建议用物理实验精确测量多平行导线之间的电磁作用力

杨正瓴

天津大学 电气自动化与信息工程学院
天津市南开区卫津路 92 号，邮编: 300072，中国

prai@tju.edu.cn

<http://blog.sciencenet.cn/u/zlyang>

2021-04-10 试贴。

摘要：两个宏观点电荷之间，按照平行方向进行运动的话，在同向、反向运动时，这两个宏观点电荷之间的磁力作用有一定的差别。在两个平行导线之间，是否也会存在类似的磁力的大小差别？建议进行高精度度、高稳定性的现代物理实验进行检验。并建议进一步对多平行导线之间的电磁作用力进行类似的物理实验。这里的担心：磁场与电流的方向有关！

关键词：点电荷，平行导线，电流，匀速运动，磁力，运动方向

物理学，归根到底是实验科学。

在当今的高隔离条件、高精度度、高稳定性、高抗干扰等多种更优越的物理实验条件下，重新重复或设计更可信的实验，以期核对 100 多年之前的历史经典电磁学实验，是一项令人类科技健康发展的“放心工程”！^[1]

一、两个宏观点电荷之间磁力大小，与其运动方向有关吗？

考虑两个宏观的点电荷，这样可以回避量子力学的效应；同时假定运动速度远远低于光速，这样可以忽略相对论的效应。^[2,3]

如图 1 所示。两个沿平行线以速度 v 匀速运动的宏观点电荷 Q_1 、 Q_2 ，则它们之间的磁力大小应该不等的。假如导线换成一串匀速运动的点电荷（如类似糖葫芦的一串自由电子），情况会是怎样呢？

(a) 如果运动方向相同，两点电荷之间相对静止，只有库仑力 F_C 。

(b) 如果运动方向相反，两点电荷之间除了库仑力 F_C 外，还有洛伦兹力 F_L 。

图 1 两个沿平行线匀速运动的点电荷之间的作用力，可以是不一样的

图 1(a)中，相同方向运动的两个点电荷，由于它们之间是相对静止的，因此二者之间只有库仑力 F_C 。地球上对库仑定律的高精度实验，证实了这个观点。尽管相对于该实验装置运动的观察者（参照系）广泛存在，如汽车、火车、飞机，乃至人造地球卫星、宇宙飞船，

但它们的存在，并没有影响点电荷之间的库仑力 F_C 。

图 1(b)中，点电荷的运动方向相反，除了库仑力 F_C ，还存在由于各自的磁场引起的洛伦兹力 F_L 。在现有的狭义相对论、广义相对论、超弦、M 理论等中，电荷 Q 是个不随参照系变化的量，从而库仑力 F_C 没有变化，而由于点电荷之间相对运动附加的洛伦兹力 F_L ，却是随速度 v 的大小、方向变化的。

即这两个匀速运动的点电荷，由于运动方向不同，其间的相互作用力是不同的。^[2]

二、两根平行导线间磁力大小，与电流方向的关系

如下图所示，平行的圆柱导线（形状相同、横截面积一样），通入稳恒直流，且电流强度相等，即 $I_1 = I_2$ 。

情况一是两导线电流方向相同，出现吸引力 f_A 。

情况二是两导线电流方向相反，出现排斥力 f_P 。

(a) 情况一：电流同向。

(b) 情况二：电流反向。

图 2 两根平行导线间磁力大小，可能与电流方向有关

请问，这里的吸引力 f_A 、排斥力 f_P 的大小是一样的吗？有没有高精度的物理实验对此进行过检验？1822 年安培的实验结论不用怀疑，但是其精度到底达到怎样的水平？^[1,2,4,5]

以下均考虑理想情况，且忽略掉各种次要作用。

(1) 由于铜、铝等不同材质的理想均匀导线里的电子密度不同，当导线电流相同时，导体内部的电子平均速度是不同的。

因此，平行导线间的吸引力（电流方向相同）、排斥力（电流方向相反），由于不同导线里电子的相对速度不同，因此是不同的。

特别是电流方向相反时的排斥力，在其它参数相同时，与导线的材料有关。

(2) 类似地，平行导线之间的吸引力（电流方向相同）、排斥力（电流方向相反），还与导线的直径有关。

电流方向相反时，保持电流等不变，则导线直径越小，电子的相对速度越大，排斥力越大。

自由电子密度，指的是单位体积导体中的自由电子数量。在直径不同的不同金属导线里，自由电子密度越高，产生相同电流需要的“自由电子定向运动的速度”越低，

假如磁场依赖于“自由电子定向运动的速度”，

则不同金属导线之间的磁力：

银 > 铜 > 铝。

初步查找，自由电子密度数量（不排除查找错误的可能性，但这不影响本次思考的主要原理）：

银: $5.86 \times 10^{28}/\text{m}^3$

铜: $8.5 \times 10^{28}/\text{m}^3$

铝: $2.1 \times 10^{29}/\text{m}^3$

三、多平行导线之间的电磁作用力

假如“磁场”由电荷运行形成，则“磁场”是依赖坐标系的。于是，可以推断：

(1) 多导体之间的磁场计算，只能用物理学的“电流密度”。因此，相同电流强度金属导线激发的磁场，还会受到“导体的材料、几何直径”等影响。例如，相同电流强度、圆形导线直径、温度等情况下，不同金属导体的“自由电子密度”不同，会引起“电流密度”不同。

简单说：

就是低速宏观情况下，多导体的电磁相互作用，用《电路理论》算不准。

(2) 因为电荷的运动速度依赖坐标系，所以“电流密度”也是依赖坐标系的。多导体之间的磁场计算，因此用《经典电磁理论》也算不准。否则，只能打倒爱因斯坦的相对论。矛盾：相对论有道理，所以需要修改《经典电磁理论》。

(3) 一个具体的例子：

考虑三根平行导线 a、b、c，且该三根导线的直径、材料等均相同。这三根平行导线的横截面呈等边三角形。即如纵向看为平行导线，则横向看其位置为等边三角形。

假设导线 a、b、c 均通过不同强度的稳恒直流（方向大小都不变的电流），这样对导线 c 而言：导线 a、b 里的电子（电场）速度不相等。

第三根导线 c 受到的洛伦兹力该怎么计算？

①分别计算与导线 a、b 之间的洛伦兹力 F_{ac} 、 F_{bc} ，再进行矢量合成($F_{ac} + F_{bc}$)。

②先计算导线 A、B 产生的磁场 B_a 、 B_b ，用矢量合成的磁场($B_a + B_b$) 来计算洛伦兹力。

以上两种计算结果相同吗？

假如不同，那个更正确？

核心：洛伦兹力，依赖于电场（电荷）之间的相对速度。

(4) 精确的低速宏观电磁相互作用的计算，怕是要用到《数理统计学》的积分。

因此，我近年一直怀疑库仑定律、安培力定律、比奥-沙伐-拉普拉斯定律之间存在内在的逻辑冲突。

进一步，假如“磁场”真的是由电荷运行形成，则“某些电磁波”也可能是依赖坐标系的。

四、1971 年 Williams、Faller 和 Hill 的实验表明：库仑定律在很大范围极其精确

这是静止系的实验^[6]，没有发现磁场的相互作用。但宇航员、月球人、绝大多数外星人，会有不同的观察现象：磁场是依赖观察者（坐标系、参照系）的。电磁波也是与坐标系有关的。

五、建议用物理实验精确测量多平行导线之间的电磁作用力

建议在二十一世纪的高隔离条件、高精度度、高稳定性、高抗干扰等条件下，重新重复或设计更可信的实验，对 100 多年前的诸多经典电磁学实验进行充分的物理实验检验。^[7-9]

参考资料:

- [1] 杨正瓴, 2021-01-13, [建议] 广泛重复自然科学各个学科中 100 多年前的那些经典实验 [EB/OL].
<http://blog.sciencenet.cn/blog-107667-1267037.html>
- [2] 杨正瓴, 2012-04-12, 科学智慧火花, SI 基本单位中安培定义的可能缺陷[EB/OL].
<http://idea.cas.cn/viewdoc.action?docid=4681>
<http://blog.sciencenet.cn/blog-107667-1253075.html>
- [3] A.P. French. Special Relativity [M]. New York, London: W.W. Norton & Company, 1968.
- [4] The International System of Units (SI), The SI base units, The ampere [EB/OL].
<https://www.bipm.org/en/measurement-units/>
- [5] 科学网, 2018-11-16, 国际计量大会重新定义“千克” 国际单位制迎来重要变革 [EB/OL].
<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/11/420020.shtm>
- [6] Williams E R, Faller J E, Hill H A. New experimental test of Coulomb's law: a laboratory upper limit on the photon rest mass [J]. Physics Review Letters, 1971, 26(12): 721-724.
<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.26.721>
- [7] YANG, Zheng-Ling. 2021. “暗能量暗物质、引力磁，量子化的太阳系。” [EB/OL]. OSF Preprints. April 9. doi:10.31219/osf.io/ks2c9.
- [8] YANG, Zheng-Ling. 2021. “宏观点电荷激发出的磁场、电磁波判定实验原理。” [EB/OL]. OSF Preprints. February 4. doi:10.31219/osf.io/6v5m4.
- [9] YANG, Zheng-Ling. 2021. “坡印廷矢量 (Poynting Vector): 数学抽象，还是物理实在? .” [EB/OL]. OSF Preprints. February 5. doi:10.31219/osf.io/eh3k4.