

第十一章第一节 电源和电流

授课人：陆岳锋¹

¹ 物理与电子工程信息学院，ZJNU

March 6, 2021

闪电



手电筒

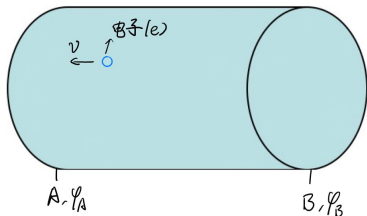


初中：电荷的定向移动 \rightarrow 电流。

上一章：电子能够发生定向移动 \rightarrow 电场力在起作用 \rightarrow 需要电场 \rightarrow 就有电势。

综上，电场 \rightarrow 电流。

我们考虑这样一个导体：



$$\varphi_B < \varphi_A$$

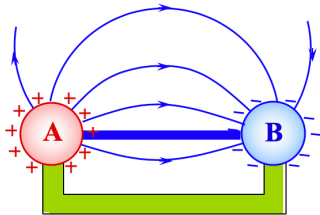
$$\varphi_A - \varphi_B = U_{AB}$$

(1)

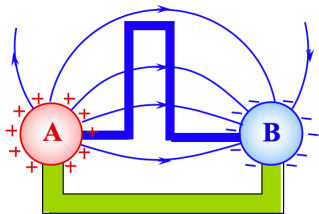
是不是和静电屏蔽的微观机制有点像？——
闪电的原理。

有电源，能一直维持电势——手电筒的原理。

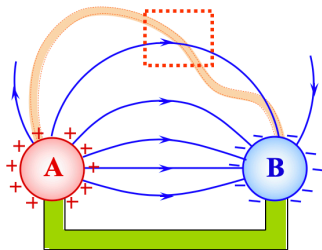
可以将它简化为：



我们考虑导线这么连的情况：

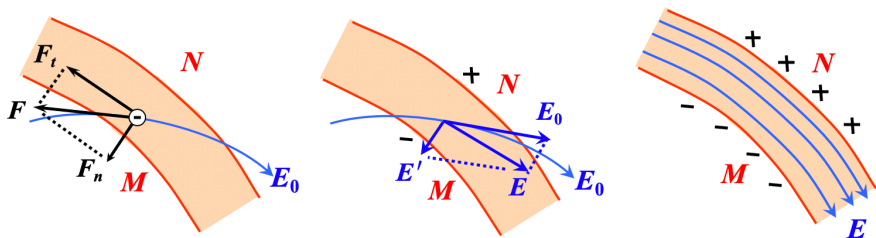


更一般地，我们将导线随便放，得到下面这幅图的情况



思考：是不是导线中的电流就断了？

我们将上图的一部分拿出来作分析 (定性):



小结——恒定电流:

电流形成的条件: 导体 (有自由电子) 两端有电压 (内部形成恒定电场)。

电源的作用: 保持电路两端有电势差, 使电路中存在持续电流。

电流的方向: 跟正电荷定向移动的方向相同。

电流是 标量? 矢量?

- ① 定义式：

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2)$$

- ② 单位：安培 (A)

- ③ 决定式：

$$I = nqvS \quad (3)$$

其中， Q 为导体 SL 体积内的电荷量，即导体横截面积上通过的电荷量。 n 为单位体积内的自由带电粒子数为 n ， q 为带电粒子带电量，对于电子来说是 $-e$ ， v 是粒子平均运动速度， S 是导体横截面积。

该决定式的推导：我们基于以上参数写出定义式中的 Q 为 $nSLq$ ，代入定义式 (2) 不难求出 $I = nqvS$ ，我们可知电流即导体横截面积上单位时间通过的电荷量。

有一条横截面积为 $S = 1\text{mm}^2$ 的铜导线，通过的电流 $I = 1\text{A}$ 。已知铜的密度为 $\rho = 8.9 \times 10^3\text{kg/m}^3$ ，铜的摩尔质量 $M = 6.4 \times 10^{-2}\text{kg/mol}$ ，阿伏伽德罗常数为 $N_A = 6.62 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ ，电子的带电量为 $e = -1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ 。求铜导线中自由电子定向移动的速率。

解：

取一段导线，自由电子从一端定向移动到另一端的时间为 t ，则导线长为 vt ，体积为 Svt ，质量为 ρSvt 。这段导线中的原子数为

$$n = \frac{\rho Svt}{M} N_A \quad (4)$$

自由电子数也为 n 。时间 t 内全部自由电子都通过导线的截面，电量为

$$Q = ne = \frac{\rho Svt}{M} N_A e \quad (5)$$

由电流强度定义式 $I = \frac{Q}{t}$ ，可解得 $I = \frac{\rho Sv}{M} N_A e$ 。则

$$v = \frac{IM}{\rho S N_A e} = 7.5 \times 10^{-5}\text{m/s} \quad (6)$$

- ① 基于以上例题, 我们可以看到导体中电子的运动速度非常慢, 达到 $10^{-5} m/s$ 量级。为什么导体中电子移动速度这么慢, 移动 1m 长的导线大约需要三个小时! 而我们只要一点开关, 灯就亮了?
- ② 导体在静电场中的平衡 (内部无电场) 和这里的产生恒定电场矛盾吗, 为什么?
- ③ 我们知道带电粒子在恒定电场中做的是加速运动, 根据上文的推导, 认为导体中存在恒定电场, 而根据电流的微观表达式, 我们有 $I \propto v$, 电子速度越大, 电流越大。那么, 导体中各个位置的电流应当不同。那导体中为什么会存在恒定电流? 用电流表去测导体任何一个地方的电流为什么会大致相等?