

AP

物理C (电磁学)

30天速成真经

Original Test Bible for AP
Physics C (Electricity and Magnetism)
in 30 Days



考天下学习网 编

美国高考

预修课程，为高中生减免大学学分

降低大学教育成本，缩短大学教育时间

👍 NO.1

中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

教 · 育 · 出 · 版 · 中 · 心



免费获取

200元

新东方在线试听课

物理C (电磁学)

30天速成真经

Original Test Bible for AP
Physics C (Electricity and Magnetism)
in 30 Days



考天下学习网 编

美国高考

预修课程，为高中生减免大学学分

降低大学教育成本，缩短大学教育时间

👍 NO.1

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

教·育·出·版·中·心



免费获取

200元

新东方在线试听课程

图书在版编目 (CIP) 数据

AP 物理 C (电磁学) 30 天速成真经/考天下学习网编.
—北京: 中国石化出版社, 2013. 8
ISBN 978-7-5114-2326-9

I. ①A… II. ①考… III. ①电磁学—高等学校—入学考试—美国—自学参考资料 IV. ①0441

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 192205 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 18 印张 441 千字

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

定价: 58.00 元

AP物理C(电磁学)30天速成真经

学习计划

《AP 物理 C(电磁学)30 天速成真经》为考生设计了一套 30 天备考的全方案。30 天科学合理地按照考试内容每日一练,日积月累,有助于考生在短时间内有序全面地复习。

第 1 天:考试简介及大纲

了解 AP 物理 C(电磁学)及考试大纲,掌握 AP 物理 C(电磁学)部分的考试内容及出题思路,把握命题趋势。

第 2~5 天:静电场

理解电荷、电场、电场强度、电势、电势差、电势能、等势面等重点概念,并且在加深理解上述概念的基础上,能正确明晰他们之间的关系;重点掌握库仑定律,能够分析和解决一些物理问题。

第 6~9 天:连续电荷分布产生的电场和电势

理解并且能描述连续分布电荷的场强,学会判定电场和电势能的直接转换。

第 10~12 天:高斯定律

正确理解电场线、电通量的概念;重点掌握高斯定律,并且正确运用高斯定律分析、求解电场强度的条件和方法。

第 13~15 天:电路

理解电流、电压、电阻、电容、功率、串联电路、并联电路等电路基本概念,掌握欧姆定律、焦耳定律的公式,并且能够熟练运用;学会利用学到的物理知识解决生活中的实际问题。

第 16~19 天:磁学

理解磁场、磁感应线等基本概念;掌握毕奥—萨法尔和安培环路定理,并且能够熟练运用;灵活判定磁场中的高斯定量和磁场对运动电荷的作用;学会利用学到的物理知识解决生活中的实际问题。

第 20~26 天:电磁感应

明确磁通量、电磁感应、感应电动势、感应器、位移电流等概念;明晰磁通量、磁通量变化量和磁通量变化率的区别;理解楞次定律、右手定则和法拉第电磁感应定律的原理,并且在实际问题中熟练运用;重点掌握麦克斯韦方程组的积分形式。

第 27~30 天:模拟试题

严格按照 AP 物理 C(电磁学)的考试时间进行自测,培养临场感觉和考试节奏,对照参考答案查漏补缺,巩固学习成果,提高应试信心。

AP, 全称 Advanced Placement, 中文名称为大学预修课程。AP 课程及考试始于 1955 年, 由美国大学理事会(The College Board)主办, 在高中阶段开设的具有大学水平的课程, 共有 22 个门类、37 个学科。该项考试的目的在于, 使高中学生提前接触大学课程, 完成一些美国大学的学分课程及考试, 其可以为高中生起到减免大学学分、降低大学教育成本、缩短大学教育时间的目的, 同时 AP 考试成绩可以作为申请大学的一个重要筹码。

AP 物理 C 的考试有两种: 力学和电磁学。力学的内容包括: 运动学、牛顿三大定律、能量守恒、动量守恒、圆周运动和转动、振动和万有引力。电磁学的内容包括: 静电学、电路、磁场、电磁感应。对中国学生而言这门考试有三大难点:

(1) AP 物理 C 的转动部分是中国学生没有学过的内容, 内容综合复杂, 是力学最难学的部分, 也是 AP 物理 C(力学)考试必考的内容。

(2) 电磁学中的 LC/CR/LR 回路, 这部分的内容推导用到二阶的积分和微分, 计算也比较复杂, 出题形势多变, 大部分中国学生也是没有学过这些内容。

(3) AP 物理 C 用到很多微积分, 既有公式概念的推导, 也有计算。

为此, 我们结合国内考生物理学习的特点, 精心编写了《AP 物理 C(电磁学)30 天速成真经》, 本书具有以下特点:

1. 中文知识点讲解

本书每章多使用中文详述基本概念以及重要知识点, 方便国内考生的理解阅读, 真实、密切地反映了 AP 考试的难度, 深入拓宽了一些重要基本概念。

2. 最新、最具代表性的英文习题

书中习题都是根据最新考试大纲精心挑选编写的, 包括各个章节的核心内容, 并给出详细的参考答案以及解题过程, 具有实效性、真实性。考生可根据习题有针对性的复习所学基础概念, 进一步加深对重要知识点的理解。

3. 30 天学习计划

考生可以针对自己的薄弱环节选择相应知识点进行复习, 也可根据我们的 30 天学习计划安排, 合理规划学习时间和内容, 以期在最短的时间获得最大的收获。

轻松掌握 AP 物理 C(电磁学)不再是梦想。每个单元筛选的启发性模板性的试题,为学生们提供提升能力的捷径。AP 物理还对培养同学们的综合分析,探索创新的精神和能力有很大好处,这些能力会使同学们在今后的学习过程中受益匪浅。因此,在复习的过程中,考生除了认真学习本书的知识点之外,还应留心关注生活,并有意识地扩大自己的知识面,以充分应对考试。

由于本书编写时间有限,难免有不足之处,希望广大读者提出宝贵意见,以待再版时修改。

编者 SARI

第一章 考试简介及大纲 Introduction and Examination Outline	1
第二章 静电场 Electrostatic Field	4
第一节 库仑定律和点电荷产生的电场	
Coulomb's Law and Electric Fields Due to Point Charges	4
一、电荷	4
二、库仑定律	4
三、电场、电场强度	5
四、用库仑定律计算场强	6
五、电场线	7
六、电势能、电势与电势差	8
七、电势差 U 与电场强度 E 的关系	10
八、两等量点电荷周围的电场特点	11
九、电场线、电场强度、电势、等势面的相互关系	12
课后习题	12
第二节 连续电荷分布产生的电场和电势	
Electric Fields and Potentials Due to Continuous Charge Distributions	18
一、连续分布电荷的场强	18
二、电场和电势的直接转换	18
课后习题	19
第三节 高斯定律 Gauss's Law	30
一、电场线	30
二、电通量	31
三、高斯定律	32
课后习题	33
第三章 电路 Circuits	48
第一节 电流、电压、电阻和电容	
Current, Voltage, Resistance and Capacitors	48
一、导体中的电场和电流	48
二、电源和电动势	49
三、电阻定律、电阻率	49

四、孤立导体的电容	50
五、电容器及其电容	50
六、电容器电容的计算	51
七、静电场的能量	52
课后习题	54
第二节 包含电池和电阻的电路分析	
Analysis of Circuits Containing Batteries and Resistors	60
一、部分电路欧姆定律	60
二、串、并联电路	61
三、电功、电功率和焦耳定律	62
四、闭合电路的欧姆定律	63
五、有关电源的功率	64
课后习题	65
第三节 RC 电路 RC Circuits	73
一、通过电阻器对电容器放电	73
二、电容器的充电	74
课后习题	75
第四章 磁学 Magnetism	86
第一节 磁场的基本知识 Elementary Knowledge of Magnetic Field	86
一、磁场	86
二、磁感应强度矢量	86
三、磁感应线	87
四、磁通量	88
五、磁场中的高斯定理	88
六、磁场对运动电荷的作用	89
课后习题	91
第二节 毕奥—萨伐尔定律 Biot-Savart's Law	99
一、毕奥—萨伐尔定律	99
二、毕奥—萨伐尔定律的应用	100
课后习题	102
第三节 安培环路定律和安培定律	
Ampere's Return Circuit Law and Ampere's Law	111
一、安培环路定律	111
二、安培环路定律的应用	113
三、安培定律	114
课后习题	115
第五章 电磁感应 Electromagnetic Induction	126
第一节 法拉第定律和楞次定律 Faraday's Law and Lenz's Law	126
一、磁通量	126

二、电磁感应	127
三、楞次定律	127
四、右手定则	128
五、感应电动势	128
六、法拉第电磁感应定律	129
七、公式 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 与 $E = Blv\sin\theta$ 的区别与联系	129
八、磁通量 Φ 、磁通量的变化量 $\Delta\Phi$ 、磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 的区别	130
九、感生电动势与动生电动势的比较	130
课后习题	130
第二节 感应器 Inductors	145
一、自感	145
二、互感	146
三、磁场的能量	146
课后习题	147
第三节 麦克斯韦方程 Maxwell's Equations	160
一、位移电流	160
二、麦克斯韦方程组的积分形式	161
课后习题	162
第六章 模拟试题 Model Test	164
模拟试题 1	164
参考答案	176
模拟试题 2	189
参考答案	203
模拟试题 3	217
参考答案	232
模拟试题 4	244
参考答案	261

第一章

考试简介及大纲 Introduction and Examination Outline

AP, 全称 Advanced Placement, 中文名称为大学预修课程。AP 课程及考试始于 1955 年, 是由美国大学理事会(The College Board)主办的在高中阶段开设的具有大学水平的课程, 共有 22 个门类、37 个学科。时至今日, 全球已有 80 多个国家开设了此项目考试, 并于每年 5 月举行。

AP 考试的成绩使用 5 分制, 一般 3 分或 3 分以上的成绩可以在大学换取学分, 目前有将近 40 多个国家约 3600 所大学承认 AP 学分为其入学参考标准, 其中包括哈佛、耶鲁、牛津、剑桥等世界名牌大学。另外, 某些国家(如英国、加拿大、澳大利亚等国)还将此项成绩作为发放奖学金的主要条件之一。

AP 考试的旨在帮助高中生提前接触大学课程, 并通过学习一些科目来完成大学中部分学分课程及考试。因此学生可借此项考试折抵大学学分, 减免大学课程, 缩短大学学时, 更可节省高昂的大学学费。根据美国大学升学顾问委员会在全美范围内的调查显示, 拥有优异 AP 考试成绩的高中生在未来的大学学习中往往有更加出色的表现和发展。因此, 美国各大学均将 AP 成绩看作衡量学生学习和研究能力, 以及就读高难度大学课程能力的重要指标。参加 AP 考试科目多、考分高的学生会被美国名校刮目相看。因此, 学生的 AP 考试成绩也成为其是否能够胜任大学学习的重要依据之一。

AP 的物理考试有两种, 分别是 AP 物理 B 和 AP 物理 C。AP 物理 B 和物理 C 的区别在于:

AP 物理 B 涵盖内容较广, 但难度一般, 要求不高, 相当于中国的高中物理, 相信同学们通过一段时间的学习, 应该能比较轻松地解决它。物理 B 不涉及计算, 通常由主修生物或健康门类的学生选修, 学习时间一般为两学期。

AP 物理 C 由两个独立部分组成, 一部分是力学, 另一部分是电学和磁学(即电磁学)。力学和电磁学的考试分数是分开进行记录与统计的, 所以考生可以只参加力学部分的考试, 或者只参加电磁学部分的考试, 抑或是两者都参加。AP 物理 C 是一门以计算为基础的力学、电学、磁学类入门课程, 内容较少, 但题目难度很大, 关注物理科学和物理工程学的学生一般会选修, 学习时间一般为三学期以上。

AP 物理 C (电磁学) 考试大纲

A. Electrostatics (30%)

1. Charge and Coulomb's law
2. Electric field and electric potential
3. Gauss's Law
4. Electric fields and potentials due to continuous charge distributions

B. Conductor, capacitors, dielectrics (14%)

1. Electrostatics with conductors
2. Capacitors
3. Dielectrics

C. Electric circuits (20%)

1. Current, resistance, power
2. Steady-state direct current circuits with batteries and resistors only
3. Capacitors in circuits

D. Magnetic Fields (20%)

1. Forces on moving charges in magnetic fields
2. Forces on current-carrying wires in magnetic fields

3. Fields of long current-carrying wires

4. Biot-Savart law and Ampere's law

E. Electromagnetism (16%)

1. Electromagnetic induction
2. Inductance
3. Maxwell's equations

AP

物理C(电磁学)

30

天速成真经

A. 静电学 (30%)

1. 点电荷和库仑定律
2. 点电荷产生的电场和电势
3. 高斯定律
4. 连续电荷分布产生的电场和电势

B. 导体, 电容和绝缘体 (14%)

1. 导体静电学
2. 电容器
3. 绝缘体

C. 电路 (20%)

1. 电流, 电阻, 电功率
2. 只带电池和电阻的直流电路分析
3. 电路中的电容器

D. 磁场 (20%)

1. 运动电荷在磁场中的受力
2. 电流线在磁场中的受力
3. 无限长直流导线的磁场
4. 毕奥—萨法尔定律和安培定律

E. 电磁学 (16%)

1. 电磁感应
2. 电感
3. 麦克斯韦方程组



第二章

静电场 Electrostatic Field

第一节 库仑定律和点电荷产生的电场

Coulomb's Law and Electric Fields Due to Point Charges



一、电荷

19 世纪的科学家已经认识到自然界中只有两种电荷,即正电荷和负电荷。以后一系列的实验确认了这一点,并证明:同种电荷相斥,异种电荷相吸。各种物质所带电荷的最小单位称为基本电荷 e , 其数量由密立根(R. A. Millikan)在 1909 年测得: $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ (库仑),各种物质的带电量总是这一基本电荷的整数倍,这一现象被称为电荷的量子化现象。近代理论推测夸克粒子有可能携带 $e/3$ 或 $2e/3$ 的电量,但至今尚未分离出这样的粒子。

经过大量实验,富兰克林(Franklin)总结出自然界中重要的守恒定律之一,电荷守恒定律:在孤立系统中,系统的总电量守恒。

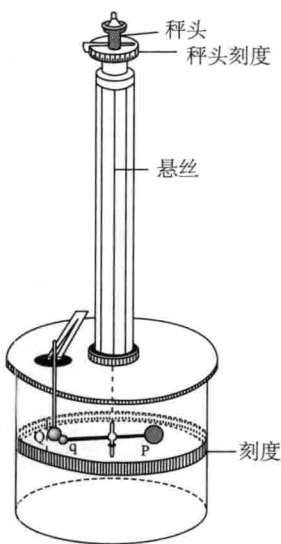


图 2-1-1 库仑扭秤
通过测量丝线扭转角度
确定 q 与 Q 之间作用力



二、库仑定律

库仑(Charles Coulomb)在 1785 年通过实验(图 2-1-1)总结出两点电荷之间的相互作用规律,即库仑定律。

在真空中,两个静止点电荷之间的相互作用力 F 的大小与两点电荷 q_1 和 q_2 的乘积成正比,与它们之间的距离 r 的平方成反比,力的方向沿两点电荷的连线,同号电荷相斥,异号电荷相吸。用矢量式表示为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{r}^\circ \quad (2-1-1)$$

式中, r 是两点电荷之间的距离; $\mathbf{r}^\circ$ 是从施力电荷指向受力电荷的单位矢量; k 是比例系数,在 SI(国际单位)制中, $k = 8.98755 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \approx 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ 。为简

化由库仑定律导出的一些公式,令 $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, 被称为真空电容比率。式(2-1-1)可改写为

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{r}^\circ \quad (2-1-2)$$

由式(2-1-2)可以看出:当 q_1 与 q_2 同号时, $\mathbf{F}$ 与 $\mathbf{r}^\circ$ 同方向,即 q_2 受斥力;当 q_1 与 q_2 异号时, $\mathbf{F}$ 与 $\mathbf{r}^\circ$ 反向,表示 q_2 受引力,如图 2-1-2 所示。

库仑定律只适用于两个静止点电荷的相互作用,若考虑两个以上点电荷之间的相互作用,应使用力的叠加原理,即作用在其中某一点电荷 q_0 上的库仑力 $\mathbf{F}_0$ 等于其他点电荷分别单独存在时,作用在该电荷上的库仑力的矢量和,如图 2-1-3 所示。

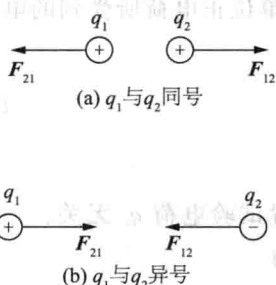


图 2-1-2 电荷之间的库仑力

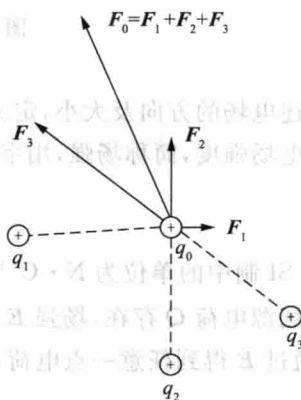


图 2-1-3 $\mathbf{F}_0$ 为其他点电荷对 q_0 作用力的矢量和



三、电场、电场强度

两点电荷之间的相互作用力是相距一定距离而发生的,不同于通常物体间相接触的相互作用力。这种超距离的相互作用靠什么传递呢?普遍的观点认为,第一个电荷在它周围的空间产生电场,第二个电荷并没有直接接触第一个电荷,而是处在它的电场中并与该电场发生相互作用。可将这种作用示意为

$$\text{电荷} \xrightarrow[\text{作用于}]{\text{产生}} \text{电场} \xrightarrow[\text{产生}]{\text{作用于}} \text{电荷}$$

从这个意义上讲,场在两个带电粒子中间起媒介作用。

由于场的分布具有分散性,所以对场的描述需要逐点进行。下面从静电场的施力特性出发研究静电场的性质。

现在我们来研究一个静止点电荷 Q 的电场。将一正的小试验电荷 q_t (试验电荷 q_t 足够小以致于可忽略它对被测量的点电荷 Q 产生的影响) 放在电场的不同处,测量 q_t 所受的电场力,便可获得一幅电荷 Q 的电场的图像,场中每一点都有一个唯一的力矢量,如图 2-1-4,该力即库仑力。

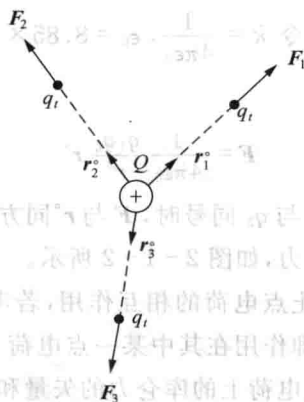


图 2-1-4 通过 q_i 受力
得到 Q 的电场图像

为描述电场的方向及大小,定义在电场中的某点,单位正电荷所受到的电场力为该点电场的电场强度,简称场强,用字母 E 表示为

$$E = \frac{F}{q_i} \quad (2-1-3)$$

场强 E 在 SI 制中的单位为 $\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$ 或 $\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

只要场源电荷 Q 存在,场强 E 便存在,与是否放置试验电荷 q_i 无关。一旦场强 E 已知,可通过 E 得到任意一点电荷 q 在场中所受电场力

$$F = qE \quad (2-1-4)$$

若 $q > 0$, 则 F 与 E 同向,若 $q < 0$, 则 F 与 E 反向。



四、用库仑定律计算场强

1. 点电荷的场强

设真空中有一点电荷 Q , 求距 Q 为 r 处点 P 的场强。设想将一试验电荷 q_i 放到点 P , 由库仑定律,作用在 q_i 上的电场力为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i Q}{r^2} \quad (2-1-5)$$

根据式(2-1-3),得点 P 处场强

$$E = \frac{F}{q_i} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2-1-5)$$

2. 点电荷系的场强

叠加原理不仅适用于库仑力的计算,也适用于场强的计算。求点电荷系在点 P 产生的场强时,我们先用库仑定律计算出 Q_1 在点 P 的场强 E_1 , Q_2 的场强 E_2 等,再求它们的矢量和。对于 N 个点电荷组成的系统,在点 P 产生的场强 E 为矢量和 $E = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n E_i$, 其中

$$E_i = \frac{Q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i^2} \mathbf{r}_i$$

3. 电场强度的三个性质

(1) 矢量性: 电场强度是矢量, 其大小按定义式 $E = \frac{F}{q}$ 计算即可, 其方向规定为正电荷在该点所受电场力的方向。

(2) 唯一性: 电场中某一点处的电场强度 E 的大小和方向是唯一的, 其大小和方向取决于场源电荷及空间位置。

电场中某点的电场强度是唯一的, 是由电场本身的特性(形成电场的电荷及空间位置)决定的, 虽然 $E = \frac{F}{q}$, 但电场强度 E 绝不是试探电荷所受的电场力, 也不是单位正试探电荷所受的电场力, 因为电场强度不是电场力, 电场中某点的电场强度, 既与试探电荷的电荷量 q 无关, 也与试探电荷的有无无关。因为即使无试探电荷存在, 该点的电场强度依然是原有的值。

(3) 叠加性: 若在某一空间中有多个电荷, 则空间中某点的电场强度等于所有电荷电场强度的叠加, 叠加遵守矢量运算的平行四边形定则。

比较大的带电体的电场, 可通过把带电体分成若干小块, 把每小块看成点电荷, 用点电荷电场叠加的方法来计算。

4. 电场力与电场强度的区别与联系

物理量 比较内容		电场力	电场强度
区别	物理意义	电荷在电场中所受的力	反映电场的力的属性
	决定因素	由电场和电荷共同决定	由电场本身决定
	大小	$F = Eq$	$E = \frac{F}{q}$
	方向	正电荷受电场力方向与 E 同向, 负电荷受电场力方向与 E 反向	由电场本身决定, 且与正电荷受电场力方向相同
	单位	N	N/C(或 V/m)
联系		$F = qE$	

电场强度描述的对象是电场, 而电场力的受力对象是放在电场中的电荷。如果知道了电荷所在位置的电场强度, 就能很方便地求出带电体在该处受到的电场力, 因而, 要解决电场力的问题, 往往要首先明确电场强度。



五、电场线

1. 电场线的定义及特点

为了更形象地描述电场(大小和方向), 而假想的线。

(1) 定义: 在电场中画出的一系列从正电荷出发到负电荷终止的曲线, 使曲线上每一点的切线方向都跟该点的电场方向相同, 这些曲线就叫电场线。