

电磁学思考题解答

上册

高等学校教学参考书

电磁学思考题解答

上册

主 编：张茂柏 封小超
编 者：车士琦 邓永元 方华先 文道友
王满华 李纯一 邹昌淑 杨能富
易良雨 敖福生 熊 湘
审 閱：王忠亮

一九八〇·四

内 容 提 要

本书共解答电磁学思考题700余个，题目主要选自各高等院校《电磁学》统编教材，一部分国外较流行的《电磁学》教材以及一部分结合教学的自编思考题。全书分上、下两册。上册包括真空中的静电场、静电场中的导体、质中的静电场、稳恒电场；下册包括稳恒磁场、电磁感应暂态过程、磁介质、电磁波、电磁学单位制。

本书可供基础物理课教师和理工科院校大学生参

序

如果你是一名基础物理课教师或理工科大学生，也许有这样的体会：

关于思考题的讨论，无论在教或学的过程中，都是一件比较困难的任务。但是，它对于深入理解物理学的基本概念和规律，提高分析问题和解决问题的能力，是很有帮助的。正因为如此，教师和学生们都希望能有一点这方面的参考书籍。

遗憾的是，至今为止，我们尚未见到一本以思考题的讨论为主要内容的参考书。原因之一，可能是思考题灵活多变，对其解答的具体方式和深浅程度的掌握，都容易引起争论；稍微考虑不周道，还会出现错误。为了避免留下辫子，人们往往比较谨慎。

谨慎是必要的，但该做的事总得要有人去作。更何况不同意见的争论，可以促进大家思考更多的问题。为此，我们愿意在这个问题上作一点抛砖引玉的工作。由于意识到任务的严峻性，我们注意了尽量不犯或少犯错误。然而，正如读者们可以理解的是，砖毕竟是粗糙的，难免有一些裂纹和孔洞。我们的心愿是，粗糙的砖仍然可以用来铺路，踏在它的上面往前走，或许可以引出一些纯净无瑕的玉石。

本来，对每个思考题反复推敲的时间，应当充分一些。但不少读者来信，希望能够尽快得到本书。任务艰巨，水平有限，加之时间仓促，缺点错误在所难免，希望读者们谅解和指正。

编 者 一九八〇、四 于狮子山

目 录

上 册

第一章	真空中的静电场	(5—65)
第二章	静电场中的导体	(66—139)
第三章	介质中的静电场	(140—181)
第四章	稳恒电流	(182—256)

下 册

第五章	稳恒磁场
第六章	电磁感应和暂态过程
第七章	磁介质
第八章	电磁波
第九章	电磁学单位制

高等学校教学参考书

电磁学思考题解答

上册

主 编：张茂柏 封小超

编 者：车士琦 邓永元 方华先 文道友

王满华 李纯一 邹昌淑 杨能富

易良雨 敖福生 熊 湘

审 閱：王忠亮

一九八〇·四

内 容 提 要

本书共解答电磁学思考题700余个，题目主要选自各高等院校《电磁学》统编教材，一部分国外较流行的《电磁学》教材以及一部分结合教学的自编思考题。全书分上、下两册。上册包括真空中的静电场、静电场中的导体、介质中的静电场、稳恒电场；下册包括稳恒磁场、电磁感应暂态过程、磁介质、电磁波、电磁学单位制。

本书可供基础物理课教师和理工科院校大学生参

序

如果你是一名基础物理课教师或理工科大学生，也许有这样的体会：

关于思考题的讨论，无论在教或学的过程中，都是一件比较困难的任务。但是，它对于深入理解物理学的基本概念和规律，提高分析问题和解决问题的能力，是很有帮助的。正因为如此，教师和学生们都希望能有一点这方面的参考书籍。

遗憾的是，至今为止，我们尚未见到一本以思考题的讨论为主要内容的参考书。原因之一，可能是思考题灵活多变，对其解答的具体方式和深浅程度的掌握，都容易引起争论；稍微考虑不周道，还会出现错误。为了避免留下辫子，人们往往比较谨慎。

谨慎是必要的，但该做的事总得要有人去作。更何况不同意见的争论，可以促进大家思考更多的问题。为此，我们愿意在这个问题上作一点抛砖引玉的工作。由于意识到任务的严峻性，我们注意了尽量不犯或少犯错误。然而，正如读者们可以理解的是，砖毕竟是粗糙的，难免有一些裂纹和孔洞。我们的心愿是，粗糙的砖仍然可以用来铺路，踏在它的上面往前走，或许可以引出一些纯净无暇的玉石。

本来，对每个思考题反复推敲的时间，应当充分一些。但不少读者来信，希望能够尽快得到本书。任务艰巨，水平有限，加之时间仓促，缺点错误在所难免，希望读者们谅解和指正。

编 者 一九八〇、四 于狮子山

目 录

上 册

第一章	真空中的静电场.....	(5—65)
第二章	静电场中的导体.....	(66—139)
第三章	介质中的静电场.....	(140—181)
第四章	稳恒电流.....	(182—256)

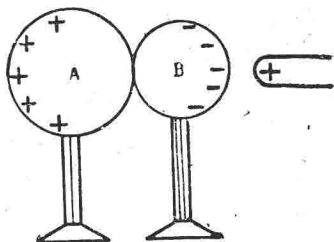
下 册

第五章	稳恒磁场
第六章	电磁感应和暂态过程
第七章	磁介质
第八章	电磁波
第九章	电磁学单位制

第一章 真空中的静电场

1—1. 给你两个金属球，装在可搬动的绝缘支架上。试指出使这两个球带等量异号电荷的方法。你可以用丝绸摩擦过的玻璃棒，但不使它和两球接触。你所用的方法是否要求两球大小相等？

答：先使两球接触，把摩擦后带正电的玻璃棒靠近金属球的一侧时(如图)，由于静电感应，靠近玻璃棒的球B感应负电荷，较远的球A感应等量正电荷。然后把两球分开，再移去玻璃棒，此二金属球就带上等量异号电荷。



题1—1图

本方法不要求两球大小相等。因为它们本来不带电，根据电量守恒定律，用上法使它们带电后，无论两球大小是否相等，其总电荷仍应为0，故它们所带电荷必定等量异号。

1—2.(1).若将一个带正电的金属小球移近一个绝缘的不带电导体时(题1—2A图a)，小球受到吸引力还是排斥力？

(2).若小球带负电(图b)，情况将如何？

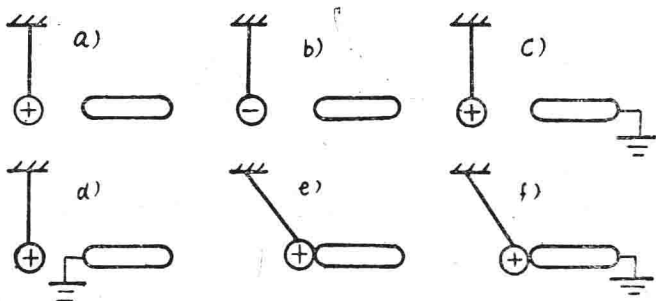
(3).若当小球在导体近旁(但未接触)时，将导体远端接地(图c)，情况如何？

(4).若将导体近端接地(图d)，情况如何？

(5).若导体在未接地前与小球接触一下(图e)，将发生

什么情况?

(6).若将导体接地,小球与导体接触一下后(图f),将发生什么情况?



题1—2A图

答: (1).带正电的小球移近时,导体上靠近小球的一端感应出负电荷,远端感应出等量正电荷。由于负感应电荷对小球的吸引力比正感应电荷的排斥力大,故小球所受合力为吸引力,如题1—2B图a)所示。

(2).小球带负电时,导体上正负感应电荷的分布与上相反(图b),小球所受合力仍为吸引力。

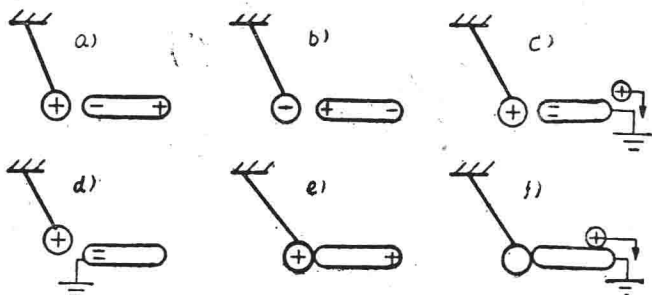
(3).导体远端接地时,其上正感应电荷受小球正电荷排斥而入地,导体上就只剩负电荷;同时,为保持导体内部场强为0,导体上的负电荷比未接地时多(图c),故小球受到的吸引力比以前大。

(4).导体近端接地时,大地中部分负电荷被小球吸引到导体近端,使近端负电荷增加。这时,导体上正电荷由于所受吸引力增大而向负电荷处移动,它们中和后使远端的正电荷减少。随着大地负电荷的移入,远端的正电荷不断被中和,最后减少到0。因此,当平衡时,导体上只在近端有负

电荷，这与导体远端接地的情况相同，小球受到的仍是吸引力（图d）。

(5). 小球与导体接触时，它的电荷有部分传给导体，两者都带正电（图e），它们由于相互排斥而分开。

(6). 小球与导体接触时，球上正电荷全部经导体入地，最后小球与导体都不带电（图f），它们也就无相互作用，小球回复到不受力时的位置。



题1—2B图

1—3. 用手握铜棒与丝绸摩擦，铜棒不能带电。戴上橡皮手套，握着铜棒和丝绸摩擦，铜棒就会带电。为什么两种情况有不同的结果？

答：由于人体是导体，当手直接握着铜棒时，在摩擦过程中铜棒产生的电荷，就通过入手、人体流入大地，故不能保持电荷。戴上绝缘的橡皮手套时，铜棒与入手绝缘，电荷不会再由入手传走，铜棒就会带电。

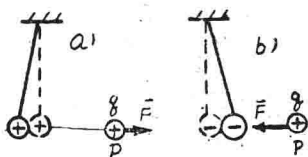
1—4. 在真空中两个点电荷间的相互作用力，是否会因其他一些电荷被移近而改变？

答：由库仑定律知，当两点电荷电量不变时，其相互作用力仅与它们间的距离有关。因此，若此二点电荷是固定

的，它们间的距离就不会因其他电荷的移近而变化，其相互作用力也不会改变。反之，若此二点电荷是可动的，则当其他电荷移近时，此二点电荷因受其他电荷作用而发生移动，其间距离变化，它们间的相互作用力也就随之改变。

1-5. 一个带正电的小球，用长丝线悬挂起来，如要测量与该电荷处于同一水平面内某点P处的场强E，我们就在该点处放入一个正电荷q，并测量 F/q ，问： F/q 是小于、等于、还是大于该点的E？若小球带负电，情况又如何？

答：当电荷q的电量非足够小时，它对带电小球的作用就不可忽略。由于小球可动，当它带正电时，因受到电荷q的排斥而远离P点（图a），因此

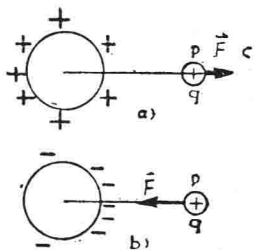


题1—5图

引入q后，P点的场强比原来

小，而 F/q 是带电小球远移后所测得的P点场强，它比P点原来的场强E小；小球带负电时，由于受到q的吸引而移近P点（图b），故引入q后P点场强增大，而 F/q 是小球移近后所测得的P点场强，因此它比P点原来的场强E大。

1-6. 在一个带正电的大导体球附近P处放置点电荷q（ $q>0$ ），测得它受力为F。若考虑到q不是足够小时，则 F/q 比P点原来的场强E大还是小？若大导体球带负电，情况如何？



题1—6图

答：因q的电量非足够小，它会影响大导体球上电荷的分布。由于静电感应，大导体球上的正电荷受到排斥而远离P点（图a），因此引入q后，P点

的场强比原来小，而 F/q 是导体球上电荷重新分布后测得的P点场强，它比P点原来的场强 E 小。

若大导体球带负电，情况相反，负电荷受吸引而靠近P点（图b），因此，引入 q 后P点的场强增大，而所测得的 F/q 是电荷重新分布后的场强，故它比P点原来的场强 E 大。

1—7. 有人认为：“对于场中某定点，场强的大小 $E=F/q_0$ ， E 不是与试验电荷 q_0 成反比吗，为什么说 E 与 q_0 无关？”

答：由库仑定律知，试验电荷所受的力 F 与 q_0 成正比，故比值 $E=F/q_0$ 与 q_0 无关。

1—8. 在一点电荷附近任一点，如果没有把试验电荷放进去，这点的场强是否为0？

答：不为0。因静电场乃静止电荷所产生，有电荷，其周围空间就存在电场。场强是描述电场自身性质的物理量，仅与电荷分布及空间位置有关，与试验电荷的大小和有无无关。引入试验电荷仅仅是为了测定场强，对试验电荷的要求之一，就是不改变原来的电场，故没有放进试验电荷时，点电荷附近任一点的场强不为0。

1—9. 电荷在电场中某点受到的电场力很大，该点的场强是否也一定很大？

答：不一定。由 $E=F/q$ 知，场强 E 不单与 F 或 q 有关，而是由比值 F/q 决定的。电荷 q 在场中某点受到的电场力 F 很大，比值 F/q 不一定很大，该点的场强 E 也不定很大，这时还必须看 q 本身的大小。若此时 q 小，该点的场强一定很大；若 q 很大时，该点场强就不大了。

1—10. 在以一点电荷为中心、 r 为半径的球面上，各处的场强是否相同？

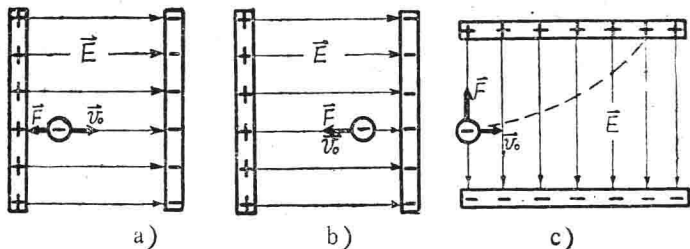
答：如果空间没有其他电荷，由 $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$ 知，点电荷场强的分布以电荷为中心成球对称。因同一球面上各点 r 相同，其场强大小就一定相同。

若空间还存在其它电荷，则分两种情况。如果其他电荷的分布以该点电荷为中心成球对称，球面上各点场强仍然相同；如果其他电荷的分布不与该点电荷成球对称，球面上各点的场强就不相同。

1—11. 如果把质量为 m 的点电荷 q 放在一电场中，由静止状态释放，此电荷是否沿着电力线运动？

答：静止电荷放入电场时，一般不沿电力线运动。因一般情况下电力线为曲线，若电荷沿电力线作曲线运动，必有法向加速度，这就要求有法向力存在，如果没有相应的法向力，它必然偏离该曲线。由于电力线上各点场强只沿切线方向，没有法向分量，因而电场力的法向分量为 0，故运动电荷必然偏离弯曲的电力线。仅当电力线为直线，且不考虑重力影响时，静止电荷才可能沿电力线运动；若考虑重力影响时，静止电荷就只能沿着竖直方向的电力线运动。

1—12. 如图所示，带等量异号电荷的平行板间为匀强电场。试说明图 a)、b)、c) 三种情况下，电子运动的轨迹和



题 1—12图

速度变化情况。

答：(1).对图a), 由于电子初速度 $\vec{V}_0$ 的方向与 $\vec{E}$ 相同, 故 $\vec{V}_0$ 就与 $\vec{F}$ 的方向相反, 电子受此阻力作用就沿电力线方向作匀减速直线运动, 速度不断减小。当速度减小到0以后, 电子就逆电力线方向作匀加速直线运动。

(2).对图b), 因 $\vec{V}_0$ 的方向与 $\vec{F}$ 相同, 电子就逆电力线方向作初速度不为0的匀加速直线运动, 速度不断增加。

(3).对图c), 因 $\vec{V}_0$ 的方向与 $\vec{F}$ 垂直, 电子不再沿电力线运动, 其运动轨迹为向上弯曲的抛物线。由于电子在水平方向的分速度 V_x 不变, 而在垂直方向的分速度 V_y 因受 F 作用而不断增大, 故电子的合速度 $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ 不断增大, 且方向也不断变化。

1—13. 根据点电荷场强公式

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2},$$

当所考察的点和点电荷的距离 $r \rightarrow 0$ 时, 则场强 $E \rightarrow \infty$, 这是没有物理意义的。对这种似是而非的问题应如何解释?

答：因上式仅对点电荷成立，当 $r \rightarrow 0$ 时，带电体就不能视为点电荷，若再用上式求场强，必然得出错误结果。当考虑到带电体的大小及电荷分布时，所求得的场强就不会为 ∞ 。

1—14. 比较点电荷与试验电荷?

答：点电荷是实际带电体在一定条件下的抽象模型。当带电体的线度比起所考察的距离足够小, $r \gg d$, 以致于带电体的进一步减小, 对我们所讨论的问题, 在实验要求的精度范围内不带来影响时, 相对说来可以把它视为一个点。但它本身不一定很小, 其电量 q 也可以很大。

试验电荷是我们用来测定电场的辅助工具。为了能够借

助它研究电场中各点的性质,要求它的几何线度必须足够小,以致于在它所占的微小区域内,电场可视为均匀的;把它引入以后,为了不改变原来电场的大小和分布,要求它的电量 q_0 也必须足够小。

15. 比较场与实物的同和异?

答:最主要的共同点,它们都是物质。是一种“客观实在,不依赖于人们的意识而存在着,为人们的意识所反映。”这里有两个要点:一是客观存在的,不以人们的意志为转移;二是可知的,能够为人们的意识所反映。

除此之外,还有一系列共同之处。举例如下:①与实物存在形式的多样性一样,场的存在形式也是多样的,有电场,引力场,核场等。②与实物一样,场也有质量,能量,动量,角动量。③与实物一样,在场内进行的物理过程,也遵从质量守恒,能量守恒,动量守恒和角动量守恒等普遍规律。④与实物一样,场也不能创生,不能消灭,只能由一种形式转变为另一种形式,等等。

最主要的区别,实物是由原子分子组成的,具有不可入性。一种实物的原子分子占据的空间,不能同时为其它原子分子所占有。而场是一种弥漫在空间的特殊物质,它遵从迭加性。一种场所占据的空间,能为其它场同时占有,而且互不影响。

除此之外,还有很多其它区别。举例如下:①实物的质量密度较大(10^3 千克/米³),而场的质量密度很小(10^{-23} 千克/米³)。②实物不能达到光速,场一般以光速传播。③实物受力可产生加速度,场不能被加速。④实物可作参考系,场不能当参考系。等等。

1—16. 在地球表面上通常有一竖直方向的电场,电子在