

提分
攻略

主编 蔡晔

疑难与规律详解

高二物理

全国百位名师联合编写

数理报
精编



龍門書局

www.longmenbooks.com

提分攻略

疑难与规律详解

高二物理

丛书主编 蔡 晔

丛书编委 李学镇 冯素梅 徐淑民 陈晓钟
刘贵军 李也莉 隋良永 张大蒙

《数理报》优秀作者编写

龍 門 書 局
北 京

数理报
精编

版权所有 翻印必究

举报电话:(010)64034160,13501151303(打假办)

邮购电话:(010)64034160

图书在版编目(CIP)数据

提分攻略:疑难与规律详解. 高二物理/蔡晔主编.
北京:龙门书局,2009
ISBN 978-7-5088-2088-0

I. 提… II. 蔡… III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 106292 号

责任编辑:田旭 许冲冲 王艺超/封面设计:0504 设计

龙 门 书 局 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

www.longmenbooks.com

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社总发行 各地书店经销

*

2009年7月第一版 开本:B5(720×1000)

2009年7月第一次印刷 印张:12 1/2

字数:240 000

定 价:20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

您在学习中遇到过难以理解的知识点吗？

您在考试中碰到过难以解答的试题吗？

您还在苦苦的寻觅学习的规律、解题的技巧吗？

您还经常为那些“看似容易，一做就错”的易错题苦恼吗？

不要烦恼了，本书将全方位地从根本上帮您解决这一系列问题，帮助您快速、有效地突破学习瓶颈，创造优异成绩。

本书编写背景

新课标教学和新的中高考改革，越来越强调学生能力的培养，包括思维能力、实际应用能力和创新能力。在这三个能力之中，思维能力是核心、是基础。而思维能力的培养不是一蹴而就的，需要教师、教材、学生三个方面通过科学的教学、学习、训练才能见效。

目前各中学使用各种不同版本的教材，都是依据“新课标”的精神和要求编写的，内容新颖，知识覆盖面广。但由于教材本身的篇幅所限，造成教材内容对知识的深度挖掘和对思维的纵向拓展不够。因此，绝大多数教师需要自己花大功夫去研究教材和考试，针对不同学生的学习水平，开发不同的教学资料。学生们也必须根据自身情况寻找学习资源，研究学习对策。这无疑给广大师生带来很大的负担。

而《数理报》作为一份专门为一线教学服务的优秀报刊，非常好地解决了教材、教学、学习、考试等各个环节的衔接问题。为您释疑解难，归纳总结，让您能够灵活应用知识规律解决问题，并能有所创新。为大师生的教学和学习扫清了障碍。

鉴于此，我们组织了一批经验丰富的一线优秀教师，将《数理报》5年来积淀下来的精华内容进行重新加工和整合，根据“新课标”和“考试大纲”的要求，分模块、分年级编排成册。

本书具有以下优势

一、既具有报刊的深度和灵活性，又具有图书的广度和系统性。

报刊上的文章，均为一线优秀教师将自己的教学心得归纳整理而成。内容深刻、实用，针对性非常强。但报刊内容同时也有很大的先天缺陷，那就是随意性较强，不成系统。我们将其5年的精华内容整理、提升，编写成书，既弥补了其系统性不足的缺陷，又发挥了其灵活性的优势。

二、紧扣各版本教材,可以作为同步教学使用。

《数理报》是一份非常成熟、非常实用的优秀报刊,它已经得到了全国几百万师生的认可。《数理报》的版本配备比较全,是一份同步辅导报。本书融合了《数理报》所有新旧“大纲”的配版分刊,根据知识模块加以整合。因此,本书适合各版本不同学段的师生同步教学和学习使用。

三、内容覆盖面广,重点突出,专门解决“疑难”和“规律”问题。

本书的编写定位,就是为了解决教学、学习、考试中的疑难问题,总结归纳解决问题的方法规律,旨在为广大师生突破教学、学习中的难点,找到提高思维能力的捷径。

本书将您学习中已经遇到和将要遇到的各类疑难各个击破,将学习中的窍门和规律一网打尽,为您的学习扫清障碍、铺路搭桥。

四、本书编写队伍庞大、实力雄厚。

多年来,《数理报》汇集了一大批优秀的一线作者,他们来自全国各地、各级中学的教育教学一线,有的是德高望重的教育教学专家,有的是教学成绩优异的中年骨干教师,还有崭露头角的年轻一代。总之,他们是我国目前中学教学一线优秀教师的代表,是我们教师队伍的精英。

本书使用建议

本丛书是对学生课堂学习的必要补充,主要针对学生学习的疑难点、易错点以及思维规律进行剖析和概括,帮助学生突破学习的薄弱环节。

本书内容分为三大部分,需要同学们根据自身的学习情况选择使用。

“知识疑难解读”针对课本各章节的重点、难点,给出详细的讲解和点拨。

此栏目需要同学们在掌握了课本知识的基本概念后使用。

“思维规律解读”总结了各章节的各类思维和解题规律,分析点拨了应用问题、探索性和开放性问题的解题思路,并针对中(高)考对各章节考查的重点考点做了剖析。

这一栏目的思维要求较高,例题有一定的难度,需要同学们首先弄懂课本上的例题和思维方法,再来研读。

“思维误区破解”精选学生容易出现的错误理解和错误解题思路,作深刻剖析,并向正确的思维引导学生。

同学们在研读这一栏目内容时,要结合自己的错题笔记,融会贯通,切勿死记硬背。

愿我们的劳动能帮助您跳出题海,享受思维探究的乐趣,体验学习成功的喜悦!

本书编写组



目 录

第一章 电 场	(1)
第一节 库仑定律、电场强度、电势	(1)
第二节 电容 电容器	(17)
第三节 带电粒子在电场中的运动	(22)
第二章 恒定电流	(35)
第一节 电路的分析与计算 电功	(35)
第二节 电阻测量与电表问题分析	(51)
第三章 磁 场	(68)
第一节 磁感应强度 安培力	(68)
第二节 洛伦兹力、带电粒子在磁场中的运动	(78)
第四章 电磁感应	(90)
第一节 电磁感应产生条件、感应电动势分析	(90)
第二节 楞次定律、自感	(100)
第五章 交变电流	(109)
第一节 交变电流 电感电容	(109)
第二节 变压器、电能的输送	(118)
第六章 电磁场和电磁波	(126)
第七章 光 学	(134)
第一节 光的传播	(134)
第二节 光的干涉 衍射	(146)
第八章 热 学	(156)
第九章 量子论初步 相对论简介	(171)
第十章 原子和原子核	(180)
答案与解析	(190)

第一章 电 场

第一节

库仑定律、电场强度、电势

知识疑难解读

场强 E 与电场力 F 比较列表

(河北 刘黄河)

物理量比较	电场强度 E	电场力 F
物理定义	反映电场强弱,是描述电场中力的属性的物理量	反映电荷受电场力的大小与方向
定义	放入电场中某点的电荷所受的电场力 F 跟它的电荷量 q 的比值 $E = \frac{F}{q}$	电荷在电场中受到的力
决定因素	只决定于电场本身,与有无试探电荷无关	由电场和置于电场中的电荷共同决定
方向	规定正电荷在电场中某点的受力方向为该点的场强方向.在电场中的确定点场强方向是一定的	正电荷所受电场力方向与场强方向相同;负电荷所受电场力方向与场强方向相反.电场力方向由场强方向和电荷电性共同决定
联系	$F = Eq$	

电势与电场强度比较列表

(湖北 刘涛)

电场强度和电势都是描述电场的物理量,二者在数值上没有必然关系,即场强大的地方电势不一定大(例如:负点电荷形成的电场);场强为零的地方电势不一定为零(如处于静电平衡时的导体内部);场强相同的地方电势不一定相同(如匀强电场中沿电场线上各点);电势相

同的地方场强不一定相同(如非匀强电场中同一等势面上各点).它们的区别如下表:

(1) 电场强度与电势

	电场强度 E	电势 φ
物理意义	反映电场力的性质	反映电场能的性质
定义	检验电荷在电场中某点所受电场力与其电量之比, $E = \frac{F}{q}$, 在数值上等于单位正电荷所受的电场力	将检验电荷由电场中某点移到参考点过程中电场力所做的功与其电量之比, $\varphi = \frac{W}{q}$, 在数值上等于单位正电荷所具有的电势能
标矢性	矢量,不具有相对性	标量,具有相对性
正负性	正、负表示方向,并不表示大小,叠加时遵从矢量运算	电势的正负有大小的含义,叠加时遵从代数运算
单位	N/C 或 V/m	V
关系	电场强度的方向就是电势降低最快的方向	

(2) 电势与电势能

	电势	电势能
物理意义	反映电场能的性质的物理量	电荷在电场中某点具有的电势能
决定因素	电场中某一点电势的大小,与电场本身以及零电势点的选取有关,跟检验电荷 q 无关	电势能的大小由电荷 q 和电场共同决定
增量	电势差是电场中两点间的电势之差, $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$, 选定参考点后,某点与参考点的电势差转化为该点的电势	电势能差 $\Delta\varepsilon = \varepsilon_B - \varepsilon_A$, $\Delta\varepsilon = -W$, 令 $\varphi_A = 0$, 则 $\varepsilon_B = \Delta\varepsilon$
正负区分	电势沿电场线下降,取定零电势点后,某点的电势高于零为正值,低于零为负值	正点电荷的电势能与电势的正负相同,负点电荷的电势能与电势的正负相反

	电势	电势能
单位	伏(V)	焦耳(J)
关系	$\varepsilon = q\varphi, W = -\Delta\varepsilon = qU$	

两等电量点电荷激发电场的变化规律

(广西 李烨燃)

1. 两等量点电荷为异种电荷

(1) 两等量异种点电荷连线上合场强变化情况

如图 1-1 所示, 设点电荷 A、B 电量均为 Q, 在 A、B 连线上任取一点 P, 设其距 A、B 分别为 r_1 、 r_2 , 令 $\overline{AB} = L$, 则 P 点合场强为:

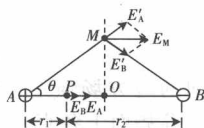


图 1-1

$$E_P = E_A + E_B = \frac{kQ}{r_1^2} + \frac{kQ}{r_2^2} = kQ \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \right) = kQ \frac{(r_1 + r_2)^2 - 2r_1 r_2}{(r_1 r_2)^2}$$

由数学知识易知当 $r_1 = r_2$ 时乘积 $r_1 r_2$ 最大, 此时 E_P 最小且 $E_P = E_0 = 8 \frac{kQ}{L^2}$ (P、O 两点重合), 可见两等量异种电荷连线上电场变化情况是: 两端强, 中间弱 (最小值为 $E_{\min} = 8 \frac{kQ}{L^2}$). 这与由图 1-2 所示的电场线 (图中带箭头部分) 疏密情况做出判断的结果一致.

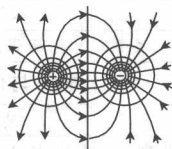


图 1-2

(2) 两等量异种点电荷连线的中垂线上合场强变化情况

如图 1-1 所示在中垂线上任取一点 M, 设 MA 与 OA 夹角为 θ , 则: $\overline{AM} = \frac{L}{2 \cos \theta}, E'_A = E'_B = \frac{kQ}{\left(\frac{L}{2 \cos \theta}\right)^2} = \frac{4kQ \cos^2 \theta}{L^2}$, 方向如

图 1-1 所示, 由菱形性质易知 $\frac{E_M}{2} = E'_A \cos \theta$, 即

$$E_M = \frac{4kQ \cos^2 \theta}{L^2} \cdot 2 \cos \theta = 8 \frac{kQ}{L^2} \cos^3 \theta$$

当 M 点从 O 点沿中垂线向无穷远移动时, 角逐渐增大, 且 $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$, 则 $\cos^3 \theta$ 逐渐减小. 可见中垂线上的场强变化情况是: 由 O 点向外逐渐减弱, 直到无穷远趋向于零 (此时 θ 趋

于 90°).

2. 两等量点电荷为同种电荷 (以两正电荷为例)

(1) 两等量同种点电荷连线上合场强变化情况

如图 1-3, 各字母含义

与图 1-1 类同, 但由于 E_A 、 E_B 方向相反, 故有:

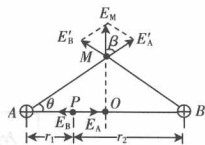


图 1-3

$$E_P = E_A - E_B = \frac{kQ}{r_1^2} - \frac{kQ}{r_2^2} = kQ \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2} \right) = kQ \frac{(r_2 + r_1)(r_2 - r_1)}{(r_1 r_2)^2}$$

显然当 $r_1 = r_2$, 即 P 移到 O 点时, $E_P = E_0 = 0$. 故连线上电场变化情况为: 两端强, 中间弱 (最小值为零), 由图 1-4 中电场线 (图中带箭头部分) 分布也可得出此结论.

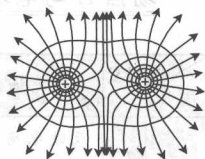


图 1-4

(2) 两等量同种点电荷连线的中垂线上合场强变化情况

同理, 在中垂线上任取一点 M, 如图 1-3 所示, 则 $E'_A = E'_B = \frac{4kQ \cos^2 \theta}{L^2}$, 由菱形性质易知,

$$\frac{E_M}{2} = E'_A \cos \theta = E'_A \cdot \cos(90^\circ - \theta) = E'_A \sin \theta, \text{ 故有}$$

$$E_M = 2E'_A \sin \theta = 8 \frac{kQ}{L^2} \cdot \cos^2 \theta \cdot \sin \theta$$

令 $y = \cos^2 \theta \cdot \sin \theta$, 则 $y^2 = \cos^4 \theta \cdot \sin^2 \theta = \frac{1}{2} \times 2 \sin^2 \theta \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos^2 \theta$. 由数学知识知 $y =$

$$\cos^2 \theta \cdot \sin \theta \leq \frac{2\sqrt{3}}{9}, \text{ 即 } E_M \leq \frac{16\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{kQ}{L^2}, \text{ 而当}$$

$$2 \sin^2 \theta = \cos^2 \theta \text{ 即 } \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ 时 } E_M \text{ 取最大}$$

值. 由上可知中垂线上的场强变化情况是: 由 O 点等于零向外逐渐增大到 $\frac{16\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{kQ}{L^2}$ (此时 $\theta = \arctan$

$\frac{\sqrt{2}}{2}$), 然后又逐渐减小直到无穷远趋向于零.

匀强电场中的电势及电势差

(重庆 张开华)

1. 匀强电场中同一直线上任意线段两端点间的电势差与这两点间的距离成正比。

如图 1-5 所示的匀强电场中, 某直线上的两线段 MN 和 PQ, 它们两端点间的电势差与其距离的关系为

$$\frac{U_{MN}}{U_{PQ}} = \frac{s_{MN}}{s_{PQ}} \text{ 或 } \frac{\varphi_M - \varphi_N}{\varphi_P - \varphi_Q} = \frac{s_{MN}}{s_{PQ}}$$

图 1-5

证明: 如图 1-5 所示的匀强电场中, 设该任意直线与场强方向成 θ 角。

由匀强电场中电势差与场强关系可知:

$$\text{线段 } MN \text{ 两端点间电势差 } U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N = E \cdot s_{MN} \cdot \cos\theta$$

$$\text{线段 } PQ \text{ 两端点间电势差 } U_{PQ} = \varphi_P - \varphi_Q = E \cdot s_{PQ} \cdot \cos\theta$$

$$\text{两式相除得 } \frac{U_{MN}}{U_{PQ}} = \frac{s_{MN}}{s_{PQ}} \text{ 或 } \frac{\varphi_M - \varphi_N}{\varphi_P - \varphi_Q} = \frac{s_{MN}}{s_{PQ}}$$

由此, 可得出以下推论:

推论 1: 匀强电场中任意线段的中点电势等于该线段两端点电势和的一半。

如图 1-6 所示, O 为匀强电场中的任一线段 MN 的中点, 则 M、N、O 三点间电势关系为 $\varphi_O = \frac{\varphi_M + \varphi_N}{2}$ 。

图 1-6

推论 2: 匀强电场中任意三角形重心的电势等于该三角形各顶点电势代数和的三分之一。

如图 1-7 所示, O 为匀强电场中的任意三角形 ABC 的重心, 则 A、B、C、O 之间的电势

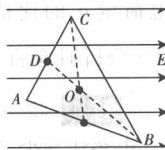


图 1-7

$$\text{关系为 } \varphi_O = \frac{\varphi_A + \varphi_B + \varphi_C}{3}$$

证明: D 是 AC 的中点, 由推论 1 得: $\varphi_D =$

$$\frac{\varphi_A + \varphi_C}{2}. \text{ O 为重心, } s_{DO} = \frac{1}{3}s_{DB}, \text{ 由规律 1 得:}$$

$$\frac{\varphi_D - \varphi_O}{\varphi_D - \varphi_B} = \frac{s_{DO}}{s_{DB}} = \frac{1}{3}$$

将 $\varphi_D = \frac{\varphi_A + \varphi_C}{2}$ 代入上式, 即得:

$$\varphi_O = \frac{\varphi_A + \varphi_B + \varphi_C}{3}$$

2. 匀强电场中任意两条平行直线上两点间的电势差与这两点间的距离成正比。

如图 1-8 所示, M、N、P、Q 分别是匀强电场中的两平行直线上的四个点, 则 $\frac{U_{MN}}{U_{PQ}} = \frac{s_{MN}}{s_{PQ}}$ 或 $\frac{\varphi_M - \varphi_N}{\varphi_P - \varphi_Q} = \frac{s_{MN}}{s_{PQ}}$ 。

图 1-8

证明: 略(证明方法同 1)

由此可得到三个推论:

推论 1: 匀强电场中任意两条平行直线上距离相等的两点间的电势差相等。

如图 1-9 所示, A、B、P、Q 分别是匀强电场中的两条平行直线上的四个点, 且线段长 $s_{AB} = s_{PQ}$, 则 $U_{AB} = U_{PQ}$ 即 $\varphi_A - \varphi_B = \varphi_P - \varphi_Q$ 。

图 1-9

推论 2: 匀强电场中平行四边形的对边两端点间的电势差相等。

如图 1-10 所示, 在平行四边形 ABCD 中, 各点间电势关系有 $U_{AB} = U_{DC}$ 即 $\varphi_A - \varphi_B = \varphi_D - \varphi_C$, 或 $U_{BC} = U_{AD}$ 即 $\varphi_B - \varphi_C = \varphi_A - \varphi_D$ 。

图 1-10

推论 3: 匀强电场中任意一个平行四边形对角线上的两端点电势之和相等。

如图 1-11 所示:

$$\varphi_A + \varphi_C = \varphi_B + \varphi_D$$

图 1-11

思维规律解读

例说与库仑定律有关的综合问题

(浙江 王孟宁)

1. 库仑定律与受力平衡相结合的综合问题

例 1 如图 1-12 所示, 一个半径为 R 的绝缘球壳上, 均匀地带有电量为 +Q 的电荷; 另一个电量为 +q 的点电荷放在球心 O 上, 由于对称性, 点电荷受力为

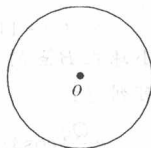


图 1-12

零.若从球壳上挖去半径为 $r(r \ll R)$ 的小圆孔,则此时置于圆心的点电荷所受力的大小为 _____ (已知静电力恒量为 k), 方向 _____.

【解析】在 $R \gg r$ 的条件下,挖去的那个小孔可以看成是一个半径为 r 的圆平面,其所带电荷亦可看成是点电荷,则其带电量为 $\Delta Q = \frac{\pi r^2 Q}{4\pi R^2} = \frac{r^2 Q}{4R^2}$.

由于在未挖去小孔前点电荷 $+q$ 受力平衡, ΔQ 对 $+q$ 的作用力与球壳上其余部分对 $+q$ 的作用力等大反向. 所以球壳上其余部分电荷对 $+q$ 的作用力为: $F = k \frac{\Delta Q q}{R^2} = k \frac{Q q r^2}{4R^4}$. 方向由 O 点指向圆孔中心.

2. 库仑定律与牛顿定律相结合的综合问题

例 2 如图 1-13 所示,光滑绝缘细杆竖直放置. 细杆右侧距杆 0.3 m 处有一固定的点电荷 Q , A 、 B 是细杆上两点. 点 A 、点 B 与 Q 的连线与杆的夹角均为 $\alpha = 37^\circ$. 一中间有小孔的带电小球穿在绝缘细杆上滑下,通过 A 点时加速度为零,速度为 3 m/s ,取 $g = 10 \text{ m/s}^2$,求小球下落到 B 点时的加速度和速度的大小.

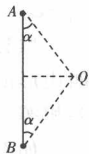


图 1-13

【解析】小球在 A 点时受力平衡,因小球的重力竖直向下,杆对小球的弹力只能在水平方向,则小球受的库仑力必须是斜向上,小球只能带与点电荷 Q 同种的电荷,小球的受力分析如图 1-14a) 所示,由图可列得:

$$k \frac{Qq}{r^2} \cos 37^\circ = mg \quad (1)$$

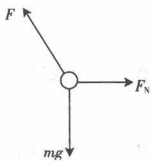


图 1-14a)

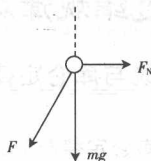


图 1-14b)

小球在 B 点的受力分析如图 1-14b) 所示,由图可列得:

$$k \frac{Qq}{r^2} \cos 37^\circ + mg = ma \quad (2)$$

由(1)、(2)解得:

$$a = 2g = 20 \text{ m/s}^2$$

小球在 A 、 B 两点电场具有对称性,电场力不做功. 则由能量守恒得: $mg \times 2d \cot 37^\circ + \frac{mv_A^2}{2} =$

$$\frac{mv_B^2}{2}$$

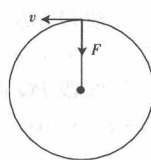
代入数据解得: $v_B = 5 \text{ m/s}$.

3. 库仑定律与圆周运动的知识相结合

例 3 电子质量 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 电子电量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, 已知氢原子的核外电子绕核运动的圆轨道半径 $r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$. 问:

- (1) 电子所受的向心力等于多少?
- (2) 电子绕核运动的周期等于多少?

【解析】(1) 如图 1-15 所示,电子所受的向心力,即质子对电子的静电力. 根据库仑定律,其大小为: $F = k \frac{e^2}{r^2} = 9.0 \times$



$$10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 8.2 \times 10^{-8} \text{ N.}$$

图 1-15

(2) 由库仑力作为向心力得: $F = mr \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$

$$\text{解得: } T = 2\pi \sqrt{\frac{mr}{F}} = 1.5 \times 10^{-16} \text{ s.}$$

例析电势高低的判断 (河北 石晓兵)

1. 根据电势的定义判断

在电场中某一点处电荷的电势能 ϵ 跟它的电荷量 q 的比值,叫做这一点的电势,即 $\varphi = \frac{\epsilon}{q}$. 分析时应将 ϵ 、 q 带符号代入 $\varphi = \frac{\epsilon}{q}$ 中计算.

例 4 将一正电荷从无限远处移入电场中 M 点,电势能减少了 $8.0 \times 10^{-9} \text{ J}$,若将另一等量的负电荷从无限远处移入电场中的 N 点,电势能增加了 $9.8 \times 10^{-9} \text{ J}$,则下列判断正确的是 ()

- $\varphi_M < \varphi_N < 0$
- $\varphi_N > \varphi_M > 0$
- $\varphi_N < \varphi_M < 0$
- $\varphi_M > \varphi_N > 0$

【解析】取无穷远处电势为 0,则正电荷在 M 点的电势能为 $-8.0 \times 10^{-9} \text{ J}$,负电荷在 N 点的电势能为 $9.8 \times 10^{-9} \text{ J}$. 由 $\varphi = \frac{\epsilon}{q}$, M 、 N 点的电势 $\varphi_M < 0$, $\varphi_N < 0$,且 $|\varphi_N| > |\varphi_M|$ 即 $\varphi_N < \varphi_M < 0$,故 C 正确.

2. 根据电势差的定义判断

电势差 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$. 若 $U_{AB} > 0$, 则 $\varphi_A > \varphi_B$; 若 $U_{AB} < 0$, 则 $\varphi_A < \varphi_B$; 若 $U_{AB} = 0$, 则 $\varphi_A = \varphi_B$.

例 5 在电场中, A、B 两点间电势差为 $U_{AB} = 75 \text{ V}$, B、C 两点间电势差 $U_{BC} = -200 \text{ V}$, 则 A、B、C 三点的电势高低关系为 ()

- A. $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$ B. $\varphi_A > \varphi_C > \varphi_B$
C. $\varphi_C > \varphi_A > \varphi_B$ D. $\varphi_C > \varphi_B > \varphi_A$

【解析】 因为 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 75 \text{ V} > 0$,

所以 $\varphi_A > \varphi_B$.

因为 $U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = -200 \text{ V} < 0$, 所以 $\varphi_B < \varphi_C$.

又 $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 75 \text{ V} + (-200) \text{ V} = -125 \text{ V} < 0$, 所以 $\varphi_A < \varphi_C$.

则 $\varphi_C > \varphi_A > \varphi_B$, 故选项 C 正确.

点评: 计算时应注意将表示电势、电势差相对大小的正负号代入公式.

3. 根据电场线的方向与电势升降关系判断

电场线由高等势面指向低等势面, 或沿电场线方向电势越来越低.

例 6 如图 1-16 所示, 电子在一条电场线上从 a 点运动到 b 点, 电势能增加, 试判断 a、b 两点的电势高低.

【解析】 由于电势能的增加, 电场力一定做负功, 即电场力方向和电荷运动方向相反, 从 b 指向 a, 而负电荷受到电场力的方向和场强方向相反, 场强方向应是由 a 指向 b, 因此电场线的方向是从 a 指向 b, 而顺着电场线的方向电势越来越低, 所以可以判定 a 点的电势比 b 点的电势高.

4. 根据电场力做功与电势能变化关系判断

电场力做的功与电势能的关系 $W_{AB} = \varepsilon_A - \varepsilon_B$, 而 $\varphi = \frac{\varepsilon}{q}$, 据具体题目综合分析比较.

例 7 如图 1-17 所示, 在真空中有两个等量的正电荷 q_A, q_B , 其连线的垂直平分线 PQ 上有 a、b 两点, 哪点的电势高?

【解析】 设想将一试探电荷 $+q$ 从 a 点沿 PQ 移至 b 点, 移动

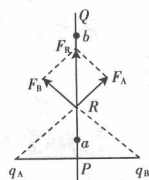


图 1-17

过程中受到 q_A, q_B 对它的作用力 F_A, F_B . R 是 PQ 上任意一点. $F_A = F_B$. 由几何知识可知, F_A, F_B 的合力 F_R 与位移夹角为零, 如图 1-17, 故将 $+q$ 沿 PQ 从 a 到 b 的过程中电场力做正功, 则 $W_{ab} = \varepsilon_a - \varepsilon_b > 0, \varepsilon_a > \varepsilon_b$, 又根据电势定义可知, $\frac{\varepsilon_a}{q} > \frac{\varepsilon_b}{q}$, 故 $\varphi_a > \varphi_b$.

由静电力做功的特点可知, 将 $+q$ 沿任一路径从 a 点移到 b 点, 电场力均做正功, 因而总有 $\varphi_a > \varphi_b$, a 点电势比 b 点电势高.

轨迹、电场线、等势面问题题型综述

(河南 马栋梁)

1. 考查带电粒子运动轨迹与电场线关系

例 8 下列关于带电粒子在电场中的运动轨迹与电场线的关系的说法正确的是 ()

- A. 带电粒子在电场中运动, 如只受电场力作用, 其加速度方向一定与电场线方向相同
B. 带电粒子在电场中运动轨迹一定与电场线重合
C. 带电粒子只受电场力作用, 由静止开始运动, 其运动轨迹一定与电场线重合
D. 带电粒子在电场中的运动轨迹可能与电场线重合

【解析】 加速度方向与电场线方向相同还是相反, 取决于粒子的电性, 因此 A 错; 只有在特殊情况下: (1) 电场线是直线; (2) 带电粒子的初速度为零或初速度方向沿电场线方向; (3) 带电粒子只受电场力作用, 只有此三条同时满足时粒子的运动轨迹才与电场线重合, 故选 D.

2. 给定空间电场线分布与粒子在其间的运动轨迹, 判断粒子在运动过程中的能量转化情况

例 9 一带电油滴在匀强电场 E 中的运动轨迹如图 1-18 中虚线所示, 电场方向竖直向下. 若不计空气阻力, 则此带电油滴从 a 运动到 b 的过程中, 能量变化情况为 ()

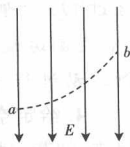


图 1-18

- A. 动能减小
B. 电势能增加
C. 动能和电势能之和减少
D. 重力势能和电势能之和增加

【解析】 从运动轨迹可判断带电粒子受到的电场力, 竖直向上, 由 a 运动到 b , 电场力做正功, 电势能减少, 动能增加, 重力势能也增加, 电势能和动能之和是减少的, 减少的能量转化为重力势能. 故选 C.

3. 给定空间等势面分布情况, 判断空间不同点场强强弱和方向

例 10 静电透镜是利用静电场使电子束会聚或发散的一种装置, 其中某部分静电场的分布如图 1-19 所示. 虚线表示这个静电场在 xOy 平面内的一簇等势线, 等势线形状关于 x 轴、 y 轴对称. 等势线的电势沿 x 轴正方向增加, 且相邻两等势线的电势差相等. 一个电子经过 P 点(其横坐标为 $-x_0$) 时, 速度与 Ox 轴平行. 适当控制实验条件, 使该电子通过电场区域时仅在 Ox 轴上方运动. 在通过电场区域的过程中, 该电子沿 y 方向的分速度 v_y 随位置坐标 x 变化的示意图是 ()

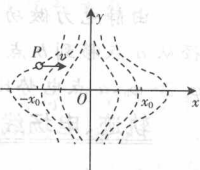


图 1-19

图 1-19 展示了在 xOy 平面内的一簇等势线。虚线表示这个静电场在 xOy 平面内的一簇等势线, 等势线形状关于 x 轴、 y 轴对称. 等势线的电势沿 x 轴正方向增加, 且相邻两等势线的电势差相等. 一个电子经过 P 点(其横坐标为 $-x_0$) 时, 速度与 Ox 轴平行. 适当控制实验条件, 使该电子通过电场区域时仅在 Ox 轴上方运动. 在通过电场区域的过程中, 该电子沿 y 方向的分速度 v_y 随位置坐标 x 变化的示意图是 ()

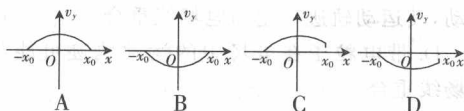


图 1-20

【解析】 根据电场线与等势线相互垂直, 且由电势较高的等势线指向电势较低的等势线, 作出相应的电场线分布. 由电场线分布可知电子在水平方向做加速运动, 在竖直方向先做加速, 后做减速运动, 在水平方向上, 左侧位移 x_0 对应的平均速度小于右侧的, 因此, 自 P 点到经过 Oy 右侧横坐标为 x_0 的某点的过程中. 在 Oy 左侧运动时间较长, 故竖直方向的速度在右侧运动过程中没有减为零, 故选 D.

4. 给定空间等势面分布与粒子在其间的运动轨迹, 判断电场力对粒子做功情况、粒子电性等

例 11 如图 1-21 所示, Q 是一固定的点电荷, 另一点电荷 P 从很远处以初速度 v_0 射入点电荷 Q 的电场, 在电场力作用下的运

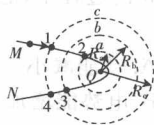


图 1-21

动轨迹是曲线 MN , a, b, c 是以 Q 为中点, 以 R_a, R_b, R_c 为半径画出的三个圆, $R_c - R_b = R_b - R_a$. 1、2、3、4 为轨迹 MN 与三个圆的一些交点. 以 $|W_{12}|$ 表示点电荷 P 由 1 到 2 的过程中电场力做的功的大小, $|W_{34}|$ 表示由 3 到 4 的过程中电场力做功的大小, 则 ()

A. $|W_{12}| = 2|W_{34}|$

B. $|W_{12}| > 2|W_{34}|$

C. P, Q 两电荷可能同号, 也可能异号

D. P 的初速度方向的延长线与 Q 之间的距离可能为零

【解析】 由轨迹可知, 点电荷受力应指向轨迹弯曲的内侧, 故 P, Q 电荷间应是引力, C、D 错误; 由电场线与等势面间关系可作出电场线, 从电场线的疏密知离 Q 越近场强越强, 且 $R_c - R_b = R_b - R_a$, 则 $U_{12} > 2U_{34}$, 由 $W = qU$ 可判断 $|W_{12}| > 2|W_{34}|$, 故选 B.

5. 给定空间电场线分布情况, 判断空间不同点场强强弱和电势高低

例 12 如图 1-22 所示, 带箭头的线段表示某一电场, 在电场力作用下一带电粒子(不计重力) 经过 A 点飞向 B 点, 径迹如图中虚线所示, 试判断: (1) 粒子带

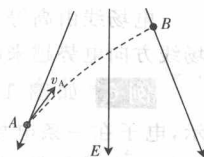


图 1-22

电. (2) 粒子在 _____ 点加速度最大. (3) A, B 两点比较电势较高的点是 _____.

【解析】 由电场线方向可知 A 点场强方向, 由轨迹知粒子受力方向应与 E 方向一致, 粒子应带正电. 由 B 处电场线较密, 知 B 点场强较大, B 点电场力较大, 且电荷在 B 点受力方向跟该处的场强方向相同, 则粒子在 B 点加速度较大. 过 A 点和 B 点分别作出等势面, 由电场线性质可知 B 点电势较高即 $\varphi_B > \varphi_A$.

【答案】 正, B, B

用整体法解答电场中带电体的综合问题

(河南 刘晓光)

1. 用整体法解答平衡问题

例 13 如图 1-23 所示, 两个带同种电荷的小球, 质量和电量分别为 m_1, q_1 和 m_2, q_2 , 用两段绝缘细线悬挂在天花板上的 O 点, 当平衡

时连线水平,且与竖直线的夹角分别为 α 和 β , $\alpha < \beta$,则下列说法正确的是 ()

- A. 若 $q_1 > q_2$, 则 $m_1 > m_2$
 B. 若 $q_1 > q_2$, 则 $m_1 < m_2$
 C. 因 $\alpha < \beta$, 所以 $m_1 < m_2$
 D. 因 $\alpha < \beta$, 所以 $m_1 > m_2$

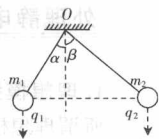


图 1-23

【解析】 此题若用隔离法由共点力平衡解答较为复杂. 若用整体法根据力矩平衡解答, 非常快捷. 以 O 点为转轴, 因两绳的拉力均对 O 点力矩为零, 而两个带电小球间的库仑力为内力, 则产生力矩的外力只有两球的重力 (如图中虚线箭头所示). 设 O 点到两球连线间的距离为 r , 由力矩平衡条件得: $m_1 g r \tan \alpha = m_2 g r \tan \beta$, 即 $m_1 \tan \alpha = m_2 \tan \beta$.

由此式可知, 两个小球所带电量的多少与质量无关, 则选项 A、B 错误; 与竖直方向夹角的正切值与质量成反比, 则选项 C 错; 所以选项 D 正确.

2. 整体法应用牛顿第二定律

例 14 光滑绝缘的水平面上固定着三个带电小球 A、B、C, 它们的质量均为 m , 间隔均为 r , A、B 带等量正电荷 q , 现对 C 球施一水平恒力 F 的同时, 将三个小球都放开, 如图 1-24 所示, 欲使三个小球在运动过程中保持距离 r 不变, 求:

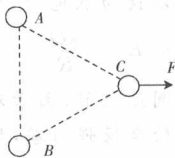


图 1-24

- (1) C 球的电性和电量 q_c ;
 (2) 恒力 F 及小球的加速度 a 的大小.

【解析】 欲使三个小球在运动过程中保持距离 r 不变, 即三个小球以共同的加速度 a 运动. 以 A、B、C 系统为研究对象, 由牛顿第二定律得: $F = 3ma$.

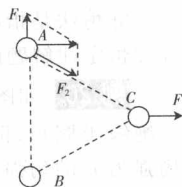


图 1-25

再以 A 为研究对象, 受力如图 1-25 所示才符合题意, 则 C 球带负电; 由库仑定律、力的分解、平衡条件、牛顿第二定律得:

$$F_1 = \frac{kq^2}{r^2}, F_2 = \frac{kqq_c}{r^2}, F_1 = F_2 \cos 60^\circ,$$

$$F_2 \sin 60^\circ = ma \text{ 五式联立得: } q_c = 2q, a = \frac{\sqrt{3}kq^2}{mr^2}.$$

例 15 如图 1-26 所示, 在光滑绝缘水平面上, 排成一直线固定三个等质量的带电小球 (均可视为质点) A、B、C. 若只释放 A 球的瞬间, A 球的加速度大小为 1 m/s^2 , 方向向左; 若只释放 C 球的瞬时, C 球的加速度大小为 2 m/s^2 , 方向向右; 则只释放 B 球的瞬时, B 球的加速度大小为 _____ m/s^2 , 方向 _____.

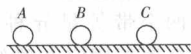


图 1-26

【解析】 本题若用隔离法分析, 除用牛顿第二、第三定律外, 还需假设三个球的带电种类进行讨论, 较为复杂. 但整体法应用牛顿第二定律, 可化繁为简, 快速解题. 若同时释放三个球, 整体受到的合外力为零, 并设三个球的质量均为 m , 加速度方向向右为正, 由 $F_{\text{合}} = m_1 a_1 + m_2 a_2 + m_3 a_3$ 得, $m \times (-1) + m a_2 + m \times 2 = 0$, 得 $a_2 = -1 \text{ m/s}^2$, 则加速度大小为 1 m/s^2 , 方向向左.

点评: 此类题目除综合考查库仑定律和牛顿定律等知识外, 还注重对整体法和隔离法分析方法进行考查, 特别是用整体法解答更为快捷.

3. 整体法应用动量、能量守恒定律

例 16 在光滑绝缘水平面上, 相距为 L 的两个带电小球 A、B 由静止释放 (如图 1-27 所示). 开始时 A、B 的加速度分别为 a 和 $\frac{a}{4}$, 经一段时间后 A 球的速度大小为 v , 加速度为 $\frac{a}{4}$, 则这时 B 球的速度大小 $v_1 =$ _____, 两球间的距离 $L_1 =$ _____; 若 A 球的质量为 m_A , 这一过程中两球的电势能减少 $\Delta E_p =$ _____.

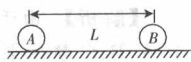


图 1-27

【解析】 由库仑定律和牛顿定律不难解得:

$$B \text{ 球的质量 } m_B = 4m_A, L_1 = 2L$$

$$\text{由动量守恒定律得: } m_A v + m_B v_1 = 0 \text{ 即 } v_1 =$$

$$-\frac{m_A}{m_B} v = -\frac{v}{4}$$

由能量守恒定律得:

$$\Delta E_p = \frac{1}{2} m_A v^2 + \frac{1}{2} m_B v_1^2 = \frac{5}{8} m_A v^2$$

例 17 如图 1-28 所示, 两个带等量异种电荷的竖直金属板固定在绝缘木板上, 其总质量为 M , 置于光滑水平面上. 一质量为 m 、带电量为 q 的正点电荷, 从右板小孔(图中未画出) 以速度 v_0 射入板间, 设点电荷不能打到左板上且重力不计, 求点电荷距左板最近时木板的速度 v .

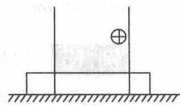


图 1-28

【解析】 点电荷射入板间后, 通过电场力与竖直金属板发生相互作用, 因系统所受合外力为零, 遵守动量守恒定律. 而当点电荷距左板最近时系统具有共同速度, 则有: $mv_0 = (m + M)v$, 故 $v = \frac{mv_0}{m + M}$

点评: 在解答涉及力学的三大解题思路的问题时, 一般应首选动量、能量的观点, 且以守恒为佳. 此类题常综合考查库仑定律、牛顿定律、动量守恒定律及能量守恒定律等.

4. 整体法应用电荷守恒定律

例 18 三个完全一样的金属小球 A、B、C, 带电量分别为 $7q$ 、 $-q$ 、 0 , 将 A、B 用绝缘支架固定起来, 然后让 C 球反复与 A、B 球接触, 最后移走 C 球. 试问 A、B 间的库仑力变为原来的多少倍?

【解析】 由于 C 球反复与 A、B 球接触, 对于 A、B、C 整体来说, 遵守电荷守恒定律. 则最后三球各带电量为 $Q = \frac{7q - q}{3} = 2q$; 设 A、B 球间的距离为 r , 由库仑定律知, 这时库仑力大小为 $F_2 = \frac{4kq^2}{r^2}$

而原来的库仑力大小为 $F_1 = \frac{7kq^2}{r^2}$,

故 $F_2 = \frac{4}{7} F_1$

点评: 此题综合考查了“接触法带电”的特点, 电荷守恒定律及库仑定律.

处理静电场问题的四个方法

(河北 吴社英)

1. 理想模型法

所谓理想模型法, 是指根据具体情况把实际的物理情景、带电体等理想化处理的方法. 如质点、点电荷、理想气体、匀强电场等均为理想化的物理模型, 实际中并不存在, 做理想化处理后, 往往会使物理问题明朗化、简洁化, 易于求解.

例 19 一半径为 R 的绝缘圆环上均匀带有电荷量为 $+Q$ 的电荷, 另一电荷量为 $+q$ 的点电荷放在圆心 O 处, 现在环上 A 处挖去长为 l ($l \ll R$) 的一段圆弧, 如图 1-29 所示, 则此时置于球心的点电荷所受力 F 的大小为多少? 方向如何? (已知静电力常量为 k)

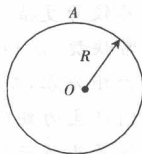


图 1-29

【解析】 由于圆环带电均匀, 故圆环单位长度所带的电荷量 $\sigma = \frac{Q}{2\pi R}$, 则挖去的圆弧所带的电量 $Q' = \frac{l}{2\pi R} Q$, 由于圆弧的弧长 $l \ll R$, 可以视为点电荷, 该点电荷在圆心 O 处的场强大小 $E' = \frac{kQ'}{R^2} = \frac{klQ}{2\pi R^3}$, 方向由 A 指向 O . 截去小圆弧之前, 由于对称性, 点电荷受力为零, 圆心处合场强为零, 故剩余部分在圆心处的场强 E 与 E' 大小相等、方向相反.

所以, 放在球心的点电荷所受力的大小 $F = Eq = E'q = \frac{klqQ}{2\pi R^3}$, 方向由 O 指向 A .

2. 守恒法

守恒法是指应用电荷守恒定律、能量转化和守恒定律解题的一种方法.

例 20 如图 1-30 所示, 一绝缘半圆形环竖直固定在场强为 E 的匀强电场中, 场强方向竖直向下, 在环的上端边缘 P 处有一质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的小球由静止开始向下运动, 求小球经过圆环底端时受到的弹力. (摩擦力不计)

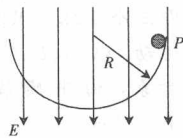


图 1-30

【解析】 带电小球向下运动过程中, 重力

和电场力做正功,弹力不做功,重力势能和电势能减少,小球的动能增加,总能量不变.

$$\text{重力势能和电势能减少量之和 } \Delta E_p + \Delta \epsilon = (mg + Eq)R$$

$$\text{动能的增加量 } \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{在最低点: } N - mg - Eq = \frac{mv^2}{R}$$

$$\text{解得: } N = 3(mg + Eq).$$

3. 类比法

类比法是指把带电粒子在电场中或复合场中的运动与质点在重力场中的运动相类比,找出它们之间存在的共同规律,从而简化解题思路的一种方法.如类平抛、类竖直上抛、类单摆、类简谐振动等.

例 21 质量为 m 、带电量为 $-q$ 的小球用长为 L 的细线固定在如图 1-31 所示的匀强电场中保持静止,匀强电场的场强为 E ,方向竖直向下.现用一绝缘棒给小球一个水平冲量,使之转过极小角度(小于 5°),求小球由最大偏离位置再次回到原位置时所经历的时间.

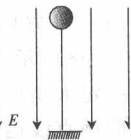


图 1-31

【解析】 由题意可知,带电小球在复合场中做类单摆运动,其平衡位置在速度最大处,如图 1-32 所示,小球由最大偏离位置再次回到原位置时所经历的时间 $t = \frac{1}{4}T$, T 为单摆的振动周期.与重力场中的单摆相类比,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{a}}, \text{ 而加速度 } a = \frac{Eq - mg}{m}$$

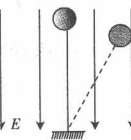


图 1-32

$a = \frac{mg - Eq}{m}$, 则小球由最大偏离位置再次回到原位置时所经历的时间 $t =$

$$\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mL}{Eq - mg}}.$$

4. 平衡法求感应电荷的场强

处于静电平衡的导体,内部场强处处为零,即场源电荷在导体内某一点产生的场强与感应电荷在这一点产生的场强大小相等、方向相反,合场强为零.我们可以通过先假设

在导体内部放一个试探电荷,求出场源电荷在该处的场强的大小和方向,再根据试探电荷受力平衡,从而确定感应电荷的场强的大小和方向.

例 22 如图 1-33

所示,接地金属球壳的半径为 R ,球心 O 到球外距离为 r 的 A 处放一电量为 $+Q$ 的点电荷,则球壳上的感应电荷在球心处的场强为多少.

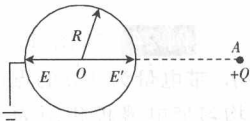


图 1-33

【解析】 金属球壳在外电场的作用下,达到静电平衡状态后,内部场强处处为零,假设在 O 点放一个试探电荷,则试探电荷所受合力为零而处于平衡状态.

$$\text{场源电荷在 } O \text{ 点的场强 } E = \frac{kQ}{r^2}, \text{ 方向由 } A$$

指向 O ,

对 O 点处的试探电荷, $Eq = E'q$ (E' 为感应电荷在 O 点处的场强)

$$\text{故: } E' = E = \frac{kQ}{r^2}, \text{ 方向由 } O \text{ 指向 } A.$$

诠释电场强度求解的基本方法

(河北 裴成明)

1. 利用平衡状态求解电场强度

例 23 如图 1-34 所示,一个质量为 30 g 带电量 $-1.7 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的半径极小的小球用丝线悬挂在某匀强电场中,电场线与水平面平行.当小球静止时,测得悬线与竖直夹角为 30° ,由此可知匀强电场方向为 _____, 电场强度大小为 _____ N/C . (g 取 10 m/s^2)

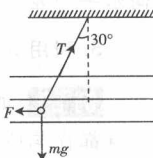


图 1-34

【解析】 分析小球受力,重力 mg 竖直向下,丝线拉力 T 沿丝线方向向上,因为小球处于平衡状态,还应受水平向左的电场力 F . 小球带负电,所受电场力方向与场强方向相反,所以场强方向水平向右.

小球在三个力作用之下处于平衡状态.三个力的合力必为零.

$$\text{所以 } F = mg \tan 30^\circ \text{ 又 } F = Eq$$

$$Eq = mg \tan 30^\circ$$

则 $E = \frac{mg \tan 30^\circ}{q}$

代入数据得: $E = 1 \times 10^7 \text{ N/C}$

2. 利用 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 求解点电荷的电场强度

例 24 如图 1-35 所示,

带电量为 $+q$ 的点电荷与均匀带电薄板相距为 $2d$, 点电荷到带电薄板的垂线通过板的几何中心. 若图中 a 点处的电场强度为零, 根据对称性, 带电薄板在图中 b 点处产生的电场强度大小为 _____, 方向 _____.(静电力恒量为 k)

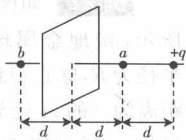


图 1-35

【解析】 图中 a 点处的电场强度为零, 说明带电薄板在 a 点产生的场强 E_{a1} 与点电荷 $+q$ 在 a 点产生的场强 E_{a2} 大小相等而方向相反 (如图 1-36 所示), 即 $E_{a1} = E_{a2} = k \frac{q}{d^2}$, 由于 E_{a2}

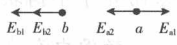


图 1-36

水平向左, 则 E_{a1} 水平向右. 根据对称性, 带电薄板在 b 点产生的强度 E_{b1} 与其在 a 点产生的场强 E_{a1} 大小相等而方向相反. 所以, $E_{b1} = k \frac{q}{d^2}$ 其方向水平向左.

3. 利用 $E = \frac{U}{d}$ 求解匀强电场的电场强度

例 25 如图 1-37 中 A 、 B 、 C 三点都在匀强电场中, 已知 $AC \perp BC$, $\angle ABC = 60^\circ$, $BC = 20 \text{ cm}$. 把一个电量 $q = 10^{-5} \text{ C}$ 的正电荷从 A 移到 B , 电场力做功为零; 从 B 移到 C , 电场力做功为 $-1.73 \times 10^{-3} \text{ J}$, 则该匀强电场的场强大小和方向是 ()

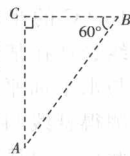


图 1-37

- A. 865 V/m, 垂直 AC 向左
- B. 865 V/m, 垂直 AC 向右
- C. 1 000 V/m, 垂直 AB 斜向上
- D. 1 000 V/m, 垂直 AB 斜向下

【解析】 把电荷从 A 移到 B , 电场力不做功, 说明 A 、 B 两点必位于同一个等势面上. 题中指明匀强电场, 等势面应为平面. 且场强方向应垂直等势面, 可见, A 、 B 不正确, 可先排除.

根据电荷从 B 移到 C 的电场力做功情况, 得 B 、 C 两点电势差 $U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q}$.

即 B 点电势比 C 点低 173 V, 因此, 场强方向必垂直于 AB 斜向下, 其大小为

$$E = \frac{U_{BC}}{d}$$

由图可知 $d = L_{BC} \sin 60^\circ$

$$\text{由以上三式整理得: } E = \frac{W_{BC}}{qL_{BC} \sin 60^\circ}$$

代入数据得 $E = 1000 \text{ V/m}$. 则正确答案为 D.

4. 利用带电粒子受力平衡求解电场强度

例 26 质量为 m , 电量为

$+q$ 的小球在 O 点以初速度 v_0 与水平方向成 θ 角射出, 如图 1-38 所示, 如果在某方向加上一定大小的匀强电场后, 能保证小球仍沿 v_0 方向做直线运动, 试求所加匀强电场的最小值, 加了这个电场后, 经多少时间速度变为零?

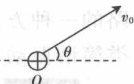


图 1-38

【解析】 小球在未加电场时受重力 mg 作用, 电场力的作用只要能平衡垂直于速度方向重力的分力, 就能使带电粒子沿 v_0 方向做匀减速直线运动, 此时电场力为最小值, 如图 1-39 所示.

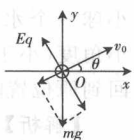


图 1-39

因为 $Eq = mg \cos \theta$,

$$\text{所以 } E = \frac{mg \cos \theta}{q}$$

小球的加速度为

$$a = \frac{mg \sin \theta}{m} = g \sin \theta$$

$$\text{那么 } t = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g \sin \theta}$$

5. 利用处于静电平衡中的导体求解电场强度

例 27 如图 1-40 所示, 金属球壳 A 的半径为 R , 球外点电荷的电量为 Q , 到球心的距离为 r , 则金属球壳感应电荷产生的电场在球心处的场强等于 ()

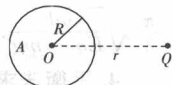


图 1-40

- A. $\frac{kQ}{r^2} - \frac{kQ}{R^2}$
- B. $\frac{kQ}{r^2} + \frac{kQ}{R^2}$

C. 0

D. $\frac{kQ}{r^2}$

【解析】 金属球壳 A 放在电荷周围, 将发生静电感应现象, 当导体处于静电平衡时, 其内部场强处处为零, 所以, 对金属球壳内任意一点感应电荷在此处产生的场强与点电荷 Q 在此处的场强大小相等, 方向相反. 而点电荷 Q 在球心的场强为 $E = \frac{kQ}{r^2}$, 则感应电荷在球心处的场强为 $E = \frac{kQ}{r^2}$. 则正确答案为 D.

电场力做功的几种计算方法

(河南 马栋梁)

由于电场力做功具有与路径无关, 而仅与始末位置的电势差有关的特点, 所以计算电场力做功可用多种方法.

1. 根据功的定义, 用 $W = F \cdot s \cos\theta$ 计算. 此法仅适用于匀强电场中电场力做功的计算.

例 28 两带电小球, 电荷量分别为 $+q$ 和 $-q$, 固定在一长度为 l 的绝缘细杆的两端, 置于电场强度为 E 的匀强电场中, 杆与场强方向平行, 其位置如图 1-41 所示. 若此杆绕过 O 点, 垂直于杆的轴线转过 180° , 则在此转动过程中电场力做的功为多少?

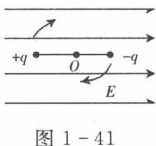


图 1-41

【解析】 因在电场中任意两点移动电荷时, 电场力对电荷做的功, 与移动电荷的路径无关, 可设想两电荷均沿绝缘杆移动到相应位置, 则 $W = Fl + Fl = Eql + Eql = 2Eql$.

2. 用 $W = qU$ 计算. 此法适用于任何电场. 运算时 q, U 可只取绝对值, 对于功 W 的正负, 可依据提供的物理模型, 或根据题设条件构想物理模型, 利用相关知识判定.

例 29 在电场中有 A、B 两点, 它们的电势分别是为 $\varphi_A = -100 \text{ V}$, $\varphi_B = 200 \text{ V}$. 把电荷量 $q = -2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ 的电荷从 A 点移动到 B 点, 是电场力做功, 还是克服电场力做功? 做了多少功?

【解析】 根据 A 点电势低于 B 点电势, 可知始、终两点间的电场线的方向是由 B

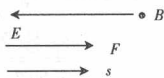


图 1-42

至 A, 画出表示电场线方向的矢量线 E; 根据负电荷所受的电场力方向与电场线方向相反, 再画出表示电场力方向的矢量线 F; 最后画出表示电荷移动方向 ($A \rightarrow B$) 的矢量线 s. 由图 1-42 可以看出 F 与 s 方向相同, 所以是电场力做功, 电场力所做功的大小为:

$$\begin{aligned} W &= |q| \cdot |U_{AB}| \\ &= |-2.0 \times 10^{-7}| \times |(-100) - 200| \text{ J} \\ &= 6.0 \times 10^{-5} \text{ J} \end{aligned}$$

3. 利用结论“电场力做的功等于电荷电势能增量的负值”(或等于电势能的变化) 计算. 这个方法在已知电荷电势能的值时比较方便, 此法利用了功能关系, 适用于任何电场.

例 30 如图 1-43 所示, 在同一条电场线上, 有 A、B、C 三点, 三点的电势分别是

图 1-43

$\varphi_A = 5 \text{ V}$, $\varphi_B = -2 \text{ V}$, $\varphi_C = 0 \text{ V}$, 将电荷量 $q = -6 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的点电荷从 A 移到 B 电场力做功多少? 电势能变化了多少? 若将该电荷从 B 移到 C, 电场力做功多少? 电势能变化了多少?

【解析】 电荷在 A、B、C 三点的电势能分别为

$$\begin{aligned} \epsilon_A &= q\varphi_A = (-6 \times 10^{-6}) \times 5 \text{ J} \\ &= -3 \times 10^{-5} \text{ J} \\ \epsilon_B &= q\varphi_B = (-6 \times 10^{-6}) \times (-2) \text{ J} \\ &= 1.2 \times 10^{-5} \text{ J} \\ \epsilon_C &= q\varphi_C = 0 \text{ J} \\ \text{故 } W_{AB} &= -(\epsilon_B - \epsilon_A) \\ &= -[1.2 \times 10^{-5} - (-3 \times 10^{-5})] \\ &= -4.2 \times 10^{-5} \text{ J} \end{aligned}$$

因此电势能增加了 $4.2 \times 10^{-5} \text{ J}$

$$\begin{aligned} W_{BC} &= -(\epsilon_C - \epsilon_B) \\ &= -(0 - 1.2 \times 10^{-5}) \text{ J} \\ &= 1.2 \times 10^{-5} \text{ J} \end{aligned}$$

因此电势能减少了 $1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$.

4. 利用动能定理计算, 在知道电荷动能的改变量, 以及知道除电场力以外其它力做功多少时, 使用动能定理较方便.

例 31 一个带正电的质点, 电荷量 $q = +2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$, 在静电场中由 a 点移到 b 点, 在这过程, 除电场力外, 其它力做的功为 $6.0 \times 10^{-5} \text{ J}$,