



大学物理（下册） 导学教程



李星 / 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

大学物理（下册） 导学教程

李 星 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据工科院校大学物理课程特点，并结合编者多年一线教学经验编写而成的。本书为下册，配套马文蔚等主编的《物理学》（第六版），包括恒定磁场、电磁感应和电磁场、光学、量子物理等内容，共四章，每章由授课章节、目的要求、重点难点、主要内容、例题精解、课后作业等部分构成，书后附有课后作业的答案。

本书适用于普通高等院校工科各专业的学生，同时对成人教育各专业的学员，以及高等院校大学物理授课教师也具有一定的参考价值。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

大学物理（下册）导学教程 / 李星主编. —北京：北京理工大学出版社，2019.9
ISBN 978-7-5682-7543-9

I. ①大… II. ①李… III. ①物理学-高等学校-教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 200473 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775（总编室）

(010) 82562903（教材售后服务热线）

(010) 68948351（其他图书服务热线）

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 7

字 数 / 104 千字

版 次 / 2019 年 9 月第 1 版 2019 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 25.00 元

责任编辑 / 江 立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

前 言

大学物理是理工科各专业的一门重要基础课，同时也是全国硕士研究生入学考试的专业科目之一。与高中物理相比，大学物理的理论更加抽象，逻辑推理更加严密，由于许多物理问题的概念性、理论性、技巧性较强，又需要以高等数学为工具，运用物理学的基本概念和规律去分析和解决问题，因此学生普遍反映这门课程较难掌握。我们编写本书的目的就是帮助学生尽快明确学习要求，理清知识脉络，尽快完成学习方法和思维方式的转变，掌握解题的思路和方法，提高综合应用所学知识、分析问题和解决问题的能力，为后继课程的学习打下坚实的基础。

本书对大学物理知识点进行了简洁、清晰、全面的归纳，题型主要采用选择题、填空题和计算题，题目难度适中，既能考查学生对物理基本概念、基本规律的理解，也能考查学生对物理知识的迁移能力和运用能力，具有较强的诊断意义，有利于促进大学物理课程的“教”和“学”。同时本书配备有各部分教学多媒体课件以及演示实验等电子资源，引导学生对所学知识进行自我归纳和总结，以期产生新的思考，并发现新问题，达到解决新问题的目的。

参加本书编写的工作人员分工如下：李星（第七章，恒定磁场），李强（第八章，电磁感应 电磁场），薛志超（第十一章，光学），颜婷婷（第十五章，量子物理）。

在本书编写过程中，参考了相关的教材、教学辅导书和网络电子资料，各部分章节序号与马文蔚等主编的《物理学》（第六版）一书中各章节序号一致，其中根据一般院校教学大纲，删减了部分章节，因此个别章节序号有中断的情况。另外，本书内容顺序根据大学物理教学计划编写，为方便教师批阅和讲解各部分作业，同时便于学生日常复习，特将内容分为甲、乙两个部分，并且分别给出了甲、乙两部分作业题的答案，请广大读者使用时稍加注意。

由于编写时间仓促加之编者水平有限，书中难免出现疏漏和不当之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2019 年 6 月

总 目 录

第七章 恒定磁场

7.1 恒定电流	甲本
7.3 磁场 磁感强度	甲本
7.4 毕奥-萨伐尔定律（上）	甲本
7.4 毕奥-萨伐尔定律（下）	甲本
7.5 磁通量 磁场的高斯定理	乙本
7.6 安培环路定理（上）	乙本
7.6 安培环路定理（下）	乙本
7.7 带电粒子在电场和磁场中的运动	甲本
7.8 载流导线在磁场中所受的力（上）	甲本
7.8 载流导线在磁场中所受的力（下）	甲本
7.9 磁场中的磁介质	乙本

第八章 电磁感应 电磁场

8.1 电磁感应定律	乙本
8.2 动生电动势和感生电动势	甲本
8.3 自感和互感	乙本
8.5 磁场的能量 磁场能量密度	乙本
8.6 位移电流 电磁场基本方程的积分形式	乙本

第十一章 光 学

11.1 相干光	甲本
11.2 杨氏双缝干涉 劳埃德镜	甲本
11.3 薄膜干涉	甲本
11.4 劈尖 牛顿环 迈克耳孙干涉仪（上）	甲本
11.4 劈尖 牛顿环 迈克耳孙干涉仪（下）	乙本
11.5 光的衍射	乙本
11.6 夫琅禾费单缝衍射	乙本

11.8 光栅衍射	甲本
11.9 光的偏振性 马吕斯定律	甲本
11.10 反射光和折射光的偏振	甲本
第十五章 量子物理	
15.1 黑体辐射 普朗克能量子假设	乙本
15.2 光电效应 光的波粒二象性	乙本
15.3 康普顿效应	乙本

参考答案

参考文献

甲 本 目 录

第七章 恒定磁场	3
7.1 恒定电流; 7.3 磁场 磁感强度; 7.4 毕奥-萨伐尔定律 (上)	3
主要内容	3
例题精解	4
课后作业	7
7.4 毕奥-萨伐尔定律 (下)	10
主要内容	10
例题精解	11
课后作业	12
7.7 带电粒子在电场和磁场中的运动; 7.8 载流导线在磁场中所受的力 (上) ...	15
主要内容	15
例题精解	16
课后作业	18
7.8 载流导线在磁场中所受的力 (下)	21
主要内容	21
例题精解	21
课后作业	22
第八章 电磁感应 电磁场	24
8.2 动生电动势和感生电动势	24
主要内容	24
例题精解	25
课后作业	29
第十一章 光 学	31
11.1 相干光; 11.2 杨氏双缝干涉 劳埃德镜	31
主要内容	31
例题精解	32

课后作业	34
11.3 薄膜干涉；11.4 劈尖 牛顿环 迈克耳孙干涉仪（上）	36
主要内容	36
例题精解	37
课后作业	38
11.8 光栅衍射；11.9 光的偏振性 马吕斯定律；11.10 反射光和折射光的偏振	41
主要内容	41
例题精解	43
课后作业	46
参考答案（甲本）	49

乙 本 目 录

第七章 恒定磁场	55
7.5 磁通量 磁场的高斯定理; 7.6 安培环路定理 (上)	55
主要内容	55
例题精解	56
课后作业	58
7.6 安培环路定理 (下)	60
主要内容	60
例题精解	60
课后作业	62
7.9 磁场中的磁介质	65
主要内容	65
例题精解	66
课后作业	67
第八章 电磁感应 电磁场	69
8.1 电磁感应定律	69
主要内容	69
例题精解	70
课后作业	72
8.3 自感和互感	74
主要内容	74
例题精解	75
课后作业	77
8.5 磁场的能量 磁场能量密度; 8.6 位移电流 电磁场基本方程的积分形式	79
主要内容	79
例题精解	80
课后作业	83

第十一章 光 学	85
11.4 劈尖 牛顿环 迈克耳孙干涉仪（下）	85
主要内容	85
例题精解	85
课后作业	86
11.5 光的衍射；11.6 夫琅禾费单缝衍射	88
主要内容	88
例题精解	89
课后作业	89
第十五章 量子物理	91
15.1 黑体辐射 普朗克能量子假设；15.2 光电效应 光的波粒二象性；15.3 康普顿效应	91
主要内容	91
例题精解	93
课后作业	96
参考答案（乙本）	99
参考文献	102

大学物理（下册）导学教程

（甲本）

学 号： _____
姓 名： _____
班 级： _____
授课教师： _____

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 任课教师：_____

授课章节	第七章 恒定磁场 7.1 恒定电流；7.3 磁场 磁感强度；7.4 毕奥 - 萨伐尔定律(上)	
目的要求	掌握磁感应强度的定义和物理意义；掌握毕奥 - 萨伐尔定律	
重点难点	毕奥 - 萨伐尔定律及其应用(叠加法、组合法)	
主要内容	学习笔记： 一、磁场、磁感应强度 磁场中任一点都存在一个特殊的方向和确定的比值$f_{\max}/qv$，这与实验运动电荷的性质无关。定义一个矢量函数$\boldsymbol{B}$，规定它的大小为$B = \frac{f_{\max}}{qv}$，即以单位速率运动的单位正电荷所受到的磁力，其方向为放在该点的小磁针平衡时 N 极的指向，$\boldsymbol{B}$ 称为磁感应强度。 二、毕奥 - 萨伐尔定律 在载流导线上取电流元 $I d\boldsymbol{l}$，该电流元在空间任一点 P 处产生的磁感应强度为 $d\boldsymbol{B}$，$I d\boldsymbol{l}$ 与矢径 $\boldsymbol{r}$ 的夹角为 θ，实验表明，真空中有$d\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\boldsymbol{l} \sin \theta}{r^2}$$d\boldsymbol{B}$ 的方向即 $I d\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{r}$ 的方向(右手螺旋法则确定)，写成矢量形式为$d\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{r}}{r^3}$长度为 L 的载流导线在 P 点的磁感应强度 $\boldsymbol{B}$ 为$\boldsymbol{B} = \int_L d\boldsymbol{B} = \int_L \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{r}}{r^3}$ 三、毕奥 - 萨伐尔定律的应用 ❖ 解题步骤 (1) 选取合适的坐标系，要根据电流的分布与磁场分布的特点来选取坐标系，其目的是要使数学运算简单。 (2) 根据所选择的坐标系，在载流导线上选取电流元 $I d\boldsymbol{l}$，按照毕奥 - 萨伐尔定律算出电流元产生的磁感应强度大小。 (3) 判断每个电流元产生的磁感应强度是否同向：如果同向则作标量求和积分运算；如果不同向，则需要将磁感应强度分解为 x、y、z 3 个方向上的分量，然后在 3 个方向上求和。	

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 任课教师：_____

例题精解

例题 1：设有一段直载流导线，电流强度为 I ， P 点距导线为 a ，求 P 点的 B 。

解：如图 7-1 所示，在 CD 上距 O 点为 l 处取电流元 Idl ， Idl 在 P 点产生的 dB 的大小为

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin \theta}{r^2}$$

dB 的方向垂直纸面向内 ($Idl \times r$ 方向)。同样可知， CD 上所有电流元在 P 点产生的 dB 方向均相同，所以 P 点 B 的大小等于下面的代数积分，即

$$B = \int dB = \int_{CD} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin \theta}{r^2}$$

统一变量后，由图 7-1 可得

$$r = \frac{a}{\sin(\pi - \theta)} = \frac{a}{\sin \theta}, \quad l = a \cot(\pi - \theta) = -a \cot \theta$$

$$dl = -a \cdot (-\csc^2 \theta) d\theta = a \csc^2 \theta d\theta = \frac{a}{\sin^2 \theta} d\theta$$

于是有

$$\begin{aligned} B &= \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \frac{a}{\sin^2 \theta} d\theta \cdot \sin \theta}{\frac{a^2}{\sin^2 \theta}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \end{aligned}$$

B 的方向垂直纸面向内。

• 讨论

(1) 对于无限长导线， $\theta_1 = 0$ ， $\theta_2 = \pi$ ， $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$ 。

(2) 对于半无限长导线， $\theta_1 = \frac{\pi}{2}$ ， $\theta_2 = \pi$ ， $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}$ 。

• 强调

(1) 要记住 $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$ ，做题时关键在于找出 a 、 θ_1 、

θ_2 。

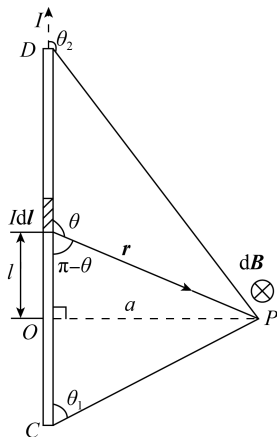


图 7-1 例题 1 图

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 任课教师：_____

(2) θ_1 、 θ_2 是电流方向与 P 点和 C 、 D 连线间夹角。

例题2：设在真空中，有一半径为 R 、通电流为 I 的细导线圆环，求其轴线上距圆心 O 为 x 处的 P 点磁感应强度。(圆形载流导线轴线上的磁场)。

解：建立坐标系如图 7-2 所示，任取电流元 Idl ，由毕奥 - 萨伐尔定律得

$$\begin{aligned} dB &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin 90^\circ}{r^2} \\ &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \end{aligned}$$

方向如图 7-2 所示。

$d\mathbf{B} \perp (\mathbf{r}, Idl)$ ，所有 $d\mathbf{B}$ 形成锥面。

将 $d\mathbf{B}$ 进行正交分解即 $d\mathbf{B} = d\mathbf{B}_{\parallel} + d\mathbf{B}_{\perp}$ ，则

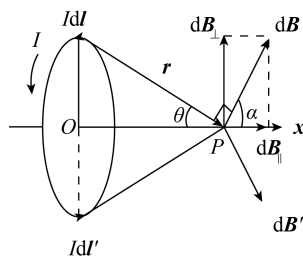


图 7-2 例题 2 图

由对称性分析得 $\mathbf{B}_{\perp} = \int d\mathbf{B}_{\perp} = 0$ ，所以有

$$B = B_{\parallel} = \int dB_{\parallel} = \int dB \sin \theta$$

因为

$$\sin \theta = \frac{R}{r}, \quad r = \text{常量}$$

所以

$$B = \frac{\mu_0 IR}{4\pi r^3} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 IR^2}{2r^3}$$

又因为

$$r^2 = x^2 + R^2, \quad S = \pi R^2$$

所以

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2r^3} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

$\mathbf{B}$ 的方向：沿 x 轴正方向，与电流成右螺旋关系。

• 讨论

(1) 圆心处的磁场： $x = 0$ ， $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ 。

(2) 当 $x \gg R$ ，即 P 点远离圆环电流时， P 点的磁感应强度为： $B = \frac{\mu_0 IR^2}{2x^3}$ 。

班级: _____ 姓名: _____ 学号: _____ 任课教师: _____

例题3: 如图7-3所示, 长直导线折成 120° , 电流强度为 I , A 点在一段直导线的延长线上, C 点为 120° 角平分线上的一点, $AO = CO = r$, 求 A 、 C 点处的 B 。

解: 任一点的 B 是由 PO 段导线和 OQ 段导线产生的磁感应强度 B_1 、 B_2 的叠加, 即 $B = B_1 + B_2$ 。

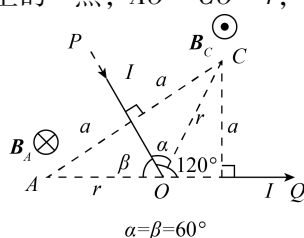


图7-3 例题3图

(1) 求 A 点的 B_A 。

$$B_A = B_{1A} + B_{2A}$$

因为 A 点在 OQ 的反向延长线上, 所以 $B_{2A} = 0$ 。即 $B_A = B_{1A}$ 。

故 B_A 的方向垂直纸面向内, 大小为 $B_A = B_{1A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$,

其中有

$$\begin{cases} a = r \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}r \\ \theta_1 = 0^\circ \\ \theta_2 = \pi - \beta = 120^\circ \end{cases}$$

于是得

$$B_A = \frac{\mu_0 I}{2\sqrt{3}\pi r}(\cos 0^\circ - \cos 120^\circ) = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi r}$$

(2) 求 C 点的 B_C 。由于 $B_C = B_{1C} + B_{2C}$, 由题知, $B_{1C} = B_{2C}$ (大小和方向均相同), 则

$$B_C = 2B_{2C}$$

B_C 的方向垂直纸面向外, 大小为 $B_C = 2B_{1C} = 2 \cdot \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$,

其中有

$$\begin{cases} a = r \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}r \\ \theta_1 = 0^\circ \\ \theta_2 = \pi - \alpha = 120^\circ \end{cases}$$

于是得

$$B_C = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi r} = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{2\pi r}$$

班级: _____ 姓名: _____ 学号: _____ 任课教师: _____

例题4: 如图7-4所示, 在纸面上有一闭合回路, 它由半径为 R_1 、 R_2 的半圆导线及在直径上的两直线导线组成, 电流为 I 。求圆心 O 处的 B_O 。

解: 由磁场的叠加性知, 任一点的 B 是两半圆及直线段部分在该点产生的磁感应强度的矢量和。此题中, 因为 O 在直线段延长线上, 故直线段在 O 处产生的磁感应强度为0。

小半圆导线在 O 处产生的磁感应强度大小为 $B_{O小} = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 I}{2R_1}$ (每单位长度的圆弧在 O 处产生的磁感应强度大小相同); 方向垂直纸面向内。

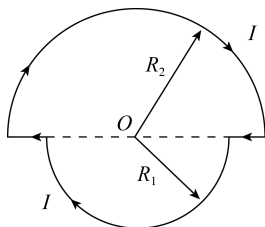


图7-4 例题4图

大半圆导线在 O 处产生的磁感应强度大小为 $B_{O大} = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 I}{2R_2}$; 方向垂直纸面向内。于是得

$$B_O = B_{O小} + B_{O大} = \frac{\mu_0 I}{4} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

B_O 的方向为: 垂直纸面向内。

课后作业

7-1 载流导线如图7-5所示, 圆心 O 处的磁感应强度为()。

A) $B = \frac{\mu_0 I}{4R}$, B 方向为 $\odot$

B) $B = \frac{\mu_0 I}{8R}$, B 方向为 $\otimes$

C) $B = \frac{\mu_0 I}{8R}$, B 方向为 $\odot$

D) $B = \frac{3\mu_0 I}{8R}$, B 方向为 $\otimes$

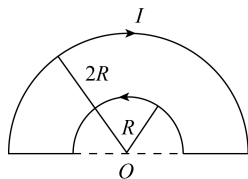


图7-5 题1图

7-2 两圆环导线如图7-6所示, 半径均为 R , 平行地共轴放置, 两圆心 O_1 、 O_2 相距为 a , 所载电流均为 I , 且电流方向相同, 则 O_1O_2 连线中点 O 的磁感应强度大小为_____, 方向为_____。

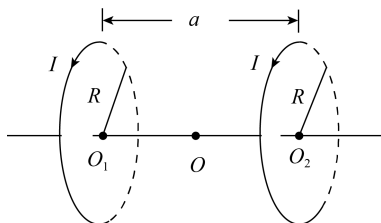


图7-6 题2图