

侯世达蝴蝶 和十瓶干马蒂尼问题

Hofstadter's Butterfly & Dry Ten Martini Problem

尤建功

科学家总爱尝试做一些别人没做过的事情。1879年，有个名叫霍尔（Edwin Hall）的美国物理学家做了一个实验，他在—块通电的金属板的垂直方向加了磁场，奇妙的事情发生了，他发现金属板的两侧产生了一个附加电场，即金属板两侧产生了电势差，这一现象就是霍尔效应，这个电势差也被称为霍尔电势（见图1）。

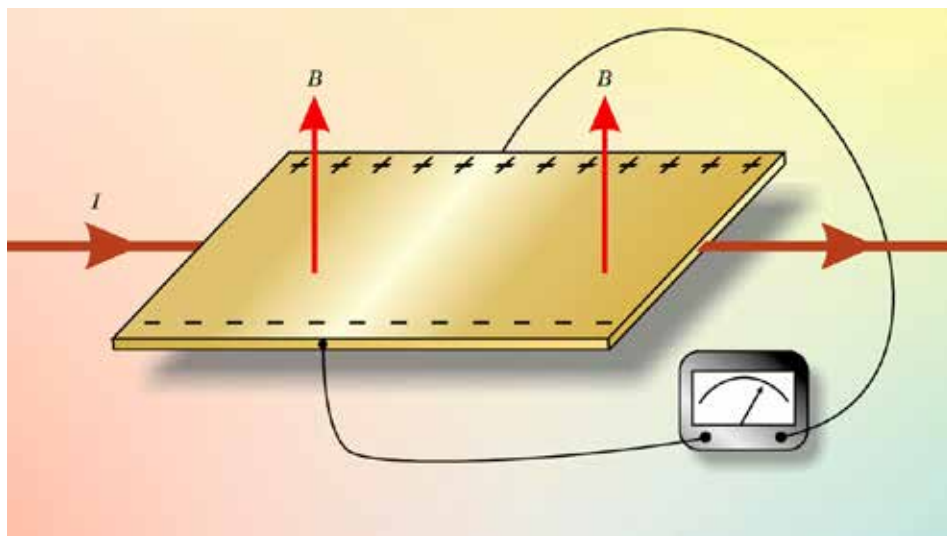


图1. 霍尔效应

100年后，一个名叫冯·克利青（Klaus von Klitzing）的物理学家重温经典，又做了这个实验。不过100年后，条件更好了，所以冯·克利青可以把实验做得更花哨，他用二维电子气代替金属板，并把实验环境温度降到很低。不可思议的事再次发生：冯·克利青发现，霍尔电势差并不连续响应磁场强度，

而是量子化响应，即当磁场强度增加时，霍尔电势可能不发生变化，如果把磁场强度继续增加到某个值时，霍尔电势跳跃一个固定单位。随着磁场强度的增加，这种跳跃现象不断出现，这就是整数量子霍尔效应（图 2）。

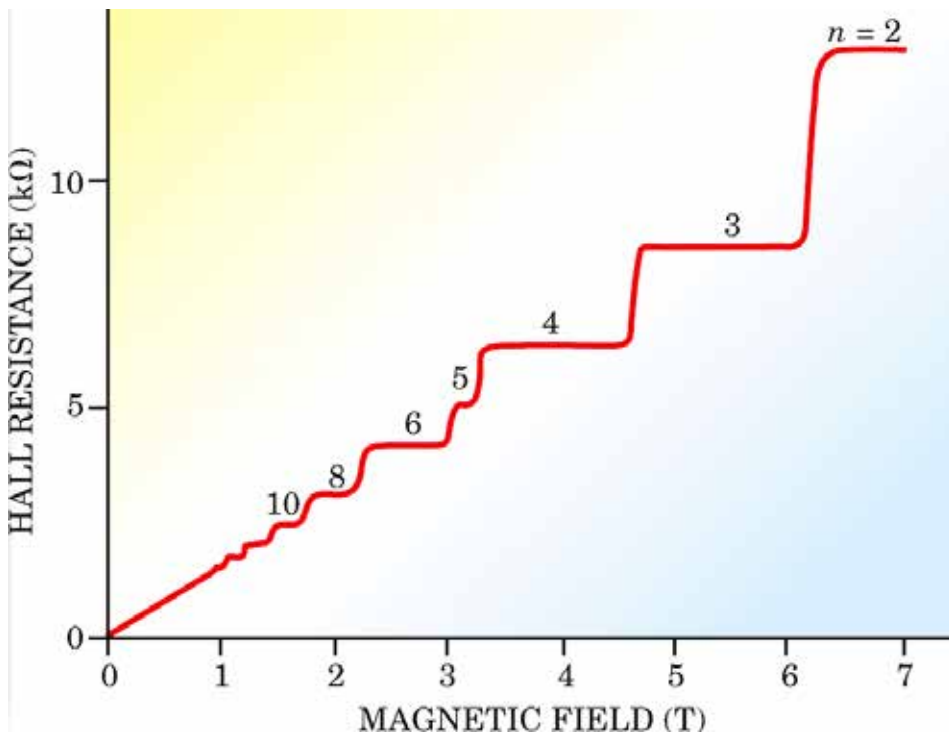


图 2. 量子霍尔效应

冯·克利青因此发现获得 1985 年度诺贝尔物理学奖。据说 1975 年就有人根据数值计算结果预测到了这个现象，但预测者自己也不相信自己的预测¹（看来做理论的要更自信一点）。

怎么解释这种现象呢？另一个人出场了，他叫劳夫林（Robert Laughlin）。他说之所以霍尔电势差是量子化的，是因为当费米能级落在能隙里（我们后

¹ T. Ando, Y. Matsumoto, Y. Uemura, Theory of Hall effect in a two-dimensional electron system, J. Phys. Soc. Jpn. 39(1975), 279–288.