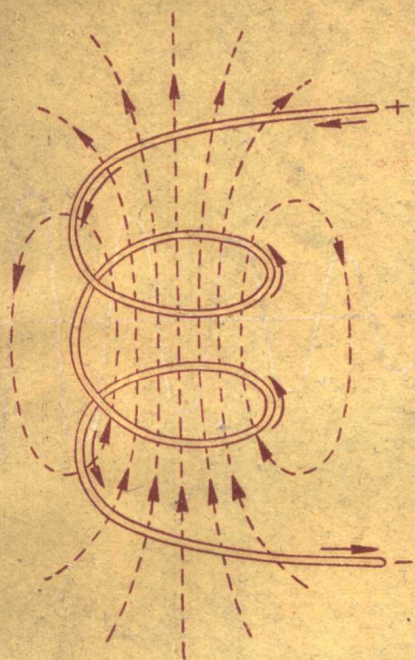




# 中学物理课程中的 电磁振荡和电磁波

耶利查罗夫 著

上海教育出版社

# 中學物理課程中的 電磁振蕩和電磁波

耶利查羅夫 著

鍾建安 譯

上海教育出版社

一九五九年·上海

К. Н. ЕЛИЗАРОВ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ  
В КУРСЕ ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

УЧПЕДГИЗ  
ЛЕНИНГРАД—1954

根据俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国教育部教育出版社列宁格勒分社 1954 年版译出

中学物理课程中的  
电磁振荡和电磁波

(苏)耶利查罗夫著

鍾建安译

上海教育出版社出版

(上海永福路 123 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 090 号

上海市印刷四厂印刷 新华书店上海发行所总经销

开本: 787×1092 1/32 印张: 4 15/16 字数: 113,000

1957 年 5 月新知出版社第 1 版第 5 次印刷 (30,001—39,000 本)

1959 年 4 月新 1 版 1959 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—7,500 本

统一书号: 7150·477

定 价: (九)0.44 元

## 內 容 提 要

本書就中學物理課程“電磁振蕩和電磁波”一章的教材和教學法作了詳盡的分析。

本書共分五章，詳盡地闡明了電振蕩、電磁場、電磁波的基本原理和基本應用，立論嚴正，深入淺出，另外還介紹了不少簡單易行的演示實驗，對於深入鑽研教材有不少幫助。各章末尾還附有教學法提示，結合實際教學經驗，對於學時支配、教材取舍和講解方法等等作了細致的分析，在提高教學質量方面，有不小的啟發作用。

本書主要供中學物理教師和高等師範院校物理系學生參考，也可作為高中學生的課外讀物。

---

統一書號：7150·477

定 價：0.44 元

---

# 目 录

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 引言.....                                                     | 1   |
| 教学计划示例.....                                                 | 7   |
| 第一章 电振荡.....                                                | 8   |
| §1. 火花放电(8)   §2. 电容器电路(11)   §3. 自感线圈电路(16)                |     |
| §4. 电振荡(25)   §5. 电振荡和弹簧摆的机械振动的比拟(29)                       |     |
| §6. 衰减振荡和等幅振荡(32)   §7. 振荡电路及其中振荡的激发(32)                    |     |
| §8. 高频交流电及其特性(34)   §9. 自由振荡和受迫振荡 电路的调谐(39)                 |     |
| §10. 电子示波器(电子射线管)(42) 教学法提示(44)                             |     |
| 第二章 电磁场.....                                                | 62  |
| §11. 线形振子(62)   §12. 电磁场(63)   §13. 电磁振荡(65)                |     |
| §14. 电场和磁场间的联系(65)   §15. 电磁波(68)   §16. 电磁波的波长和振子大小的关系(74) |     |
| §17. 电磁场的物质性 场能(76)   §18. 振子中振荡衰减的原因(78) 教学法提示(79)         |     |
| 第三章 电磁波的实验研究.....                                           | 85  |
| §19. 电磁波实验发现(85)   §20. 电磁波和光波的同—性(87)                      |     |
| 第四章 电共振.....                                                | 92  |
| §21. 振荡电路的调谐(92)   §22. 共振的实验发现(93) 教学法提示(98)               |     |
| 第五章 无线电通讯的物理原理.....                                         | 102 |
| §23. A. C. 波波夫发明无线电(102)   §24. 振荡电路的类型(105)                |     |
| §25. 天线的功用 无线电波的传播(106)   §26. 无线电报(114)                    |     |
| §27. 检波 电报的听声接收 用晶体检波器的收报机                                  |     |

(116) §28. 电子管用作檢波器(120) §29. 电子管用作放大器  
电子管收报机(126) §30. 振蕩的再生(134) §31. 产生等幅  
振蕩的电子管振蕩器(135) §32. 振蕩的調制 无綫电话(138)  
§33. 无綫电定位(142) 教学法提示(146)

## 引 言

电磁振荡和电磁波理論的基本原理列入中学物理課程还是不久以前的事;在現有的教学法書籍中,这个题目往往闡明得不够充分。

И.А.茲那敏斯基的“物理教学法”<sup>①</sup>一書只用了第424—427頁来討論这个题目。自然,在一本概括物理教学的一般方法和个别方法所有問題的書中,不可能把各个题目都加以教学法上的分析。因此,我們在茲那敏斯基的書中也就只能找到一些非常簡短的关于教学法的指示,主要是論及如何編排这个题目的具体教材这个基本問題的。

关于И.И.索科洛夫的物理教学法教本<sup>②</sup>,情况也完全一样(第539—544頁)。这本教本里指出:“作为講解的基础,可以取用1949年版索科洛夫編十年級物理教程中由B.М.舒尔金教授重写的电学第七章”(第539頁)。

В.А.集別尔等的“物理演示实验的方法和技术”<sup>③</sup>一書叙述了高频电子管振荡器的一些实验。

收在茲那敏斯基等人的書<sup>④</sup>中的集別尔的一篇短文,主要也是涉及这个题目的实验方面。

这两本書現在已經很不容易得到,而且其中有关的几篇文章的内容已經太陈旧,許多地方都需要大大修改。

涉及到我們現在所要研究的問題的教学法文献,差不多就只有这样一些(“物理教学”杂志上的單篇文章除外)。

① И.А.茲那敏斯基:“中学物理教学法”,教育出版社,1947年版。

② И.И.索科洛夫:“中学物理教学法”,教育出版社,1951年版。

③ В.А.集別尔,Ф.Н.克拉錫科夫,И.А.契柳斯金:“物理演示实验的方法和技术”,教育出版社,1934年版。

④ И.А.茲那敏斯基,В.А.集別尔,Е.Н.克尔集,М.Ю.皮奥特罗夫斯基:“中学十年級物理教学法”,教育出版社,1935年版。

Г. С. 蘭茨別爾格主編的“初級物理学”<sup>①</sup> 极其詳盡而透徹地敘述了振蕩和波的理論。這本書不是為中學生寫的，它不盡依照教育部的中學物理教學大綱；它包含的材料頗為複雜，不容易消化。中學物理教師利用這本書來安排教學有一個困難：它里边力學方面和電學方面的振蕩和波的理論是合在一起的，而在中學里却是分開講授的。但是，這個教本對於中學生雖不適合，卻可以作為物理教師的極好的參考書；讀了它以後可以搞清楚許多主要的問題。

Н. И. 特列齊雅科夫的書<sup>②</sup> 對於教師們也是同樣好的一本參考書。其中的材料依照合理的次序前後連貫地加以敘述；材料雖然很簡要，但還是符合中學物理教學大綱，適合學生的理解能力及知識水平的。

在這本書里，電磁場傳播的過程是從麥克斯韋的理論出發加以討論的。

再看現在所用的索科洛夫編的中學物理教科書<sup>③</sup>。應當指出，舒爾金教授所寫的“電磁振蕩”一章實在不能令人滿意（見“物理教學”雜誌1952年第5期中的評論），以致不可能採用。

Г. И. 法列耶夫和А. В. 彼雷什金所編教本<sup>④</sup>（發行到索科洛夫的教本出版為止）中“電振蕩和電波”一章，在當時起了很大的良好作用。這一章寫得很簡要（第145—159頁），現在看來它講得是不夠詳盡和透徹的。

“電磁振蕩和電磁波”這個題目的教材對於中學生顯得非常難，這是由於以下原因。

教科書里這個題目的材料敘述得太不好，而且還有許多錯誤。這個題目的教材是在不久以前才列入中學教學大綱的，它的某些部分還缺乏基

① “初級物理学”，Г. С. 蘭茨別爾格院士主編，第三卷，國立技術理論書籍出版社，1952年版。

② Н. И. 特列齊雅科夫：“物理教程”，教育出版社，1952年版，第808—830頁。

③ Н. М. 索科洛夫：“物理教程”，第三冊，教育出版社，1950、1951、1952、1953年版。

④ Г. И. 法列耶夫和А. В. 彼雷什金：“物理教程”，第三冊，教育出版社，1935、1936年版。



础，因为透彻理解这一题目的教材所需的一些观念和概念，在前面的物理課中或者是根本没有講到，或者是講得不够詳細。例如，交流电的特性討論得不够，而电容在交流电路中的作用的問題就根本没有談。正是由于这个原因，学生要掌握电磁波的概念就异常困难。学生在以前只知道靜电場，而在“电磁振荡和电磁波”这一题目里却碰到了动电場——关于动电場他們什么也不知道。由于缺乏講授这个题目教材的現成可用教学法，对于动电場的特性，往往只教条式地講述，而不作必要的解釋，也不把这种新学到的动电場和学生原已熟知的靜电場就各种特性加以比較。

此外，教科書里叙述这一题目教材的課文往往不确切，不清楚，有时甚至有錯誤的地方。

例如，电磁場的傳播大多是照旧有的傳統从法拉第的观点来討論的。按照法拉第的理論，电磁振荡的傳播是用电力綫的解脫和因此而来的电力綫的移动来解釋的<sup>①</sup>。（在現用的中学物理教科書中，这个問題的叙述也是用的这种方式。）从現代观点看来，这种講法是不合于事实的。而且，它常会使学生产生一些不合科学的观念。

学生会認為，那些从偶极子解脫出来的电力綫，在空間里移动。于是电磁場傳播的真实过程就被誤解成为从偶极子发出的力綫的机械运动。

一般討論振荡电路中电振荡激发过程的方式往往給学生造成一种不正确的观念，認為偶极子中的电子都以偶极子長度的一半为振幅在振动。振荡电路自感綫圈中发生的自感应电动势被毫无道理地加給方向，虽然，如所周知，电动势是标量而非矢量。

还可以指出一系列别的非常重要的缺点（詳見本書各章后的“教学法提示”）。

以上簡要地分析了現有的教学法書籍和教科書，并指出了在講課时常有的給学生掌握“电磁振荡和电磁波”教材带来困难的缺点和錯誤。这就說明，不論是在确定这个题目具体教材的内容方面或是在它的教学法方面，

① 这是一种企图用电力綫解脫束縛来解釋电磁波傳播的旧的說法，它認為电力綫原来是束縛着的，但当振荡頻率很高时，就有回綫式电力綫解脫束縛而被放出，这种回綫式电力綫和它相关的磁場在空間的傳播，就是現在我們所說的帶有电能和磁能的电磁波。——譯者

都有进一步研究的必要。必須繼續寻求教学法上的鑰路,以保証中学里电磁場理論基础的講授建立在充分的科学基础上,使學生都能自覺掌握这一部分在科学上和世界观上十分重要的教材。

必須确定这个題目教材的内容、分量和深度,拟定它的講授方法。教学时数的安排也并非次要。当然,所有这些問題的解决都应该依照教育部规定的教学大綱,并和學生以前所学过的物理課程的分量、内容及教材編排方式相适应。

著者试图为上述教学法任务寻求一个大致可行的解答,結果写成了这本书。

本書包括有关电磁振荡和电磁波的最低限度的知識,这些是物理教师在課堂上正确闡明教学大綱給这一部分教材规定的各个問題所必須知道的。按照教育部的教学大綱应该教給学生的材料在書中另外列出。同时还列入了一个可能实行的教学时数支配方案。

照这个方案要用12小时(12节课)来講授这个题目的教材。根据現行的教学大綱这应该是10小时。我的做法是基于下列見解。

現行教学大綱規定,講授“光学和原子結構”这一部分的“引言”用二学时。引言包括两个問題:1)光的电磁理論的概念,波,光綫。2)光的速度和它的实验測定法。

上述第一个問題放在“电磁振荡和电磁波”这个題目里来討論是適宜的,因为其间有着有机的联系。这样一来,这个题目的教学時間就可以增加一小时,而上述“引言”就减少一小时。

在編写本書的过程中收到了新物理教学大綱的草案<sup>①</sup>。草案在我們当前的这个題目上和現行教学大綱有所不同,这就是其中加入了电子射綫管的討論,而整个教学時間就从10小时增至11小时。前述光学中的“引言”刪去了,但其教材仍旧保留:光速的測定放在“光的傳播”里,而光的电磁本性則放在“光的波动性”里。于是,“电磁振荡和电磁波”这个题目的内容变动,就只涉及到电子射綫管。因而,如果新的教学大綱批准的話,就必須在

---

① “中学教学大綱”:“物理学和天文学”,教育科学院出版社,莫斯科,1953年版。

这个题目里加入电子射綫管的討論(必需的材料在本書里有),而整个题目的教学時間就要有 12 小时。

根据这些見解就編定了我們的教学計劃。如果由于某种原因仍旧保留从前的大綱(这大概很少可能),也不难給这一計劃加以必要的改动。結果是,电子射綫管的討論就要刪去,教学時間相应地减少一小时,而計劃中第三节課里除开电子射綫管以外的一些小問題(自由振蕩和受迫振蕩,电路的調諧)就可以加到第四节課和第五节課的教材里去。

本書提出的教学計劃决不能視為硬性的規定,这是不言而喻的。它只是一个示例。采用別样的計劃也是可以的。唯一重要之点在于,別样的計劃,和本書提出的教学計劃一样,也要从國家規定的教学大綱出发。

本書各章之后都有教学法提示,指出應該如何講授某些最主要的問題。

在本書的教学計劃示例中列出: 1) 应加研討的基本問題, 2) 这些問題在本書里的节数, 3) 分配給这些問題的教学时数。有些节的教材不必完全講授,而只要講一部分。必要的精簡在各章后的“教学法提示”里講到。

其余的材料可以供教师在課外活动中应用。

本書編排教材的特点是从火花振蕩电路开始引导学生認識电振蕩。从現代无綫电技术的观点来看,用电子管振蕩器为基础引导学生認識电振蕩是非常合适的。但要走这一条路,就應該讓学生不仅在理論上而且也在实际上很好地来研究三极管,而这在各中学里不論是在時間上或是在设备上一般都不具备必要的条件。至于火花振蕩器,由于它很簡單,而且和学生从前学过的教材有很多关联,因此較易为学生接受。所以,不仅因为历史上第一个为人类所利用的振蕩器是火花振蕩器,而且也由于前述那些教学法上的原因,著者認為,学习电振蕩理論的基本原理,可以从火花振蕩器出发,然后再介紹电子管振蕩器,这样做是适宜的①。

对于講述这个题目的教材的方法,可以指出有下面一些基本特点。

- ① 著者建議的这个方法,从设备簡單和容易接受的角度来看,是很好的,但是从現代的无綫电技术水平来看,未免相距較远一些,所以即使采用这种方法,最好在可能範圍内多講講現代无綫电技术的成就和原理。——譯者

者

著者力图把教材的各复杂問題划分开来并依照合理的次序講授，以使學生对于全部教材都能透彻理解。

电磁場的傳播是从麦克斯韋理論的观点——电場和磁場的相互联系——来討論的。电磁場的第二区(电磁波区)的研討，我們認為在这个題目里也是有益的。

电磁波沿导綫的傳播不予討論。对于完全自由的波，只稍为提一下。主要的注意放在沿大地表面傳播的电磁波上。

无綫电通訊的物理原理照这样的次序討論：在描述了波波夫の无綫电接收机以后，就分析金屑檢波器的无綫电收报机的工作原理，然后是晶体檢波器的收报机，这样就为通曉电子管收报机的工作原理准备了充分的基础。

电子管只討論二极的和三极的。关于檢波——选择二极管檢波来討論似乎最合式。然后討論电子管振蕩器和无綫電話的原理。在各种調制方法中我們选择柵极調制来討論，因为这最易为学生所理解。本書的結尾根据教育部的教学大綱講述了一些无綫电定位的常識。

最后，应当指出，电磁振蕩和电磁波这个題目在中学物理課程中占有很重要的地位。这个题目的教材在科学上和教育上的价值，就在于学生由此可以認識电磁場理論的基本原理。这个题目的教材在方法論上也具有很大的重要性，因为学生掌握了它，就能認識表現为兼有質量和能量的电磁場形态的物質，就能認識电磁波和光波の同一性。这个题目的教材也講到无綫电通訊的物理原理，因而在实用上也有不小价值。

# 教學計劃示例

(12 学时)

## 一 电 振 荡

火花放电(\$1)。电振荡(\$4)。衰减振荡和等幅振荡(\$6).....1小时  
振荡电路(\$7)。高频交流电及其特性(\$8).....1小时  
自由振荡和受迫振荡 电路的調諧(\$9)。电子示波器(电子射綫管)  
(\$10) .....1小时

## 二 电磁場 电磁波

### 三 电磁波的实验研究

綫形振子(\$11)。电磁場(\$12)。电磁振荡(\$13)。电場和磁場間  
的联系(\$14)。电磁波(\$15).....2小时  
电磁場的物質性 場能(\$17)。电磁波的实验发现(\$19)。电磁波  
和光波的同—性(\$20)。振荡电路的調諧(\$21)。共振的实验发现  
(\$22) .....2小时

## 四 无綫电通訊的物理原理

### 五 技术 应 用

A. C. 波波夫发明无綫电(\$23)。用金属檢波器的无綫电收报机  
(\$26) .....1小时  
檢波 用晶体檢波器的收报机(\$27)。电子管用作檢波器  
(\$28) .....1小时  
电子管用作放大器 电子管收报机(\$29)。产生等幅振荡的电子管振  
荡器(\$31)。振荡的調制 无綫电话(\$32)。无綫电定位(\$33).....3小时

**附注** 計劃中列出的各节的材料有些不必完全在課堂上講授,必要的  
精簡在教學法提示里講到。

# 第一章 电 振 荡

§1. 火花放电 电振荡的理论是在研究火花放电的基础上诞生的。在十年級物理課的学习过程中,我們曾不止一次地碰到这种放电。例如,在用放电器連接来頓瓶的兩表层时,我們曾发现,当放电器的小球接近那个連接来頓瓶內表层的金屬棒上的小球时,会有火花发生。其他任何一个电容器放电时也会发生火花。当轉动静电起电机时,它的两个放电体間如形成頗大的电势差,也会出现火花。在1827年,曾有人做过用火花放电时所发生的电流来磁化鋼条的实验。鋼条外面繞上絕緣导綫。导綫的一端連接到帶电的来頓瓶的外表层上,另一端逐漸地向內表层金屬棒的小球接近,到一定距离时,导綫的这一端和金屬棒的小球間就跳过一个火花,因而繞在鋼条外面的导綫中就有电流通过(图1)。

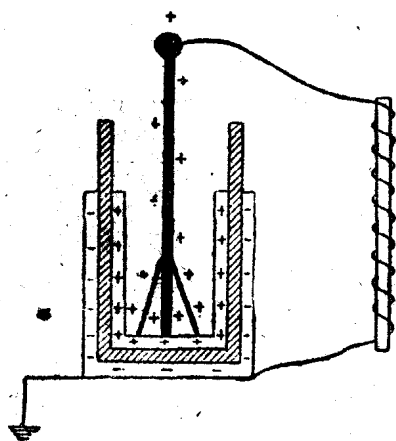


图1 用电容器(来頓瓶)火花放电时发生的电流来磁化鋼条。

实验得到了一些出乎意料之外的、当初不可解释的结果。本来,知道了电容器兩极板上电荷的符号,就可以知道繞在鋼条外面的絕緣导綫中的电流的方向,因而也就能夠預

測鋼條磁化後兩端的極性。但事實上，如果線圈的歐姆律電阻很小，實驗的結果卻不一定和預測相符。使電容器兩極板上電荷的符號保持不變，則在某兩次放電中，鋼條的同一端上可能出現不同的磁極。（注意：如果線圈的歐姆律電阻很大，兩磁極的極性就依照電磁學的定律。）那時就有人提出了一種假設，認為火花放電時發生的電流不是單向電流，而是交變電流，因此鋼條兩端的極性就要看最後一瞬間電流的方向而定。

德國科學家菲德遜在 1857 年第一個用實驗來証明這種假設。他的實驗是基於下述的見解。如果火花放電時發生的電流是交流，即方向起周期性變化的電流，而且電流強度又一個周期一個周期地逐漸降到零，那末，很明顯的，在火花隙里就會有許多次輪流向相反方向的放電，因而火花並不是連續不斷的，而是斷斷續續的。火花的這種斷續現象不能為人眼所發現，因為火花放電時發生的交流頻率很高，於是在火花隙中迅速交替的各次放電，在人眼看來就合成了一個火花。要發現火花的斷續性可利用頻閃效應。

在一面轉動着的鏡子里觀察火花放電，我們就能把在時間上順次發生的各次放電依次在空間上排列出來。圖 2 就是物理學家用以研究火花放電的裝置的原理圖。

反射鏡  $S$  的軸  $mm$  和火花  $F$  平行。利用置于火花隙和反射鏡之間的透鏡  $L$ ，我們可以在  $F_1$  處獲得火花的象。在這兒放上感光膠片，就能把火花攝影下來。照圖 2 的箭頭所示的方向轉動鏡  $S$ ，

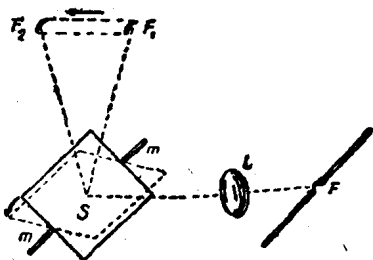


圖 2 用以研究火花放電的裝置的原理圖。

火花的象就朝着  $F_2$  的方向移动。如果火花放电只形成一个火花，则攝出的象就是一定長度(依放电的持續時間而定)的光帶  $F_1F_2$ 。但实际上火花的象却具有图 3 所示的形狀。

图 3 所示的四幅火花照片的每一幅都証明，电容器放电时的火花不是連續的，而是断續的，它由許多依次发生而有一定間隔的火花組成(在照片上这些火花的象是橫着的)。因而，电路中的电流也是断續的，此外，照片上还能十分清楚地看到，对着左边的各个亮条紋，在右边就是各个暗条紋，反过来也一样。兩組条紋分別相当于从火花隙右边的和左边的小球发出的火花。因而，电容器火花放电的电流不仅是断續的，而且其方向也起周期性的变化，即是一个交变电流。知道了反射鏡的旋轉速度，就可以确定一次放电的持續時間，即周期，由此也就能确定这交流电的頻率。各次实验得出的頻率各不相同，但在所有場合下都很大——达百万赫芝。这样看来，电容器在有电感的电路(繞在鋼

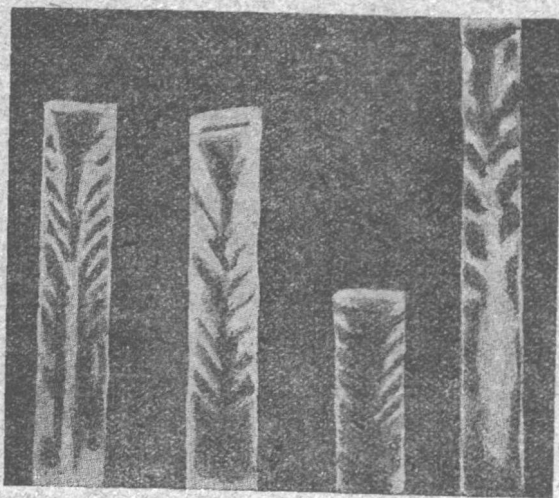


图 3 利用图 2 的裝置攝得的火花照片。



条上的导线是一个自感线圈) 中的火花放电乃是高频的交流电 (100,000 赫芝以上的频率称为高频, 无线电技术中最常用的频率是由 100,000 到  $3 \times 10^7$  赫芝)。

§2. 电容器电路 在进而详细地讨论高频交流电的各种特性以前, 让我们先来研究一种接有电容器(电容)的电路和一种接有自感线圈(电感)的电路, 因为这对于了解以后的东西是极端重要的。

假设直流电源  $E$  的电路里接有一个电容器  $C$  (图 4)。又设我们接成的电路不具有电感。当电路闭合时, 电源的两极就要使电容器的两极板达到和自己相同的电势, 于是就发生一个电流, 这电流经过一个非常短促的时间以后就停止了, 而电容器也就充好电了。

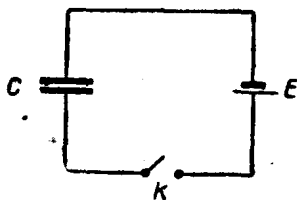


图 4 电容电路。

在开关刚闭合的那一瞬间, 电路中发生的电流的大小由电源的电动势和电路的电阻决定。但以后, 电容器的两极板逐渐充电, 它们和电源相应电极间的电势差就逐渐减小, 于是电路中的电流强度也逐渐减小, 而最后, 当电容器已经充好电时, 电流就等于零。电流强度这种随时间的变化可以用曲线来表示, 如图 5。

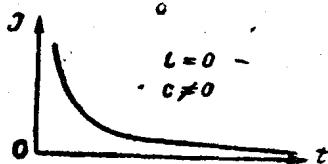


图 5 电容电路中的电流强度曲线。

因此, 电容电路中的电流强度在很短的时间内就降到零, 此后电路中就没有电流了。在直流电路中, 电容器由于电介质形成一个断路, 因此直流电就不能在这个电路中通过。这可以用实验来证明。把一个 127 伏特的白炽灯接在一个串有电容器的直流电