

磁悬浮实验 及其发展前景

PE12203042
王超

恩绍定理：
在由静电荷构成的静电场中，点电荷无法在空间中维持稳定平衡。

由于引力场、静磁场与静电场拥有相似的平方反比定律，因此恩绍定理可以推广到引力场、静电场与静磁场的混合场中。

根据恩绍定理，想要完成磁悬浮，必须创造一个变化的电磁场环境，或者让磁体运动起来。

$$\nabla F = 0 \quad \vec{F} = -\nabla U$$

$$-\nabla^2 U = 0$$

$$U(x) = U_0 + \frac{\partial U}{\partial x} x + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} x^2 + R_3$$

由于磁体在此处受力平衡而电势为极小值，因此该展开式第二项系数为0，第三项系数大于0，即 $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} > 0$

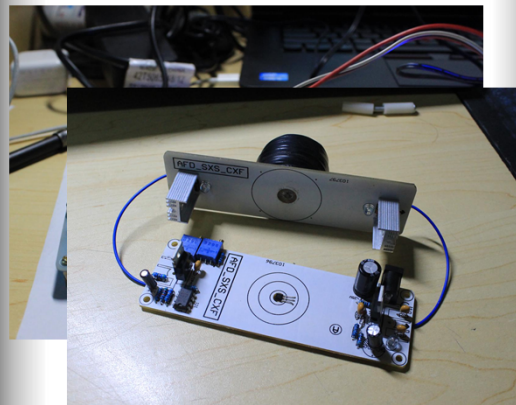
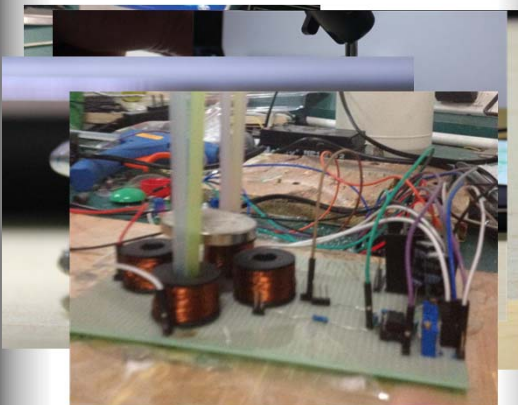
同理可得 $\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} > 0$ $\frac{\partial^2 U}{\partial z^2} > 0$

三式相加得到 $\nabla^2 U > 0$

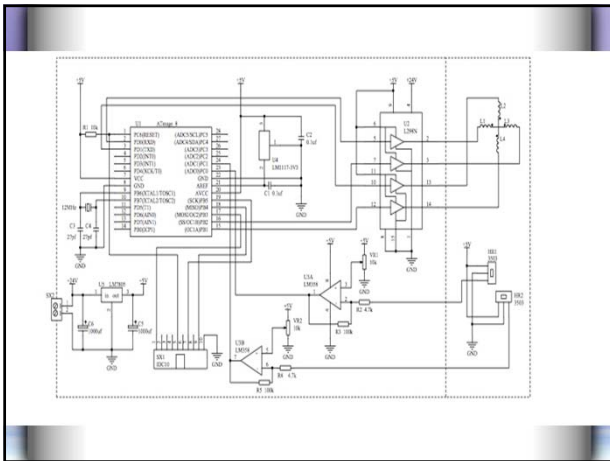
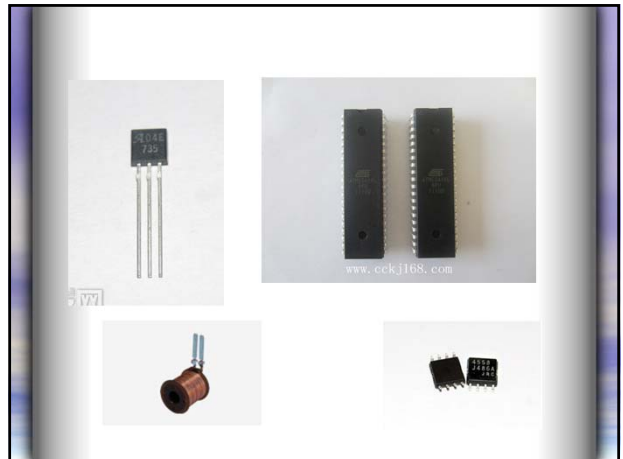
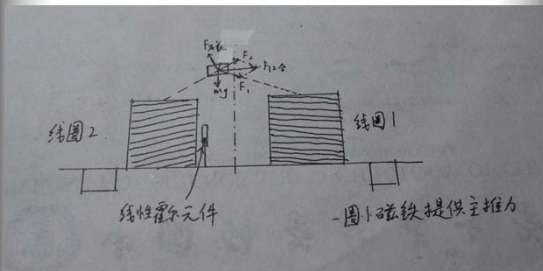
这与 $-\nabla^2 U = 0$ 矛盾，由此恩绍定理得证

十个月想过或者尝试做过的实验以及完成状况表格如下

组别	1	2	3	4	5	6
实验组名称	简单磁体摆放磁悬浮	超导磁悬浮	抗磁性磁悬浮	下推式磁悬浮	上拉式磁悬浮	磁悬浮陀螺
完成情况	失败(必然的)	没有实验条件	失败,正在重做	成功	缺少元件,暂停中	成功



这里我具体说一下我做的下推式磁悬浮

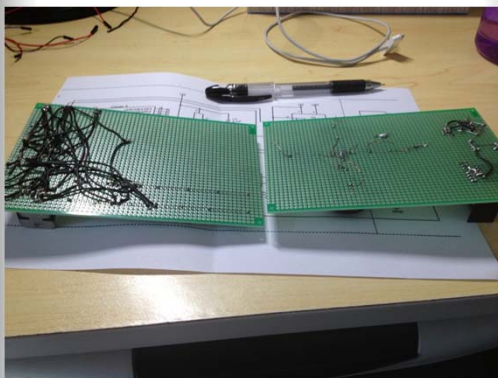


了解了下推式磁悬浮的原理，并且拥有了电路原理图以及必要的电子元件后，我觉得差不多可以搞定了，这不是挺简单的么？



但是，很快我就明白了，我太天真了~~~

首先，一开始我并不会焊接电路

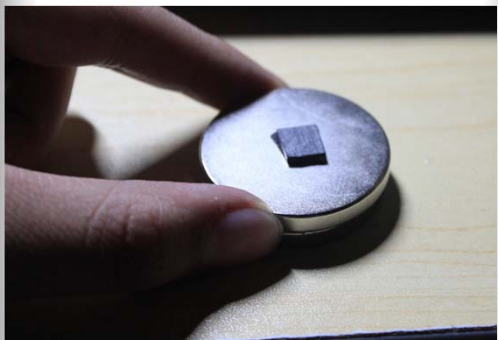


其次，单片机的使用需要了解单片机内部的代码，这个对于课程紧凑的我来说是一个很大的挑战，我用了两个月的课余时间来大致了解了一下AVR单片机的编程语言。

但是.....该死的但是.....

我发现我学的这点皮毛还是看不懂下载下来的代码！

接下来是抗磁性磁悬浮



抗磁性很弱这是电磁学里的常识，这里要更正叶老师上课时的一个小错误，在放到抗磁性磁悬浮的图片时叶老师表示现在磁悬浮很容易，在这上面放一片石墨就可以浮起来了，市场上买到的很多的磁悬浮工艺品都是这么做出来的，也许和原话有出入，我记得我的理解是如此

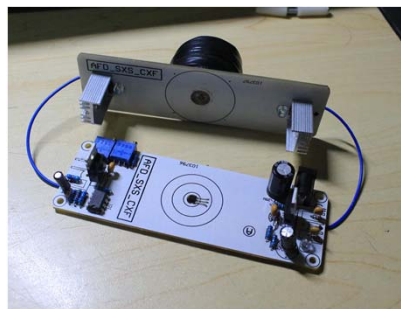
事实上，市场上能买到的价格比较便宜的静止磁悬浮工艺品都是用下推式磁悬浮或者上拉式磁悬浮原理做成的，抗磁性磁悬浮的原料热解碳非！常！贵！而代替品金属铈非！常！重！要想把抗磁性磁悬浮做成工艺品是很困难的

为了完成磁悬浮实验，在寻找贵重实验原料热解碳失败后我买到铈金属铈并且把它熔化做出一个棋子形状，目前由于一些未知的原因，磁体迟迟未能悬浮起来。

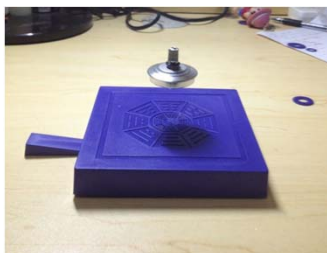


其他几组磁悬浮实验这里粗略带过一下

上拉式磁悬浮和下推式的原理基本相同，目前由于缺少50mm高的散热片而暂停实验



磁悬浮陀螺是已经商业化的产品，只要足够耐心，加上一点电磁学的理解就可以完成



最后以我做的第一组实验作为结束



现在我看到当初自己做的实验装置都会觉得很傻很天真，但是现在为止的一系列实验都是源自这个注定会失败的实验，有了第一次失败才会了解恩绍定理，才会思考变化的电磁场的重要，才会去学习单片机和电路知识，才会去到处找抗磁性材料，才会有勇气面对一次又一次的失败

直到现在，我的实验都是踩着失败的脚步一步一步过来的，这和历史上科学的发展规律如出一辙，最后磁铁稳稳悬浮在空中的时候，我觉得我收获的已经远远不止这个实验结果了……

至此鸣谢：

- 对我帮助颇多的格物致知社师兄师姐们：唐麒杰、石致富、杨云帆等
- 帮助我推导一些没有见过的奇葩公式并且简化的翁明其老师
- 上个学期与我一起在失败的血与泪的深渊中挣扎的格物组员们：朱仁杰、李泽宇、朱立洲
- 我跑到各种实验室找材料时不嫌烦还主动帮助我的不知名的老师和师兄们
- 最后感谢耐心听我唠叨的老师同学们

THK U