



中等职业教育教材

物理

(下册)

主 编 王若智 王正联



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

中等职业教育教材

物理（下册）

主 编 王若智 王正联

副主编 李 红 张 帅 部绍海

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书分为电学、光学、原子物理三个模块。每个模块,根据其内在的联系,结合不同专业的不同需求,又设计出相对独立的若干个小模块(以章为单位),方便学校教师按照专业进行选取。本书电学部分分为4章,光学部分为1章,原子物理部分为1章。

本书适用于中等职业学校资源与环境、能源、交通运输、机械制造、土木工程、电子技术、信息工程、农林水利及医药卫生等各类专业学生使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

物理.下册/王若智,王正联主编. —北京:电子工业出版社,2007.9

(中等职业教育教材)

ISBN 978-7-121-04720-6

I. 物… II. ①王…②王… III. 物理课—专业学校—教材 IV. G634.71

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第138150号

策划编辑:施玉新

责任编辑:李 玮

印 刷:北京市通州大中印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:10.25 字数:262.4千字

印 次:2007年9月第1次印刷

定 价:15.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前言

随着我国经济社会的健康发展,职业教育教学改革也在日趋深化。一方面,我国职业教育招生规模出现了政策性增长,各地区学校生源正发生着结构性变化;另一方面,过去学校物理教材偏重于知识体系的内在逻辑联系、偏重于理论推导的倾向,已经不适应目前我国物理教学的实际需要。

因此,顺应当前职业教育改革的趋势,遵循职业教育“实际、实用、实效”的原则,根据“宽基础、活模块、少学时”的要求,针对不同学校、不同专业的教学需求,我们编写了《物理(上册)》、《物理(下册)》和《物理(适合少学时专业)》三本教材。我们在教材编写中,力图突出职业教育的特点,既让学生掌握未来就业中所必需的基本物理概念和规律,认识基本的物理科学方法,又要方便学校教学,有利于推进当前的物理教学改革。本套教材编写中突出了以下几方面的特点。

宽基础:本套教材编写遵循教育部《中等职业教育物理教学大纲(试行)》的基本要求,在知识内容上,强调对物理知识的广泛了解;在能力培养上,重视物理知识在生产、生活实际及技术设计中的活学活用,重视物理科学方法的传授。淡化物理知识间的逻辑关系,降低用物理公式进行解题的难度要求,降低理论思维的定量要求。

活模块:针对目前职业学校物理教学课时少、内容多的状况,教材内容做了适当的整合。根据物理教学需要,结合职业教育不同专业的需求,《物理(上册)》设置力学、热学两大模块,《物理(下册)》设置电学、光学、原子物理三大模块,《物理(适合少学时专业)》则涵盖了以上所有模块,但内容进行了压缩。每一模块又设计出相对独立的若干小模块(以章、节为单位)。不同学校,可根据学校教学计划的安排和不同专业教学的需要,灵活地选修其中的部分模块。如开设机械制造、土木工程、桥梁建设的专业,可以主选力学、热学模块;开设电子技术、信息工程、电气安装的专业,可以主选其中的电学模块;而开设医疗卫生的专业则可以主选其中的热学、电学的若干内容和力学的部分内容等,方便了教师的专业教学选取。

少学时:《物理(上册)》和《物理(下册)》的容量,均控制在30学时以内。确保选择不同教学模块的老师,都能完成教学计划。《物理(适合少学时专业)》的容量控制在33学时之内。

版面活泼:在版面设计上,采用主、辅栏分栏结构,眉目清晰。

主栏按大纲的要求,根据教材模块设计,结合物理知识的内在体系,编排必修的学习内容;主栏中插编了一些活动性栏目,如想想议议、阅读材料、观察与思考、想想练练、讨论与交流等,既突出了教材的重点,降低了教学难度的阶梯,同时又增强了教材叙述的节奏感。

辅栏主要编排相关图例、教学要求提示语、物理科学方法以及拓展思考性问题,使教材图文并茂、生动活泼。

引人入胜:教材每一节都设置了精心编撰的节首引导语。节首引导语具体形象、深入浅出。起到画龙点睛的功效,既使教材的重点一目了然,又能激情设疑,启发思考。

时代性强:课后阅读内容丰富、形式多样,贴近生活、联系实际,力图反映当代科学

技术发展的重要成果和科学思想,关注物理学的技术应用所带来的社会问题,培养学生的社会参与意识和对社会负责任的态度。

本套教材是职业学校资源与环境、能源、交通运输、机械制造、土木工程、电子技术、信息技术、农林水利、医药卫生等各类专业根据教学需要开设的文化基础课程。

本书由王若智、王正联担任主编,李红、张帅、邵绍海担任副主编。由于编者水平所限,虽已尽力而为,但疏漏在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见。

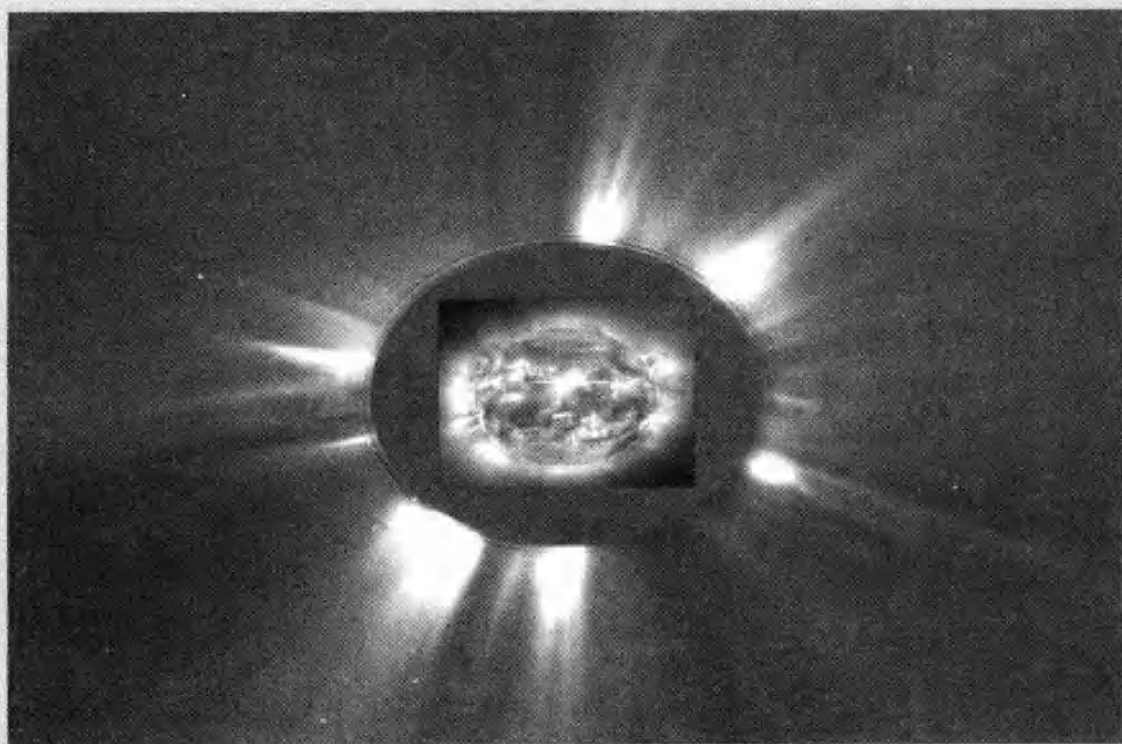
编者

2007年7月

目 录

第 1 章 电场	(1)
1.1 电场及电场强度	(2)
1.2 电势及电势差	(9)
1.3 电场中的导体	(16)
1.4 电容器及电容	(21)
1.5 带电粒子在电场中的运动	(28)
第 2 章 恒定电流	(34)
2.1 电流及导体的电阻	(35)
2.2 部分电路的欧姆定律	(40)
2.3 电功及电功率	(45)
2.4 闭合电路欧姆定律	(49)
第 3 章 磁场	(54)
3.1 磁场	(55)
3.2 安培力及磁感应强度	(60)
3.3 磁场对运动电荷的作用	(65)
第 4 章 电磁感应及电磁波	(71)
4.1 电磁感应现象	(72)
4.2 感应电动势的大小	(78)
4.3 感应电流的方向	(83)
4.4 交变电流	(89)
4.5 电感及电容对交流电的阻碍作用	(95)
4.6 变压器	(100)
4.7 电磁波	(106)
第 5 章 光的基本知识	(111)
5.1 光的反射和折射	(112)
5.2 棱镜及全反射	(115)
5.3 透镜	(119)
5.4 光的波动	(125)
5.5 光电效应	(130)
第 6 章 原子和原子核	(133)
6.1 原子核式结构	(134)
6.2 原子的能级	(139)
6.3 天然放射现象	(142)
6.4 核反应及核能	(146)
附录 A 国际单位制	(151)
附录 B 基本物理常量 (1986 年的推荐值)	(154)

第1章 电 场



电现象是常见的。雷雨季节的电闪雷鸣是人类最早认识的电现象；用塑料梳子梳头时，头发会跟着梳子飘起来，这是生活中的电现象。今天人们生活中的电灯、电视、电话、电脑等哪一样不与电有关？然而，电又是那么的神秘，让人看不见、摸不着。电是什么？我们又如何认识它呢？从本章开始我们将从最基本的静电现象开始，研究它所遵循的规律，揭开它的神秘面纱。

本章主要研究静电场的基本性质，带电粒子在电场中的运动及电容器与电容等。本章的基本概念多而且抽象，许多知识要在力学知识的基础上学习并加以运用，因此学习中应注意复习必要的力学知识，以便能够自然地把力学和电学知识密切联系起来。



图 1.1 风吹禾苗

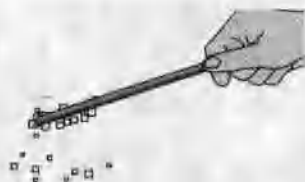


图 1.2 带电体对其周围没有相互接触的电荷存在力的作用

风，是一种人们司空见惯的自然现象。那么，什么是风？我们很难说得清楚，只知道空气的流动就形成了风。

风，看不见，抓不着，但我们却可以感觉到风的存在。风力既有大小，又有方向，并具有能量。风的性质为人们认识风提供了很多手段。在生活中，人们常以树枝、禾苗等物质被风吹动而飘摇的剧烈程度来衡量风力的大小（如图 1.1 所示）；以树枝、禾苗等物质被风吹动而飘摇的方向规定为风的方向。

带电体会对其周围没有相互接触的电荷存在力的作用（如图 1.2 所示）。那么，它是通过什么来传递相互作用？会不会也存在一种像风一样看不见、摸不到的物质呢？

1.1 电场及电场强度

1. 点电荷

我们已经知道，用丝绸摩擦过的玻璃棒，用毛皮摩擦过的硬橡胶棒，都能吸引轻小物体，是因为它们都带上了电荷。

自然界只存在两种电荷，即正电荷和负电荷。用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电荷，用毛皮摩擦过的硬橡胶棒带负电荷。同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。电荷的多少叫做电量，简称电量。通常，正电荷的电量用正数表示。负电荷的电量用负数表示。如果带电体间的距离比它们自身的大小大得多，以致带电体的形状和大小对电荷间相互作用力的影响可以忽略不计，这样的带电体就可以看做点电荷。

2. 电场

【实验】

如图 1.3 所示，将两块平行放置的金属板连接到感应起电机的两个电极上，转动起电机，观察放在两个金属板之间的蜡烛的火焰有什么变化？这说明了什么问题？

如果将蜡烛换成带电的小球，小球有什么反应？如果改变小球所带的电的电性或电量，小球的受力又有什么变化？

【实验】



图 1.3 关于电场的实验

经过长时间的科学研究，人们认识到，电荷的周围存在一种叫做**电场**的物质，电荷之间是通过电场而发生相互作用的。例如，电荷 A 对电荷 B 的作用力，就是电荷 A 的电场对电荷 B 的作用，电荷 B 对电荷 A 的作用力，就是电荷 B 的电场对电荷 A 的作用（如图 1.4 所示）。

电场存在于带电体周围。电场是一种客观存在的特殊形式的物质，它的存在不像由原子、分子组成的实物那样可以看得见、摸得着，但它具有能量，我们可以通过它对电荷的作用来发现电场的存在。任何电荷在电场中都要受到力的作用，这种电场对电荷的作用力叫做**电场力**。

3. 电场强度

【实验】

把一个带正电的物体放在 A 处，然后把挂在丝线上带正电的小球先后挂在 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置，如图 1.5 所示。比较小球在不同位置时受力的大小。小球受力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度大小显示出来，角度越大，说明受力越大。

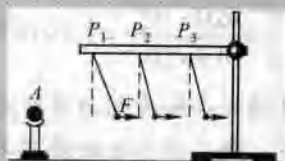


图 1.5 通过丝线偏离竖直方向的角度显示出小球受力的大小

由以上实验看出，同一个电荷在电场中的不同位置所受的电场力不同。这说明在电场中的不同位置电场的强弱不同。在物理学中，用单位电荷在电场中的不同位置所受的电场力来比较这些位置的电场强弱。或者说，用电荷所受电场力



图 1.4 电荷之间通过电场而发生相互作用

物理学中常用比值定义物理量，用来表示研究对象的某种性质。你还记得前面学过的哪些物理量是用比值定义的吗？

既有大小又有方向的物理量叫做矢量，例如力学中的位移、速度、加速度都是矢量。只有大小而没有方向的物理量叫做标量，例如速率、时间、质量等。

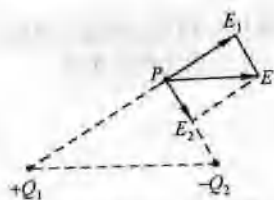


图 1.6 P 点场强等于 $+Q_1$ 和 $-Q_2$ 在该点产生的场强的矢量和

的大小与电荷所带电量的比值来表示某点处电场的强弱。

电场中某点处电荷所受的电场力 F 与它所带的电量 q 的比值叫做该点的电场强度，简称场强。用符号 E 表示：

$$E = \frac{F}{q} \quad (1.1)$$

电场强度的单位是 N/C 。如果 1C 的电荷在电场中的某点受到的电场力是 1N ，这个点的电场强度就是 1N/C 。

电场强度是矢量。物理学中规定，电场中某点的场强方向跟正电荷在该点所受的电场力的方向相同。按照这个规定，负电荷在电场中某点所受的电场力的方向跟该点的场强方向相反。因此，电场强度是描述电场强弱和方向的物理量，反映了电场自身的特性。

如果有几个点的电荷同时存在，它们的电场就互相叠加，形成合电场。这时，某点的场强则等于各个电荷单独存在时在这一点产生的场强的矢量和。这叫做电场的叠加原理。



想想议议

同学们还记得矢量求和的法则吗？

例如，图 1.6 中 P 点的场强等于 $+Q_1$ 在该点产生的场强 E_1 和 $-Q_2$ 在该点产生的场强 E_2 的矢量和。这样，知道了点电荷的场强，原则上就可以知道任一个带电体的场强，因为任何带电体都可以看做是由许多点电荷组成的。

例题 一个电量为 $4.0 \times 10^{-8}\text{C}$ 的正电荷在电场中某点所受的电场力为 $6.0 \times 10^{-4}\text{N}$ ，求该点的电场强度。若将一个电量为 $2.0 \times 10^{-8}\text{C}$ 的负电荷置于该点，该点电场强度是否会发生变化？求它所受的电场力的大小和方向。

【解析】 根据电场强度的定义，则

$$E = \frac{F}{q} = \frac{6.0 \times 10^{-4}}{4.0 \times 10^{-8}} = 1.5 \times 10^4 (\text{N/C})$$

该点电场强度的大小和方向与该处是否放电荷及电荷的大小、正负均无关，所以该点电场强度不变。负电荷在此处受到的电场力大小为

$$F = qE = 2.0 \times 10^{-8} \times 1.5 \times 10^4 = 3.0 \times 10^{-4} (\text{N})$$

力的方向与该处电场强度的方向相反。

4. 电场线

电场看不到，摸不着，如何形象地描述它呢？我们用电场线来描述电场。在电场中的每一点，场强 E 都有一定的方

初中我们学过描述磁场的磁感线，其作用和电场线类似，都是用来形象描述场的手段，实际并不存在。

问，如图 1.7 所示。如果在电场中画出一些曲线，使曲线上每一个点的切线方向都跟该点的场强方向一致，这样的曲线就叫做**电场线**，如图 1.7 所示。

电场线的形状可以用实验来模拟。



图 1.7 A,B,C 各点处的切线方向即为该点的场强方向

【实验】

把奎宁针状晶体或头发屑均匀拌放在洗洁精中，然后加上不同形状的高压电极，如图 1.8 所示。

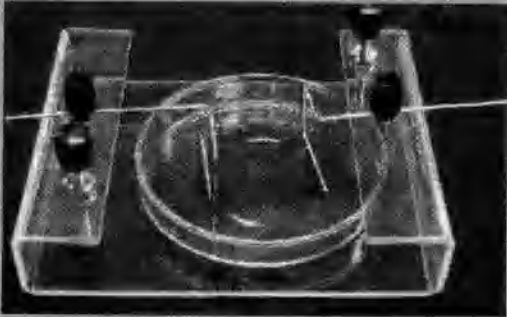


图 1.8 关于电场线的实验

利用投影仪，我们将观察到奎宁针状晶体或头发屑的分布如图 1.9 所示。

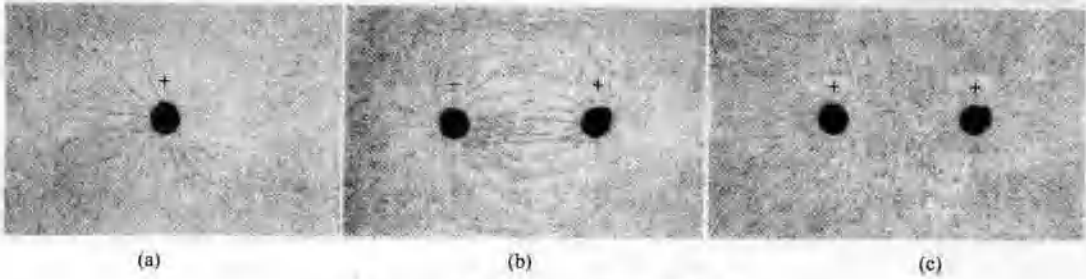


图 1.9 奎宁针状晶体或头发屑的分布

将观察到的结果进行理想化描绘，得到如图 1.10 所示的图形。

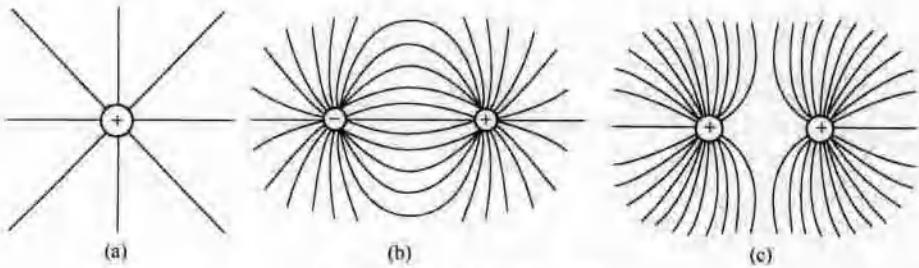


图 1.10 图 1.9 的理想化描绘

电场分布的情况就可以借助这些电场线来描述。图 1.11 给出了不同情况下电场线的分布情况。

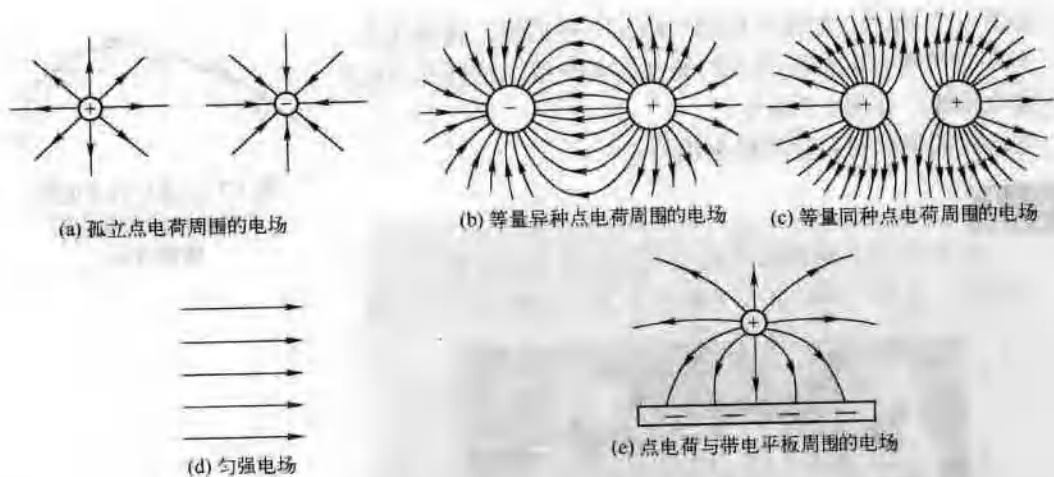


图 1.11 不同情况下电场线的分布情况



图 1.12 在两个金属板间模拟匀强电场

由于电场中各点的方向是正的检验电荷受力的方向，所以电场线总是发源于正电荷而终止于负电荷，或者从正电荷发出而终止于无穷远处，或者发源于无穷远处而终止于负电荷。电场线密的地方，电场强；电场线稀的地方，电场弱。

如果电场中某一个区域内的电场强度的大小和方向都相同，那么这个区域内的电场就叫做匀强电场。在两个金属板间模拟匀强电场如图 1.12 所示。

避雷针的原理

日常生活中，我们都可看见避雷针（如图 1.13 所示）。

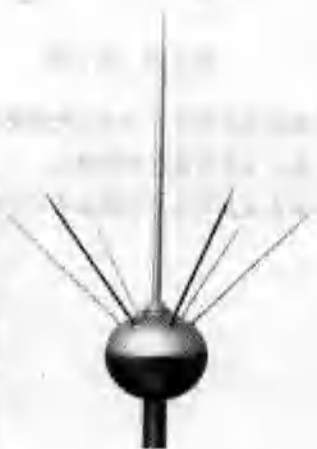


图 1.13 避雷针

避雷针的原理并不是阻挡雷电，而是使云层里的电荷沿着安全的路径与地面的电荷中和，从而保护建筑物免受雷电的袭击。云是由许多微小的水滴组成的，离子吸附在水滴上，成为球电荷。由于水滴的质量大，行动笨拙，即使是直径只有几微米的水滴，也是气体离子的一个沉重包袱，所以云里的电荷移动得缓慢，不易达到电平衡。在大气电场的影响下，正、负电荷在云的上、下层分别积累。常常是正电荷聚集在云的上层，负电荷聚集在云的下层。当带电的云离地面较近时，云和地面形成一个巨大的电场。而云和地面各是电场的一个电极，云与地之间的大气就是电介质。当出现雷雨时，两极之间的电场强度很大，能达每米几万伏。当电场强度超过空气的介电强度时，就会把空气击穿，进行放电。放电时，由于瞬时电流可达几万甚至几十万安培，闪电周围空气的温度达几万摄氏度，又因气体受热，附近气压突然升高到几十甚至几百个大气压，当巨大的气压向四周爆发时，发出吓人的响声，像爆炸一样，这就是雷鸣。被闪电击中的地方，瞬时能量极大，会使所触及的树木房舍炸裂起火，就像被一枚炸弹命中一般。捷径人人爱走，电也是这样，要走电阻最小的通路。避雷针就是竖立在建筑物最高处的一根与地面相通的金属杆。杆的上端是尖的，尖端容易放电，形成电阻小的通路。云中的电荷可经避雷针入地，建筑物即可免受雷击。



想想练练

1. 有哪些方法可以比较电场中不同的两个点电场强度的大小？
2. 如图 1.14 所示，试比较 A, B, C 三个点电场强度的大小。
3. 把一个电量为 $q = 10^{-6} \text{C}$ 的实验电荷，依次放在带正电的点电荷 Q 周围的 A, B 两处（如图 1.15 所示），

受到的电场力大小分别是 $F_A=5\times 10^{-3}\text{N}$, $F_B=3\times 10^{-3}\text{N}$ 。

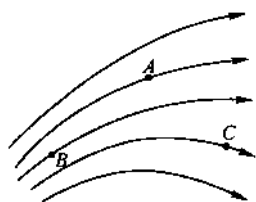


图 1.14 题 2 图

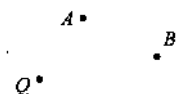


图 1.15 题 3 图

- (1) 画出实验电荷在 A, B 两处的受力方向。
- (2) 求出 A, B 两处的电场强度。
- (3) 如在 A, B 两处分别放上另一个电量为 $q'=10^{-5}\text{C}$ 的电荷，受到的电场力多大？

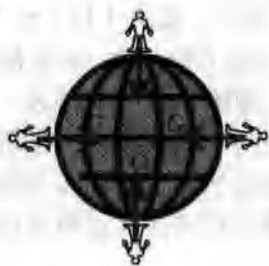


图 1.16 人在地球上由于地球的引力而具有重力势能

在地球表面附近的物体，由于与地球之间存在着相互作用的引力关系，我们则说这些物体都具有一定的能量，即重力势能，如图 1.16 所示。任意两个电荷之间也存在着类似的相互作用，那么我们是否可以推测出这些电荷也具有一定的势能呢？在重力场中，重力势能的大小取决于物体的位置，离地面越高的物体具有的重力势能越多。那么，电场中的电荷所具有的这种势能又取决于什么因素呢？是否也像在重力场中一样，只与电荷在电场中的位置有关呢？



1.2 电势及电势差

在 1.1 节中我们已经学习了电场强度的知识，知道它是从力的角度引入的描述电场性质的物理量。如果将一个静止的实验电荷放入电场中，电荷将在电场中做加速运动，速率的增加会导致动能也随之增加。我们知道，这是电场力做功的结果。而功是能量转化的量度，那么，在此过程中，又是什么能转化为电荷的动能呢？

1. 电势能

在学习重力势能时，我们知道，重力做功与物体移动的路径无关（如图 1.17 所示），同一个物体在地面附近的同一个位置才具有确定的重力势能，只有相对选定的零势能面，重力势能的大小才有确定的含义。一般选取地面为零势能面。与所有的场力一样，电场力对电荷做功也与电荷移动的路径无关，而只与电荷在电场中的始末位置有关。电荷在电场中也具有势能，这种势能叫做电势能，用 E_p 来表示。

既然电势能和重力势能具有共性，我们则可以借助于重力势能来理解这个陌生的新概念。



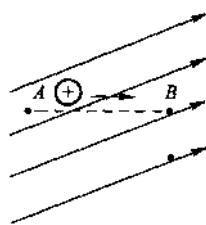
图 1.17 重力做功与路径无关



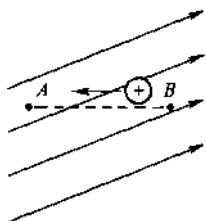
想想议议

复习一下学过的重力势能知识，说一说重力势能的变化与重力做功的关系。

物体在地面附近下落时，重力对物体做正功，物体的重力势能减小；当物体上升时，重力对物体做负功，物体的重力势能增加。与此相似，当正电荷在电场中从 A 点移动到 B



(a) 电场力做正功
电势能减小



(b) 电场力做负功
电势能增加

图 1.18

“无限远”是一个相对的概念。当离场源电荷远到电场强度可以忽略时，就可以算做“无限远”。通常，把电荷在离场源电荷无限远处的电势能规定为零，或者把电荷在大地表面上的电势能规定为零。

点时，电场力做正功，电荷的电势能减小，如图 1.18 (a) 所示；当电荷从 B 点移动到 A 点时，电场力做负功，即电荷克服电场力做功，电荷的电势能增加，如图 1.18 (b) 所示。

功是能量变化的量度。由上面的分析可以得出：电场力做的功等于电势能的减少量。若用 W_{AB} 表示电荷从 A 点移动到 B 点电场力做的功， E_{pA} 、 E_{pB} 分别表示电荷在 A 点和 B 点的电势能，则

$$W_{AB} = E_{pA} - E_{pB} \quad (1.2)$$

上式反映了电场力做功和电势能改变量之间的数量关系。要确定电场中某点的电势能的大小，还得选取零势能点。若规定电荷在 B 点的电势能为零，则电荷在 A 点的电势能等于 W_{AB} 。也就是说，电荷在某点的电势能，等于电场力把它从该点移动到零势能位置时所做的功。



讨论与交流

在图 1.18 中移动的是正电荷。同样，如果由 A 到 B 移动的是负电荷，电场力的做功还一样吗？电势能的改变情况又如何呢？由此可见，重力做功和电场力做功有何不同？

2. 电势

我们通过电场力认识了电场强度，还可以通过电势能来认识描述电场的另一个物理量——电势。它可以从能的角度描述电场的性质。

另外，电场力做功还与电荷的正负及电量有关，在电场中的同一个位置，带不同电量的电荷所具有的电势能也不同。研究发现，电荷在电场中某一点的电势能与其电量的比值，跟电荷本身无关，而只取决于电荷在电场中的位置。在电场中的同一个位置，放不同的实验电荷，比值不变；位置不同，则比值也不同。我们把电荷在电场中某一点的电势能与其电量的比值，叫做这一点的电势。如果用 φ 表示电势，用 E_p 表示电荷 q 的电势能，则

$$\varphi = \frac{E_p}{q} \quad (1.3)$$

在国际单位制中，电势的单位是伏特，符号为 V。在电场中的某一点，如果电量为 1C 的电荷在该点的电势能是 1J，这一点的电势就是 1V，即 $1V=1J/C$ 。

在图 1.19 中，假如一个正电荷沿着电场线的方向由 A 移动到 B，它的电势能逐渐减小，电势降低。由此可见，电

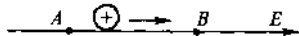


图 1.19

场线指向电势降低的方向。

同电势能的情况一样,应该先规定电场中某处的电势为零,即零势点,然后才能确定电场中各点的电势。物理学中常取离场源电荷无限远处的电势为零,或者取大地为零电势。

在规定了零势点后,电场中的电势既可能为正值,也可能为负值。电势只有大小,没有方向,属于标量。

3. 电势差

选取不同的位置作为测量起点。以不同的参考面作为标准,一座楼的高度是不同的,但楼顶到楼底的高度差却保持不变。因此,高度差与参考面的选取无关,如图 1.20 所示。在电场中,选取不同的零势点,电场中同一个点处的电势也不同,但电场中两点之间的电势差值却不会变。在物理学研究中,我们关注更多的是电场中两点的差值。

电场中两点之间电势的差值叫做电势差。设电场中 A 点的电势为 φ_A , B 点的电势为 φ_B , 则两点之间的电势差 U_{AB} 可表示为

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B \quad (1.4)$$

电场中两个点的电势差可能是正值,也可能是负值,在一些问题中我们往往只关心电势差的绝对值,即电压。



讨论与交流

电势差是标量,只有大小没有方向。那么,它的正负说明了什么?

电荷 q 从 A 到 B 的移动过程中,电场力对它做功, W_{AB} 等于电荷电势能的减少量,我们可以进一步推导出电势差与电场力做功的关系。

$$\begin{aligned} W_{AB} &= E_{pA} - E_{pB} \\ &= q\varphi_A - q\varphi_B \\ &= q(\varphi_A - \varphi_B) \\ &= qU_{AB} \end{aligned}$$

则有
$$W_{AB} = qU_{AB} \quad (1.5)$$

或者
$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1.6)$$

由此可见,知道了电场中两点之间的电势差,就可以方便地计算电场力所做的功。

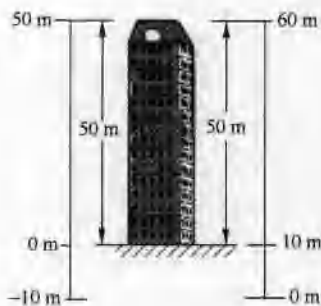


图 1.20 高度差与参考面的选取无关