

物理解题天才

多解多

全

攻

新课标

略

高中电学光学

开拓思路
创新解法
凝聚精华
提升能力

GAOZHONG DIANXUE GUANGXUE DUOJIE QUANGONGLUE

张宁东 编著 广西教育出版社

物理解题天才
高中电学光学多解全攻略

张宇东 编著

☆

广西教育出版社出版

南宁市鲤湾路8号

邮政编码:530022 电话:5850219

本社网址 <http://www.gep.com.cn>

读者电子信箱 master@gep.com.cn

全国新华书店经销 玉林正泰彩印包装有限责任公司印刷

*

开本 890 × 1240 1/32 5.375 印张 115 千字

2003 年 1 月第 3 版第 3 次印刷

印数:15 001—25 000 册

ISBN 7-5435-3130-5/G·2349 定价:7.50 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换

前言

学好中学物理基础知识,提高分析问题和解决问题的能力,养成探索、思维的好习惯,将来成为富有创造性的人才,是中学生学习物理的一个重要目的.而提高物理解题能力,是达到上述目的的一条必不可少的途径.

如何才能提高物理解题能力呢?事实告诉我们:仅靠机械地套、背物理公式是不行的.在学习物理的过程中,只有善于寻找物理情境,掌握物理规律和运用规律解决问题的思维方法,开拓思路,学习技巧,才能获得成功.

本书紧扣国家新课程标准精神,为帮助中学生掌握科学的思维方法、创造性地学好物理而编写.书中的100道例题,都是经过精心挑选、具有一定代表性的例题,还有相当一部分是近年出现的新型题、物理竞赛题,它们包含了高中物理电磁学、光学、原子物理学三个部分的内容.本书的目的在于帮助学生深入理解基本内容、提高应变能力,增强解题能力,培养发散思维能力.

本书所选的每道例题,均给出两种或两种以上的解法,并在每种解法前进行深入的分析,给出思路,以引导学生全方位地观察问题,多角度、多层次地深入理解物理概念,提高灵活运用物理规律和数学知识解物理题的能力.每题之后,又对每一种解法进行评析,旨在帮助学生寻找规律,扩展思维空间,学会总结归纳.

限于编者水平,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正.

编著者

目录

1	一、电场
24	练习一
26	二、恒定电流
79	练习二
81	三、磁场 电磁感应
130	练习三
131	四、交流电 电磁振荡和电磁波
148	练习四
149	五、光学 原子物理
165	练习五
166	练习题参考答案和提示



一、电 场

1. 如图 1-1 所示为负点电荷形成的电场中的一条电场线, M 、 N 为这条电场线上的两点, 比较 M 、 N 两处的场强 E_M 和 E_N 的大小, 有()

A. $E_M > E_N$.

B. $E_M < E_N$.

C. $E_M = E_N$.

D. 不能确定.

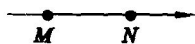


图 1-1

攻略 1 在此要注意负点电荷形成的电场方向. 此电场由负点电荷形成, 由负点电荷形成的电场方向指向负点电荷这一规定可知: N 点离负点电荷较 M 点近.



解法 1 设 N 点距负点电荷距离为 r_N , M 点距负点电荷距离为 r_M , 负点电荷的电量为 Q , 点电荷电场强度的表达式为:

$$E = k \frac{Q}{r^2}.$$

因为 Q 一定, $r_M > r_N$, 所以, $E_M < E_N$, 故 B 选项正确.

攻略 2 同学们要熟悉各种特殊电场的电场线分布情况. 本题中, 由负点电荷的电场线分布情况可知: 电场线靠 N 点处分布较密, 靠 M 点处分布较疏, 如图 1-2 所示.

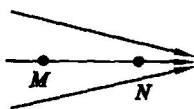


图 1-2



解法 2 由电场线的疏密程度表示该处电场强度大小可知, 电场线密的地方电场强度大, 由图可知: $E_M < E_N$, 故正确答案



为 B.



解此题的关键是要对负点电荷形成的电场要能深刻了解,进而了解负点电荷的电场强度的表达式及电场线分布情况.对只定性比较电场强度大小的问题,用解法 2 解题更形象、直观.

2. 在点电荷 $+Q$ 形成的电场中有 A、B 两点. 把检验电荷 $+q$ 从 A 点移到 B 点, 电势能增加, 试比较 A、B 两点场强的大小.

攻略 1 此题可以从电势能的改变与电场力做功的关系进行思考, 由电场力做功可改变系统电势能可得: 把检验电荷从 A 移到 B, 电势能增加, 即电场力做负功. 可从电荷受力方向判断 A、B 两点距离 $+Q$ 的远近.

2



解法 1 $+q$ 从 A 移到 B, 电场力做负功, 电场力方向与 $+q$

运动的方向相反. 已知 $+q$ 受到场源电荷 $+Q$ 的斥力, 所以 A 点离 $+Q$ 较 B 点离 $+Q$ 远, 设 A 点距 $+Q$ 的距离为 r_A , B 点离 $+Q$ 的距离为 r_B , 由点电荷电场强度公式

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

可知: $r_B < r_A$,

$$\therefore E_B > E_A.$$

攻略 2 在此给同学们留一个问题: 为什么电场力与 $+q$ 运动方向相反?

因为正电荷在电势高处电势能大, 所以 B 点电势高于 A 点电势. 由正电荷的电场线分布情况分析可知: A 点距 $+Q$ 较 B 点远.



解法 2 由正电荷的电场线分布情况可知: B 点附近的电

场线密, A 点附近的电场线较疏. 电场线密的区域电场强度大, 所以 B 点的电场强度大于 A 点的电场强度.



简评

解此类题,关键是利用电势能改变情况判断出研究点相对 $+Q$ 的远近程度,然后利用场强公式或电场线分布情况进行判断.对此类只要求定性比较的问题,第2种解法更简捷,在解法2中,理解电势与电势能的关系以及电势高低与电场线方向的关系非常重要.

3. 如图 1-3 所示,带正电的小球靠近不带电的金属导体 AB 的 A 端,由于静电感应,导体 A 端出现负电荷, B 端出现正电荷.关于导体 AB 感应起电的说法正确的是 ()

A. 用手接触一下导体的 A 端,导体将带正电荷.

B. 用手接触一下导体 AB 的正中部位,导体仍不带电.

C. 用手接触一下导体 AB 的任何部位,导体将带负电.

D. 用手接触一下导体 AB 后,只要带正电的小球不移走, AB 不可能带电.

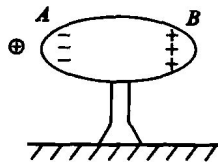


图 1-3

3

攻略 1 首先要理解电势是相对的,其次会判断正电荷形成的电场中各点电势的高低.导体中的正电荷总是从高电势向低电势移动,可先判断导体 AB 电势的高低,进而判断正电荷的移动方向.



解法 1 设无穷远处和地球的电势为零.因此,对于带正电荷的小球所形成的电场中某一点的电势均大于零,导体 AB 的电势高于地球的电势.由于人和地球是连在一起的导体,因此当人接触导体 AB 时,不管接触哪一端,都使导体 AB 的正电荷由高电势向低电势的地球移动,从而使 AB 带负电,所以 C 选项正确.

攻略 2 导体的负电荷总是从低电势向高电势移动.



解法 2 由正电荷产生的电场和处于静电平衡时导体的电



电学光学综合题

场线方向可知:导体 AB 的电势高于地球的电势. 由于人和地球连在一起, 因此当人接触导体 AB 时, 不管接触哪一端, 都使地球的负电荷由低电势向高电势的导体移动, 从而使 AB 带负电, 故 C 选项正确. 此处又给出一种判断电场中电势高低的方法.

攻略 3 利用感应带电使感应体近端带异种电, 感应体远端带同种电原理进行分析.

解法 3 当人接触导体 AB 时, 导体 AB 与人和地球可视为一个大导体, 相对带正电的小球来说, 导体 AB 是近端, 地球是远端, 因此导体 AB 被带正电小球感应而带负电, 地球带正电, 所以 C 选项正确.



解此类题应注意的是人与地球是相连的一个导体. 应用的方法可以由电势高低差导致电荷移动, 也可以运用静电感应规律来判断. 三种解法中, 解法 1 的关键点是把人和地球看成一个连在一起的导体; 解法 2 紧紧抓住导体中负电荷的走向不放; 解法 3 则把导体、人、地球作为一个整体来考虑, 视角更宏观.

4. 在场强为 E 、方向竖直向下的匀强电场中, 有两个质量为 m 的带电小球, 电荷分别为 $+2q$ 和 $-q$, 两小球用长为 L 的绝缘细线相连, 另用绝缘细线系住带正电的小球悬挂于 O 点, 处于平衡状态, 如图 1-4 所示. 重力加速度为 g , 则细线对悬点 O 的作用力大小为多少?

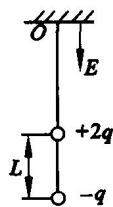


图 1-4

攻略 1 这是一个力学和电学的综合题, 应用隔离法分别以 $+2q$ 和 $-q$ 两小球为研究对象进行受力分析, 然后根据力的平衡条件求解.



解法 1 正确的受力分析是解此题的前提. $+2q$ 小球受四



个力的作用:两根细线的拉力—— T_1 向上; T_2 向下;重力 $G=mg$, 方向竖直向下;电场力 $F=2qE$, 方向竖直向下.

因为小球处于平衡状态,所受合力为零,则有:

$$T_1 = G + F + T_2 = mg + 2qE + T_2. \dots\dots\dots ①$$

— q 小球受三个力的作用:细线的拉力 T_2 , 方向向上;重力 $G=mg$, 方向竖直向下;电场力 $F=qE$, 方向竖直向上. 在此要注意负电荷受电场力方向与电场强度方向相反. 同上述理由, 有:

$$T_2 + qE = mg. \dots\dots\dots ②$$

联立①、②两式得:

$$T_1 = 2mg + qE.$$

细线对悬点 O 的作用力和细线对小球的拉力大小相等, 方向相反, 所以细线对悬点 O 的作用等于 $2mg + qE$.

攻略 2 应用整体法. 因为两小球均处于平衡状态, 可把它们看成一个系统, 作为研究对象, 则系统间相互作用的内力不计, 对系统所受外力进行受力分析后, 利用平衡条件可求解.



解法 2 系统所受外力共有三个: 细线的拉力 T , 重力

$2mg$, 电场力 $F=2qE - qE = qE$.

因为系统处于平衡状态, 所受合力为零, 则有:

$$F + 2mg = T,$$

$$T = 2mg + qE.$$

简评

在此需要强调的是: 两小球作为一个系统时, 两球间细线的拉力为内力, 对系统的运动状态改变无贡献. 整体法的实质是把隔离体的外力转换为系统的内力. 解法 2 比解法 1 简捷得多, 是因为合理的选取了研究对象, 将两球作为一个系统, 用整体法求出了 T . 因此我们可以得出结论: 系统中各部分无相对运动时, 以整体为研究对象, 可使问题容易解决.



5. 如图 1-5 所示, 正点电荷 Q 的电场中有 a, b 两点, (1) 在 a, b 两点分别放入负电荷 q_1 和 q_2 , 且 $q_1 > q_2$, 则这两个电荷的电势能哪个较大? (2) 比较同一负电荷在 a, b 两点的电势能的大小.



图 1-5

攻略 1 解此题先要了解电场力做功与电势能变化的关系, 并从负电荷受力方向与移动方向的关系判断电场力做功的正负. (1) 电荷不移动时, 利用对于某一给定的 P 点有 $\epsilon_P = qU_P$ 来判断. (2) 设想把这一负电荷由 a 移到 b , 利用电场力做功判断.



解法 1 (1) 取无穷远处电势为零, 则正电荷 Q 的电场电势大于零, 即 $U_a > 0, U_b > 0$. 因为 q_1 和 q_2 均为负电荷, 所以它们的电势能都为负值, 由 $\epsilon_P = qU_P$ 可得:

$$\epsilon_a = q_1 U_a, \quad \epsilon_b = q_2 U_b.$$

$$\because |q_1| > |q_2|, U_a > U_b, \therefore |\epsilon_a| > |\epsilon_b|.$$

即 q_2 的电势能较大.

(2) 在把负电荷由 a 移到 b 的过程中, 电场力做负功, 因此该负电荷的电势能增大, 即该负电荷在 b 点的电势能大.

攻略 2 建立正电荷的电场线分布图, 根据沿电场线方向电势总是降低可知: (1) 电势能由电荷及电场共同决定; (2) 负电荷在电势低处电势能大.



解法 2 (1) 由正电荷的电场线分布可知: $U_a > U_b$. 又

$$\because q_1 > q_2,$$

$$\therefore |\epsilon_a| > |\epsilon_b|,$$

即 q_2 的电势能大.

(2) 由正电荷的电场线分布可知: $U_a > U_b$. 负电荷在 a, b 两点的电势能为负, 但 $|\epsilon_a| > |\epsilon_b|$, 即该负电荷在 b 点电势能大.



在解此类问题时,要了解电场线的分布,明确电势降低的方向,同时必须知道电势能由电荷及电场共同决定,即负电荷在电势低处电势能反而大,在电势高处电势能反而小.对于题中第(1)问用解法2简捷明了,而第(2)问用解法1则条理更清楚.

请同学们考虑两个问题:

(1) a 、 b 、 $+Q$ 三点不在同一直线上,如何判断出 $U_a > U_b$?

(2) 当以无穷远处电势为零时,为何 $\mathcal{E}_a$ 、 $\mathcal{E}_b$ 为负?

6. 一个质量为 m 、电荷为 e 的电子,以初速度 v_0 沿与电场垂直的方向飞入匀强电场,飞出电场时其速度方向与电场方向成 150° 角,问飞入电场点与飞出电场点的电势差 U 为多大?

攻略1 电子在匀强电场中运动时,在垂直于电场的方向上不受力,做匀速运动;沿电场方向只受电场力,做初速为零的匀加速运动,其运动与物体在重力作用下的平抛运动类似(类平抛运动),可运用动力学原理进行求解.



解法1 设电场宽为 L , 因为电子沿垂直于电场的方向做匀速运动,所以电子通过电场所需时间为 L/v_0 .

设电子离开电场时,沿电场方向移动的距离为 y , 电场的电场强度为 E , 根据牛顿运动定律及运动学公式,得

$$y = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} \left(\frac{L}{v_0} \right)^2. \quad \text{①}$$

设电子离开电场时,沿电场方向的速度为 v_y , 根据运动学公式,得

$$v_y = \frac{eE}{m} \left(\frac{L}{v_0} \right), \quad \text{②}$$

且由题意: $v_y = v_0 \cot 30^\circ$. ③

根据匀强电场定义式,电子飞出电场点与飞入电场点的电势



差

$$U = Ey. \dots\dots\dots ④$$

联立①、②、③、④式得：

$$U = \frac{3mv_0^2}{2e}.$$

攻略 2 应用电场力做功的特点及动能定理求解. 电场力做功与带电粒子运动的路径无关, 只与初、末两点的电势差有关.



解法 2 设电子离开电场时的速度为 v , 根据动能定理

$$eU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2, \dots\dots\dots ①$$

$$v = \frac{v_0}{\sin 30^\circ} = 2v_0. \dots\dots\dots ②$$

联立①、②两式可得：

$$U = \frac{3mv_0^2}{2e}.$$

8

攻略 3 本题在电子运动过程中电势能转化为电子的动能, 据此可由能量转化与守恒定律求解.



解法 3 设电子飞入电场点的电势为 U_1 , 飞出电场点的电势为 U_2 , 则两者的电势差 $U = U_1 - U_2$. 由能量守恒可得：

$$eU_1 + \frac{1}{2}mv_0^2 = eU_2 + \frac{1}{2}mv^2.$$

由解法 2 知 $v = 2v_0$, 由此可得：

$$\therefore U = \frac{3mv_0^2}{2e}.$$



简评

上述三种解法提供了带电粒子在匀强电场中运动时的三种思路:动力学原理、动能定理、能量守恒定律.用动能定理解本题可一步到位,比用动力学方法简捷得多.原因是动能定理可不考虑运动过程的细节(如变速运动中的加速度),只考虑总功及物体始末状态的动能.在解带电粒子在电场中运动的有关习题时,应优先考虑动能定理的应用.解法3从能量守恒角度求解,更易为学生理解.

7. 三块平行放置的金属板 A、B、C 的中心处都有一小孔,且三个孔的中心都在同一直线上,A、B 板间的距离为 d ,B、C 两板间的距离为 $2d$,B 板带正电,A、C 板接地,如图 1-6 所示,现在 A 板的小孔处无初速地释放一个电子,则电子()

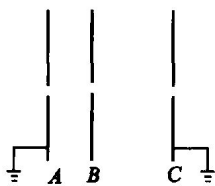


图 1-6

- A. 将在距 C 板为 d 处返回.
- B. 不能穿越 B 板的小孔.
- C. 能穿越 C 板的小孔出去.
- D. 能到达 C 板的小孔处.

攻略 1 确定 A、B 两板和 B、C 两板间的电场强度,分析电子在两个电场中的受力情况,判断电子在其间做的运动,运用动力学方法求解.

解法 1 A、B 两板间电场强度的大小为 $\frac{U}{d}$,方向 $B \rightarrow A$,B、C 两板间的电场强度的大小为 $\frac{U}{2d}$,方向为 $B \rightarrow C$.电子在 A、B 两板间做匀加速运动,在 B、C 两板间做匀减速运动.设电子到达 B 板小孔的速度为 v ,则:

$$v = \sqrt{2a_1d}, \quad a_1 = \frac{eU}{dm},$$



$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

电子在 B 、 C 间以加速度 $a_2 = \frac{eU}{2md}$ 做匀减速运动, 设匀减速运动的最大位移为 s , 则:

$$v^2 = 2a_2 s,$$

$$\frac{2eU}{m} = \frac{2eU}{2dm} s,$$

$$s = 2d.$$

电子能到达 C 板的小孔处, 且速度恰好为零. 故 D 选项正确.

攻略 2 运用动能定理求解.

解法 2 电子在 A 、 B 两板间时电场力做正功; 电子在 B 、 C

两板间时要克服电场力做功, 设电子在 B 、 C 板间能运动的最大位移为 s , 根据动能定理

$$\Delta E_k = eU - \frac{eU}{2d}s = 0.$$

$$s = 2d.$$

正确答案为 D .

10



正确分析电场对电子的作用情况是解此题的关键; 巧妙应用假设末速度为零而得到最大位移进行判断, 是解此题的思路. 此为应用“临界值”解题的一个范例. 此类已知初、末状态情况的题目, 运用动能定理解题, 使解题过程得以简化.

8. 两块平行金属板组成的电容器充电后与电源断开, 再增大电容器两极板之间的距离, 则两极板间电场强度的大小()

A. 变大. B. 变小. C. 不变. D. 可大可小.

攻略 1 根据电容器充电后断开电源, 两极板所带电荷不变的前提分析求解.



解法 1 由平行板电容器的电容公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 可知:两极板间距增大, C 减小.

根据 $U = \frac{Q}{C}$ 可知:两极板电量不变, C 减小, 两极板间电势差增大.

根据 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon S}$ 可得: E 保持不变, 所以 C 选项正确.

攻略 2 平行板电容器两板间的电场强度又可称为带电面密度, 与单位面积的带电量有关. 因此, 可由电场线的疏密程度表示该处电场强度大小进行分析判定.



解法 2 电容器充电后, 除边缘附近外, 两极板间形成一匀强电场. 由于电场线是从正电荷出发到负电荷终止的, 所以只要两极所带的电荷保持不变, 电场线的密度就保持不变. 根据用电场线的疏密程度来表示电场强度的大小可知: 两极板间的电场强度保持不变. 故 C 选项正确.

11



平行板电容器两极板间电场强度变化一般均可用上述两种方法讨论. 用解法 1 时, 要注意全面考虑问题, 不能只简单的从 d 的变化去判断. 用解法 2 时, 要深刻理解有关的定义, 不要断章取义. 用解法 2 的前提是两极板的正对面积不变, 若两极板的正对面积改变, 又将是另外讨论的了.

9. 如图 1-7 所示, 电子质量为 m , 电量为 e , 以速度 v_0 沿电场线方向射入电场强度为 E 的匀强电场中, 电子从 A 点射入, 到达 B 点时速度等于零, 则 A、B 两点的电势差为多少? 电子从 A 点运动到 B 点所用的时间为多少?

攻略 1 电子从 A 到 B 在电场力作用下做匀减速运动, 电子所受重力可忽略不计. 可运用动力学方法及电场的有关规律求



解.



解法 1 电子从 A 到 B 运动过程中做

匀减速运动, 加速度的大小 $a = \frac{eE}{m}$, 设电子从 A 到 B 的位移为 s , 由匀变速直线运动的公式得:

$$s = \frac{v_0^2}{2a},$$

$$s = \frac{mv_0^2}{2eE}.$$

在匀强电场中, $U = Ed$.

$$\therefore U_{AB} = Es = \frac{mv_0^2}{2e}.$$

设电子从 A 运动到 B 的时间为 t , 则:

$$v_0 = at,$$

$$\therefore t = \frac{v_0}{a} = \frac{mv_0}{Ee}.$$

攻略 2 电子从 A 运动到 B 的过程中克服电场力做功, 可从能量方面求解. 另外, 电子从 A 运动到 B 的过程中只受电场力的作用, 动量的改变是电场力作用的结果, 也可从冲量方面求解. 应注意电子克服电场力做功就是电场力做负功, 且只有当电场力为恒力时, 方可运用动量定理求解.



解法 2 由动能定理

$$-eU_{AB} = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2,$$

$$\therefore U_{AB} = \frac{mv_0^2}{2e}.$$

设电子从 A 运动到 B 的时间为 t , 则由动量定理

$$Eet = mv_0,$$

$$t = \frac{mv_0}{Ee}.$$

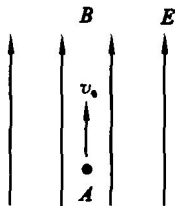


图 1-7



简评

此题是电学与力学相结合的题目,通过本题的解法,使我们体会到受力分析是解此类题的基础,也是解题的关键.两种解法比较,后一种从功和冲量的关系解题,列式简单,解法便捷.

10. 两带电小球,电荷分别为 $+q$ 和 $-q$,固定在一长度为 L 的绝缘杆两端,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1-8所示.若此杆绕过 O 点且垂直于杆的轴转过 180° ,则在此过程中,电场力做功为()

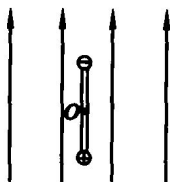


图 1-8

- A. 零. B. qEL .
C. $2qEL$. D. πqEL .

攻略 1 杆顺时针转动时,电场力与两个电荷移动的方向相同,对两个电荷均做正功,其总功等于电场力对两个电荷做功之和.



解法 1 电场力做功与路径无关,因此

$$W_1 = qU = qEL, \quad W_2 = qU = qEL,$$

$$W_{\text{总}} = W_1 + W_2, \quad \therefore W_{\text{总}} = 2qEL.$$

故 C 选项正确.

攻略 2 杆顺时针转动的过程中,电荷所受电场力的大小、方向均不变,可利用功的定义求解.



解法 2 由功的计算式

$$W = F_s,$$

$$\because F = F_1 + F_2 = 2qE,$$

$$\therefore W = F_s = 2qEL.$$

即 C 选项正确.