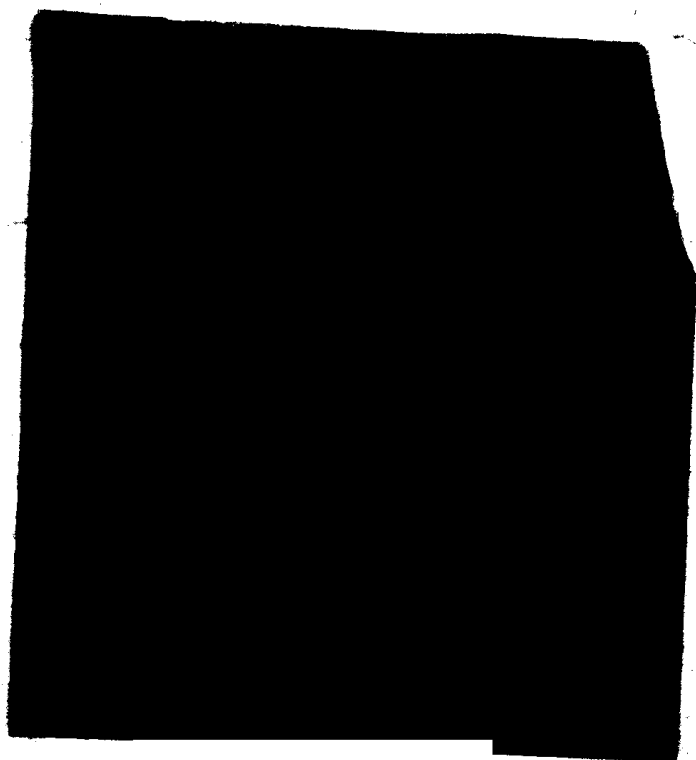


趣 味 無 綫 電 工 學

苏联 E. A. 列 維 欽 著
Л. B. 庫 巴 尔 金
元 禾 譯



人 民 郵 電 出 版 社

Л.В.КУБАРКИН, Е.А.ЛЕРМОНОВ
ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ,

內 容 提 要

本書是一本趣味讀物，用生动有趣的例子來說明無綫电工学中各种現象和实質，目的是帮助初学無綫电的讀者理解和掌握無綫工学。

本書可供具有中学程度的無綫电爱好者閱讀。

趣 味 無 綫 电 工 学

著 者：苏联 Е. А. 列維欽 Л. В. 庫巴爾金

譯 者：元 禾

出版者：人 民 郵 電 出 版 社

北京东四 6 条 13 号

(北京市書刊出版營業登記證出字第 0 四八号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

發行者：新 華 書 店

开本 850×1168 $\frac{1}{2}$

印張 6 張 頁數 110

印刷字數 185,000 字

印數 1—20,200 册

1958 年 7 月北京第一版

1958 年 7 月北京第一次印刷

統一書号：15045·总 761—無 191

定价：(10 $\frac{1}{2}$) 1.10 元

作 者 的 話

“趣味無線電工學”這本書的目的不是系統地敘述無線電技術的基本原理，也不想用來代替教科書。它像Я.И.彼列利曼首倡的体裁的其它書籍一樣，主要目的在於引起讀者研究科學技術的興趣，幫助讀者發揮他們在技術上和科學上的思考能力，和培養讀者理解各種現象的物理實質的能力。

為了達到這些目的，本書在無線電技術和與之有關的電工學和物理學領域中選出了許多獨立的关键性問題來研討，並且尽可能利用與生活有密切關聯的好懂好記的例子來說明這些問題的本質、作用和意義。

為了更好地揭露這些問題的物理實質，并使敘述富有趣味，問題常常是從異乎尋常的非公式化的角度出發來討論的。這樣可以使現象更容易理解，也可以幫助讀者鞏固和增進既有的關於科學技術各部門間相互聯系的知識，這是綜合技術教育不可缺少的基础之一。

為了增添本書的趣味，書中列入了許多早就引起無線電愛好者的注意，但是在刊物中還沒有得到充分闡明的问题。

本書各篇中引述的許多例子，有的是無線電技術方面的，有的是屬於其它知識部門的（还有不少是日常生活中的）。與這些例子相關的計算和數字對比都很有趣，有時還得出出乎意料的結果；這一點是在選擇例子時特意加以考慮的。

作者會經常碰到而又未能圓滿克服的主要困難，是本書所討論的問題在難易程度上參差頗大。雖然如此，在取材上通常還是以對無線電技術的物理原理感興趣的中級無線電愛好者為準。一部分材料，可能不僅是無線電愛好者會感興趣，就是高等和中等無線電技術學校的學生以及職業無線電工作人員也會感興趣。

目 录

作者的话

电子有多大? 1

一切物体是由什么構成的? 4

一克电子 7

电子的运动速度 9

电流的四种形式 12

电流向哪方面流? 16

电流通过电容器嗎? 17

用玻璃綫做成的振盪电路綫圈 20

什么时候 1 不等于 10×0.1 ? 23

30 种阻抗 24

有負电阻嗎? 27

十种变换器 30

机械振盪、电振盪和电磁振盪 33

真空是什么? 37

还有多少空气分子留在电子管里? 39

灯絲为什么会燒断? 40

灯絲电压不足造成过热 42

保險絲在开机时燒断 43

电子管的电阻隱藏在哪里? 45

电子管为什么能放大? 48

R_i 是什么? 50

电子管的大小和参数 52

超外差噪声和“虫点” 54

休息和工作, 哪个輕松? 56

板極为什么会發热? 59

什么东西把板極塗黑了? 61

电子管和热水瓶 62

电極上的藍色光輝 63

电子躲到哪里去了? 65

电子管用过几个名字? 68

难以命名的电子管 68

为什么运动员的步伐不整齐? 71

声波的波長 73

波長呢还是頻率? 75

有关蚊子叫的数字 77

蝙蝠的定位数据 78

为什么我們能互相了解? 80

C 和 Φ 81

$\frac{1}{16}$ 秒 83

純音的最小延續時間 84

通頻帶的界限 85

声音的动态范围 86

用大气压力的單位来表示声音的强度 88

声波中空气粒子的位移 89

揚声器为什么会响? 90

揚声器的功率是由什么决定的? 92

两只喇叭 94

为什么室內听起来比室外响? 96

在飞机旁边談話 98

無声揚声器 100

能够用牙齿来听嗎? 102

蒼蠅的脚步声 103

压电元件極板上的电压 104

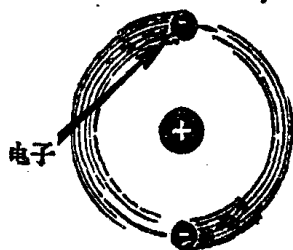
这不是我的声音 106

拾音器和唱針哪个动得快些? 107

7/69 62

收音机和眼睛.....	109	天綫中的小灯泡.....	156
收音机能放大多少倍?	110	实现了的大話.....	157
收音机的灵敏度極限.....	112	脈冲發射机的工作日.....	159
好的和坏的振盪电路哪一种更 合用?	114	不用無綫电的电视可能嗎?	160
放大 150 亿倍.....	115	攝取电视接收机熒光屏上的圖 象.....	161
能量利用率.....	116	在电视屏上横扫几千千米.....	164
一个人的力量够不够收音机使 用?	119	电视接收机当雷达用.....	166
收音机的效率.....	120	应当怎样理解同步?	169
收音机取用的功率用到哪里去 了?	124	行数和頻帶寬度.....	171
收音机的輸出功率和房間的面 积.....	126	最多是多少行?	173
为什么摸触柵極会引起叫声? ..	127	眼睛的电视参数.....	175
矿石机加接揚声器.....	129	伸出去的手掌.....	176
推挽檢波.....	131	短路在什么时候是有益的?	178
板压和板極上的电压.....	133	又一种短路.....	181
变压器代替电子管.....	135	只及头髮的 $\frac{1}{2}$	182
在什么波長上放大得多些?	137	还要薄 $\frac{3}{4}$	183
为什么自动增益控制不造成 失真?	139	頻帶.....	183
是扩展波段还是压縮波段?	141	頻帶寬度和發射頻率的关系.....	186
鑽石度盤.....	141	檢波器的进化.....	188
橫式和直式收音机.....	144	矿石檢波器的秘密.....	191
魔棍.....	146	电子管的三个对手.....	194
屏蔽天綫.....	148	还有一个对手.....	198
有鉄心的天綫.....	150	晶体三極管为什么能放大?	200
地綫要接地嗎?	151	用非导体做成的导体.....	202
天綫中有1000伏电压.....	153	金屬絕緣子.....	204
		在冷的螺旋圈里加热.....	205
		怎样烤肉餅?	207
		热望远鏡.....	210
		被冻结了的电荷.....	212

电子有多大？



無綫电技术上所用的各种設備和仪器常常叫做电子設備和电子仪器。什么电子設備啦，电子繼电器、电子管、电子电视啦，等等，这些字眼是經常听到也是經常看到的。

本来是無綫电技术上的东西，为什么却經常跟“电子”这个詞連在一塊呢？

当然，要說电子是整个物質世界的最重要的組成部分，那是解决不了問題的。如果說加上“电子”这个詞是用来表示物質組成的特征，那么去掉了这个形容詞，岂不是只剩下表示抽象概念的詞兒了么？

要說無綫电技术設備是电的設備，而电流又是电子流——那显然也是講不通的。从来沒有一個人想到要把电鈴叫做电子鈴，把电燙斗叫做电子燙斗，虽然毫無疑問，它們的作用都是以电子过程为基础的。

在現代科学技术上把一些仪器称为“电子”仪器，是因为在它們的工作过程中是利用自由电子，就是不受原子約束且主要是在真空或气体中运动的电子。無綫电技术上的許多仪器和設備，都是利用这种自由电子来工作的，因此熟悉电子和电子的本性，对于無綫电工作者來說，是很重要的，对于無綫电爱好者來說，也是很重要的。

电子究竟是什么呢？

自然界中所有的物質——固态物質、液态物質和气体物質，都是由分子構成的。分子虽然極小，但結構仍然是很复杂的。甚至米粒般大的物質所含的分子数，就已經大到使我們摸不着頭腦。只有用比較的方法才能对这种数目的大小有一个清楚的概念。

就拿一滴水來說吧。一滴，這是我們在日常生活中用來衡量液體的最小單位了。可是一滴水却含有真不知多少個分子。為了想像出這個數目的大小，我們暫且拋開一滴水，而來看整個大海。

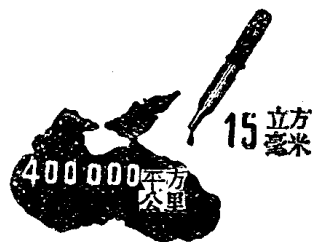
在蘇聯的南方有一個美麗的黑海。它沖刷着四個國家的海岸，巨大的輪船在它里面航行。黑海水天相接，一望無際，面積大約等於 40 萬平方千米，平均深度不下 750 米。

黑海里的水滴有多少？這樣一個出人意料的問題，當然會把我們每個人都給問住的。就說一杯水有多少滴吧，一下怕也難想出來，更不要說汪洋大海了。可是，鉛筆和紙會幫助我們把這個數字迅速求出來的。如果我們假定一滴水的體積是 15 立方毫米，那我們就能算出，黑海大約含有 2×10^{22} 滴水。

這個數字本身對於我們倒不十分重要，它和一滴水和黑海的對比卻很重要，因為黑海里有多少滴水，而一滴水里也就有這麼些分子。

這個例子也許可以幫助我們想像一個分子有多小。雖然想像起來還是有些困難，但總算是比較具體。可是，分子不是還可以再分么，它不是由更小的粒子——原子——組成的么？

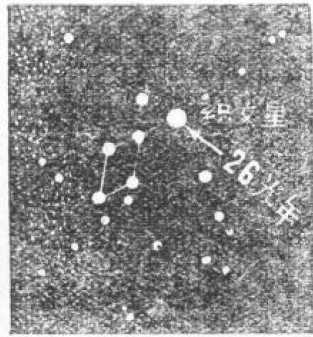
這裡是一個別針頭。我們在要強調一個東西的截面很小的時候，常用它來比較。然而一個別針頭卻含有 10^{19} 個鐵原子。



這個數目可以和什麼數目相比較呢？從地球到太陽是 15000 萬千米。我們把公里換算成毫米，就得到 1.5×10^{14} 毫米。這個數字極大，可是把一個別針頭所含的鐵原子均勻地分佈在地球和太陽之間的距離上，每毫米內就有 50 萬

個！如果我們在每毫米上只擺一個，那麼這一長串原子就會延伸 10^{13} 千米。這樣長的一條路程，叫光也要一年才走得完。

一個鐵原子含有 26 個電子，因此一個別針頭所含的電子的數目就是原子數目的 26 倍。這麼多電子每隔 1 毫米地排列起來，就



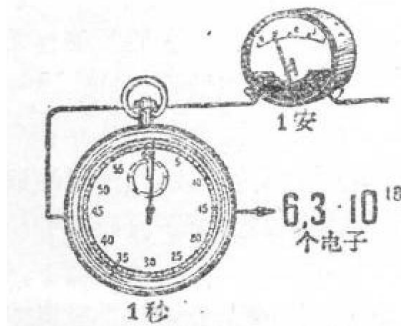
会从地球一直伸延到宇宙空间的无穷远处,叫光来检阅它们的队伍,也得走26年。这样的距离就是从宇宙的尺度来看也是很大的。因为地球跟最近的恒星的距离“才”4光年。26光年,这是天琴星座中明亮而美丽的织女星跟地球之间的距离。

一个别针头就能把我们引到这么远去。

电子到底是什么呢,有些什么数字来说明它的各种物理性质呢?

电子含有最小的电量。我们所以认为电子含有最小的电量是因为到现在为止,我们从来不曾见过更小的电荷,虽然现代的实验技术

在原理上有可能发现和测量比电子小得多的电荷。根据最新的资料,电子电荷等于 4.8×10^{-10} 绝对静电单位,或 1.6×10^{-19} 库伦。这个数值对于从事电工和无线电的人来说很重要,因为他们经常要跟电荷和电流打交道。一安培的电流,就是在一秒钟内有一库伦电量



流过导线横截面的电流。很容易算出,一库伦等于 6.3×10^{18} 个电子的电荷。电流为一安时,一秒钟内就有这么多电子流过导线的横

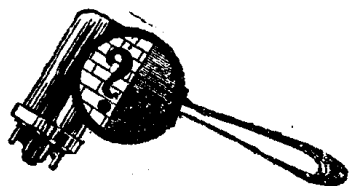
截面。

这个数目是很大的。如果把一个物体充上一庫倫的負电荷,然后每秒鐘从它那里取出一百万个电子,那末就需要 20 万年才能取完。

而这么多的电子又有多重呢?

物理学家們用巧妙而且精細到令人嘆服的实验,不仅测出了电子的电荷,而且也确定了电子的质量。电子的质量等于 9.1×10^{-28} 克。这个质量小极了,因此往往可以不去考虑它,就認為电子是没有质量的。但是电子的质量究竟不等于零,因此把一庫倫电量的电子数乘上刚刚講过的这个数字,我們就知道一庫倫电量“重” 5.7×10^{-9} 克,或 0.0057 微克。

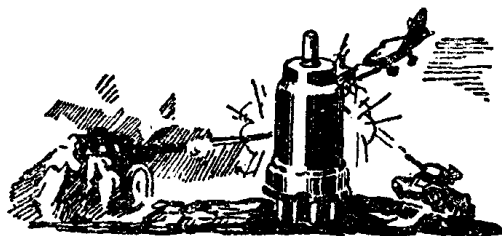
这是个微不足道的数值。就是用最好的微量分析天平,也“秤”不出庫倫来。这种天平的灵敏度等于百万分之几克,但是一庫倫只有这数值的千分之一“重”。



一切物体是由 什么構成的?

任何物質的極少一部分中就含有大量的原子,这使我們不能不認為構成物質的基本粒子是紧紧地挤在一起的。

可以举出許多例子来为我們的这个想法作証。在我們前面摆着一个电子管。它的玻璃壳或金屬壳里的空气是仔細抽掉了的。空气



分子的百万大軍从外面狂暴地向管壁攻击,想冲到里面去。管子表面每一平方厘米,在室内温度下,每秒鐘要受到电子管周圍空气分子 10^{22} 次的撞击。

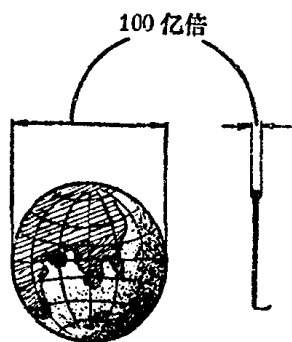
空气分子的运动速度达到每小时 1500 千米。然而薄的管壁却順利

地擋住这种猛烈的炮火。空气分子在管壁上連一条最小的裂縫也找不到。

这使我們不由自主地認為，構成物質的基本粒子，就像牆上的磚一样，是紧紧地聚积在一起的。

我們来看实际的情况是怎样的。为此，我們仍旧来看別針头。首先讓我們列出一些用得到的数字：电子的直徑我們假定等于 10^{-5} 埃（1埃 = 10^{-7} 毫米），原子核的直徑平均是 10^{-4} 埃，而原子的直徑大約是 1—2 埃。別針头的直徑我們假定等于 1.3 毫米，也就是 1.3×10^7 埃。而別針头所含原子的数目，我們前面已經指出，是 10^{19} 个。

讓我們把別針头放大到地球那么大。地球的直徑大約是 13,000 千米，也就是 13×10^9 毫米。因此，直徑 1.3 毫米的別針头，必須放大一百亿倍（ 10^{10} ）才和地球一般大。



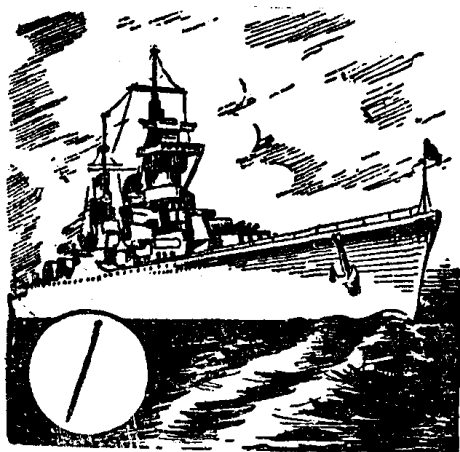
照同样的倍数放大以后，原子就有多大呢？原子的直徑大約等于 1 埃，也就是 10^{-10} 米。放大一百亿倍以后，原子的直徑就等于

一米。这样放大的結果，我們就得到一个直徑为一米的原子模型，不难想像它的圓周大約等于兩人合圍起来那么大。

而原子核和电子照同样倍数放大以后又有多大呢？

原子核的直徑大約等于 10^{-4} 埃，或 10^{-11} 毫米。放大 10^{10} 倍以后，原子核將有 0.1 毫米大。本書所用的句点，直徑大約是 0.5 毫米；也就是

說，放大后的原子核，直徑只有它的 $\frac{1}{5}$ 。这和 头髮的粗細差不多。



在这样的一米大小的原子模型中，可以看得見原子核嗎？要是有良好的側面光照，背景也恰当，那么眼睛好的人是可以看出它来的。平常我們看不見的灰塵微粒，在太陽光下不是也可以看見嗎？

而电子的直徑达到多大呢？它只有原子核的 $\frac{1}{10}$ 。一根蜘蛛絲的粗細，和放大一百亿倍以后的电子直徑差不多。这样的电子“模型”，只有用放大鏡才能看見。

我們得到了怎样的一个模型呢？这是一个直徑一米的球形，中心有一顆勉强可見的塵粒。圍繞着它，在远近不同的一定表面上（就像是一些看不見的球壳），有26个电子在打轉，它們只有用放大鏡才能看見。原子實質上是空的。作为实物的原子核和电子，在原子中只佔据 $\frac{1}{1,000,000,000,000,000}$ 的体积。可以拿我們的太陽系来打个比方。太陽系实际上是薄餅形的，但是我們可以近似地把它想像成球形的，球的直徑是从太陽到离它最远的行星——冥王星的距离的兩倍，也就是120亿千米。在这个巨大無比的範圍里，太陽、地球、其他所有的行星和各行星的衛星，只佔据極小的空間，但是这一部分有物質的空間对球体的其余空間的比值，仍然比原子的同样比值大200倍。

原子几乎是完全空虛的。又因为任何一种物質的基本結構正是原子。所以可以毫不誇大地說，一切物体都主要是由真空構成的。实物在这个真空中成一小分一小分地散佈着^①。

物質中的各个原子也不是紧紧地互相貼着的，因此在任意大小的任何一种物質中，空虛的那一部分比各原子所佔据的那一部分还是要大。假使我們能把物質压紧到使它所有的原子核紧紧地聚在一起，那么一切东西的体积就会縮小到难以置信的地步，但同时重量却保持不变。一立方米的物質压到这样紧以后，就会变成一顆看不見的塵粒，体积只有百万分之几立方毫米。仍旧用別針头来打比方。可以算出，排水量45,000吨的一艘現代的大型主力艦，如果

① 应当認識，“真空”这个詞在这里是借用的，它应当理解为具有傳遞能量的能力的物理媒質。——原註

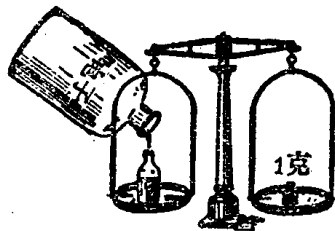
把它的全部材料加以紧縮，使所有的原子核都紧紧地聚在一起，那么它的全部实物就只有一个别針头那么大。但是这个别針头在我們地球上竟重四万五千吨。

既然物質在實質上是很空虛的，它为什么又是不可貫穿的呢？为什么撞在电子管外壁上的空气分子，不能貫穿到里面去呢？

就是最薄的一層物質，也是由許許多多原子構成的；这些原子真是太多了，以致“局外的”分子不能从它們当中穿过去。分子要和原子發生許多次碰撞，結果自己的能量就全部消耗光了。100个原子厚的金屬薄片就已經不能为气体穿过，而金屬电子管的外壳厚約0.5毫米，大約相当于 5×10^{10} 个原子。原来，要跟原子發生“碰撞”，根本不需要“撞”在它的原子核上。在原子所佔据的空間里，作用着異常强大的力量，因此对于基本粒子來說，將它們移近至跟原子大小不相上下的距离时，从所产生的后果来看，實質上已經是碰撞了。

原子核都是帶陽电的，兩個原子核越接近，它們之間的斥力就越大。在兩個原子核还没有完全靠攏，斥力就已經增大到使靠攏过来的那个原子核彈回去或者使它的运动路綫弯轉。

一克电子

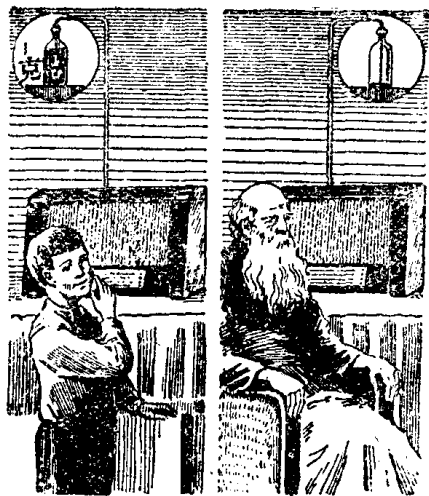


跟电子有关的数字，有时候小到無法想像，有时候又大到难以相信。这些数字跟我們所習慣的一切尺度都迥然不同，以致我們根本不能領会它們。

比方說，电子的質量—— 9×10^{-28} 克，告訴我們什么呢？我們根本無法理解这个数目究竟小到怎样一个無法測量的程度。为了容易了解这一点，我們来算算看，要多少个电子才能湊成1克。这个

計算很簡單，要 $\frac{1}{9 \times 10^{-23}} \approx 10^{27}$ 个电子。

我們把这个巨大的数目跟另一个也是極大的数目（形成 1 安电流的电子数目）来比較一下。我們知道，在 1 安的电流下，每秒有



1 庫倫的电量，或者說有 6.3×10^{18} 个电子通过导綫的横截面。

第一个数目 (10^{27}) 比第二个数目 (6.3×10^{18}) 大多少呢？要使电路里維持比方說 0.5 安的电流——“祖国”牌收音机工作时所需要的电流，一克电子能用多久呢？設想我們弄到了一瓶电子，淨重 1 克，瓶子上裝着一个龙头，可以放出所需大小的电子流。用我們的这个寶貝瓶子来給

“祖国”牌收音机供电，能用多長時間呢？

我們先算 1 克电子可以維持 1 安的电流多少秒鐘。我們用 1 庫倫所含的电子数去除 1 克所含的电子数，就得：

$$\frac{10^{27}}{6.3 \times 10^{18}} \approx 1.6 \times 10^8 \text{ 秒} \approx 44,000 \text{ 小时} = 1,800 \text{ 天}。$$

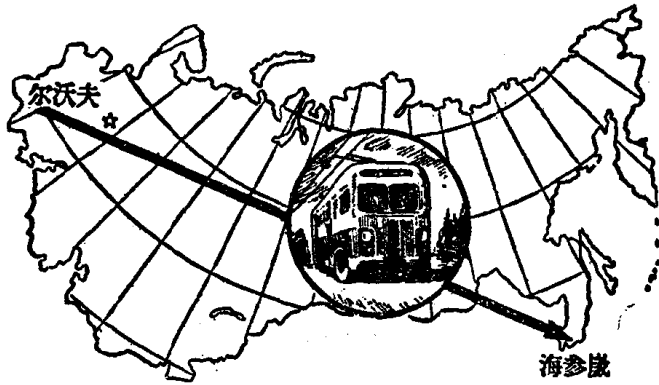
“祖国”牌收音机消耗 0.5 安电流，因此 1 克电子可以供它用 $1800 \times 2 = 3600$ 天 ≈ 10 年。

一克电子足以保証“祖国”牌收音机連开 10 年！我們的計算結果竟是这样的出人意料。

再說，从来沒有一個人是把收音机一刻不停地开着的。通常一天也不过开上 4 小时。在这种工作条件下，小瓶子中的电能儲备——1 克电子，就可用 60 年。要說这笔得手的交易可以保証一个人一生有收音机电源用，也一点不算过。

为了使印象更加具体，讓我們再做一个計算：1 克电子可以供一輛無軌电車用多久？無軌电車所需的电流大約是 130 安。1 克电

子可以保证一辆无轨电车连续开 $\frac{1800}{130} \approx 14$ 天。



这个数字也是出乎意外的大，特别是在和电车的行程比较的时候，更可以见到。无轨电车每小时走 40 千米，14 天就走差不多 13500 千米，也就是说从西到东驶完了整个苏联这样一个大国。无轨电车两个星期不停地奔驰，穿过森林、田野、山岭、荒林，穿过城市、工厂和乡村。白昼和黑夜互相更替了 28 次，无轨电车才终于达到了太平洋的岸边。在这么多天里，在这么长一段旅程里，只有一克电子流过了它的电动机。

一克电子就有这么多！



电子的运动速度

电流沿着导线传递的速度大到难以置信，实际上就等于光速。电信号沿着导线每秒钟要走三十万千米。

导线中的电流就是电子的运动。这是不是说，电子在导线中也是以光速运动的呢？

不，不是那意思。电路闭合以后，电场就沿着导线传播，而且它是以光速传播的。如果电路很长，那在一秒钟以后，离开闭合处 300,000 千米的电子的确开始运动起来了。但是这些电子并不是

电路閉合时在閉合处开始运动的电子，而是另外一些所謂“当地”电子。以光速傳播的电場到达导綫的哪一段，就把哪一段里的电子帶动起来。

而电子本身呢？它們的运动却是極慢的，而且运动的速度很不一定。

参加形成电流的是自由电子。金屬中含有大量自由电子，它們的数目大約和原子的数目相等。然而这些电子不仅是在受到电場作用的时候才运动，就是在沒有电場的时候，它們也不停止运动。自由电子經常处在混乱的热运动中。但是电子在金屬中的这种运动異常困难。电子不断地跟別人碰撞，既要跟別的电子碰撞，也要跟原子碰撞，撞来撞去，它的运动方向就不断改变，速度不断減小，还常常向相反的方向彈回去。

导綫中电子的热运动速度，实际只有每秒几十千米。电子的这种热运动几乎不产生任何电效应，虽說电子的任何一种运动都是电流。这是为什么呢？因为热运动具有混乱的特征：有多少电子在这个方向上运动，一定也有同样多的电子在相反的方向上运动。

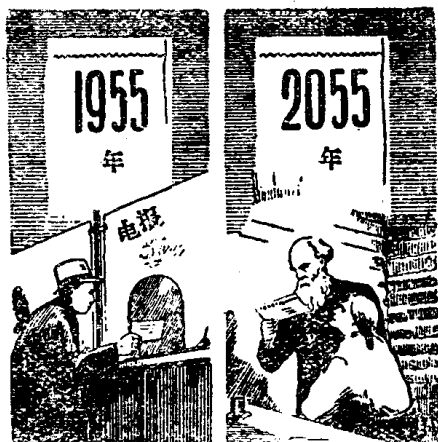
当电子受到电場的作用的时候，除了这种混乱的运动以外，还产生一种有秩序的同向运动。但这并不是說，在有电場的时候，所有的自由电子都向同一个方向运动。电子在电場的作用下获得的速度比較小，但这个速度要和热运动速度相加起来。这就是說，原来在电場的作用方向上运动的电子，速度增大，而在相反的方向上，电子的运动却被減慢。結果，所有的自由电子就順着电場的作用方向移动。电子的这种移动，我們就叫做电流。

电場的作用所引起的电子运动速度，有多大呢？

导綫中的电子在电場的作用下得到的运动速度，在兩次碰撞之間的时间內，可能很大，达到每秒几千米。但是無數次的碰撞使得电子在电場作用方向上的实际位移速度極小。这个速度归根結底决定于电場强度，平均起来，导綫每厘米長上有1伏的电場强度，可以引起大約每秒10厘米的电子运动速度。

但是这样的电场强度是很少见的。要在1千米长的导线中建立这样的电场，必须给它加上100,000伏的电压。实际碰到的电场强度常常小得多，因此电子在电场作用方向上的运动速度，只有每秒几毫米甚至不到一毫米。例如，在电灯线路的电场强度下，电子的运动速度是每秒1—3毫米。电子一小时大约只移动10米。

这样看来，电流的速度乃是促使电子沿着导线运动的电场传播的速度，而不是电子本身的速度。假使电流用电子的速度来传播，那么从莫斯科发一封电报到海参威也许就要100年才到得了。收电报的也许是收件人的曾孙子。电流流得这样慢，莫斯科要从古比雪夫水电站得到电流，就得等10年，甚至我们要开电



灯，也得在需要灯光之前半个钟头就动手，因为在每小时10米的速度下，电子要从开关走到电灯至少也得半小时。

在以上所举的这些例子中，我们都假定所碰到的是直流电，也就是说，电子是向一个方向运动的。如果是交流电，电子就只守着平均位置来回振动，根本不移动多远。

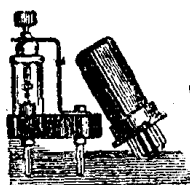
电子在真空中运动的速度，比在导线中大得多。这是很自然的，因为电子是在近乎完全空虚的空间里运动，不跟其它粒子碰撞。因此它们的运动速度就只决定于电场的加速作用，而且实际上远远超过热速度。电子管加上250伏的板压时，其中的电子就以每秒9,000千米左右的速度飞过阴极和板极之间的空间。在电视显象管里电子飞奔得还要快得多，因为电子在这里被好几千伏的电压所加速。

导体中电子的热运动方向是很混乱的。在每一定瞬时，有一定数量的电子具有足以飞出导体范围的运动方向。然而要战胜导体的

表面層對於電子來說是一個嚴重的難關，因為表面層要把電子推回導體里去（見第 91 頁）。電子要掙脫出去，必須具有很大的速度。例如，電子要從鎢（用來做電子管燈絲的金屬）中飛出，必須具有每秒 1270 千米的速度。

只有把導體強烈加熱才能使導體中的電子得到這麼大的速度。電子達到這個速度時，就開始從導體飛入外界空間，這就是電子放射。用鎢做成的導體要得到正常的電子放射，必須加熱到 2500°C 左右。

這樣看來，無線電設備中電子的運動速度，大約是在每秒零點幾毫米到每秒幾萬千米的範圍內。



電流的四種形式



電流這個概念通常和電子的運動聯繫在一起。我們把電流看做是沿導線運動或經過電子管空間飛馳的無數電子的流束。

但是電流不一定就是電子流。電流是電荷的運動，但是電荷不單是電子才具有。而且電荷運動的性質也往往不同，甚至有的要說它是“流”反而不很恰當。

電流到底可以有幾種形式呢？

我們碰到的電流，大都是在金屬導體里的。這種電流確是有組織的電子運動，用“流”這個字來給它下定義很恰當。電子管極際空間中的電流也具有類似的性質，這種電流可以作為自由飛馳的電子流的典型。

電流的這種方式是大家最熟悉的，因此就不值得再去詳細談它了。

離子是極普遍的電荷攜帶者。原子在正常狀態下是中性的，因為原子核的正電荷被各電子“壳層”中電子的負電荷完全平衡了。但