 是螺线管长度，按此分析，答案应是减小。该模型针对的是无限长螺线管，且认为半径很小，管内磁感应强度处处相等，这里并不完全严谨。（我回去再看看书）

感兴趣的同学可以参考相关文献，如邵爱东给出了两种准确的计算方法¹。

¹邵爱东. 有限长直密绕螺线管的自感系数 [J]. 物理与工程, 2003(06):8-9.



2.4.2 解答题

练习 1

解 (1) 射入时, 由角动量守恒:

$$R \cdot mv_0 \sin \frac{5\pi}{6} = J\omega + mR^2\omega + MR^2\omega$$
$$\omega = \frac{mv_0 R}{2(J + mR^2 + MR^2)}$$

(2) 由动能定理:

$$-\frac{1}{2}(J + mR^2 + MR^2)\omega^2 = -\mu Mg \cdot 2\pi R$$
$$\mu = \frac{m^2 v_0^2 R}{16\pi Mg(J + mR^2 + MR^2)}$$

练习 2

解 对地球上的观察者:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{1 - 0.998^2}} = 3.16 \times 10^{-5}(\text{s})$$
$$t = \frac{s_0}{v} = \frac{6000}{0.998c} = 2.00 \times 10^{-5}(\text{s}) < \tau$$

故能到达地球。

对 π 介子系观察者:

$$s = s_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$
$$t' = \frac{s}{v} = \frac{s_0}{v} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$
$$= 2.00 \times 10^{-5} \times 0.0632$$
$$= 1.27 \times 10^{-6}(\text{s}) < \tau_0$$

故能到达地球。

练习 3

解 取半径为 r 、高为 h 的高斯面, 由高斯定理:



$r < R$ 时,

$$E \cdot 2\pi rh = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_0^r \rho \cdot 2\pi rh dr = \frac{2\pi h \rho_0}{\varepsilon_0} \int_0^r r^2 dr$$
$$E = \frac{\rho_0 r^2}{3\varepsilon_0}$$

$r > R$ 时,

$$E \cdot 2\pi rh = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_0^R \rho \cdot 2\pi rh dr = \frac{2\pi h \rho_0}{\varepsilon_0} \int_0^R r^2 dr$$
$$E = \frac{\rho_0 R^3}{3\varepsilon_0 r}$$

$$\therefore E = \begin{cases} \frac{\rho_0 r^2}{3\varepsilon_0}, & r < R \\ \frac{\rho_0 R^3}{3\varepsilon_0 r}, & r > R \end{cases}, \text{方向沿场点处高斯面的法向量向外。}$$

注记 这种求分布的题最好还是写上方向。

练习 4

解 (1) 在距离导体中心 r 处, 取一半径为 r 的环路, 由安培环路定理:

$r < R$ 时,

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 \frac{I}{\pi R^2} \cdot \pi r^2$$
$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$

$r > R$ 时,

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$\therefore B = \begin{cases} \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}, & r < R \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, & r > R \end{cases}$$

方向沿该点处环路的切向量, 与电流方向符合右手定则。

(2) 此时, 电流面密度 $\sigma = \frac{I}{\pi R^2 - \pi b^2}$ 。

该系统可看做半径为 R 、电流面密度为 σ 的圆柱和半径为 b 、电流面密度为 $-\sigma$ 的圆柱的组合。且它们在自己轴线上产生的磁感应强度为 0。那么由 (1): 对于圆柱轴线, $a > b$ 时, 如左图:

$$B_1 = \left| \frac{-\mu_0 \sigma \cdot \pi b^2}{2\pi a} \right| = \frac{\mu_0 I b^2}{2\pi a(R^2 - b^2)}$$



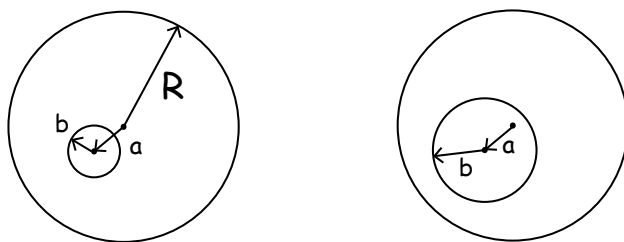


图 2.7: 解答 4 解析示意图

$a < b$ 时, 如右图:

$$B_1 = \left| \frac{-\mu_0 \sigma \cdot \pi a^2}{2\pi a} \right| = \frac{\mu_0 I a}{2\pi(R^2 - b^2)}$$

对于空心圆柱轴线,

$$B_2 = \frac{\mu_0 \sigma \cdot \pi a^2}{2\pi a} = \frac{\mu_0 I a}{2\pi(R^2 - b^2)}$$

综上, ...

练习 5

解 (1)

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \\ &= \int_0^R l \omega B dl \\ &= \frac{1}{2} B R^2 \omega \\ &= \pi N B R^2 \end{aligned}$$

(2) (电动势方向是从轮子中心到轮子外侧, 所以电流方向为) $b \rightarrow a$.



(3)

$$\begin{aligned}M &= \int_a^b \left| \vec{l} \times (I d\vec{l} \times \vec{B}) \right| \\&= BI \int_0^R l dl \\&= \frac{1}{2} B I R^2\end{aligned}$$

