

超导体重力仪的设计

——赵明祥 (02013069) 扬帆 (02206084)

重力仪的简要说明

- 重力仪就是测量重力加速度的的一种精密仪器。有如下的作用：
- 为预报灾害性的天气来提供参数。比如：地震、飓风等
- 可以用来进行地质性的勘探；比如：矿产资源、地热资源的勘探。
- 运用于天文，——天体的运动对地球的重力场产生的影响

几种常见的重力仪

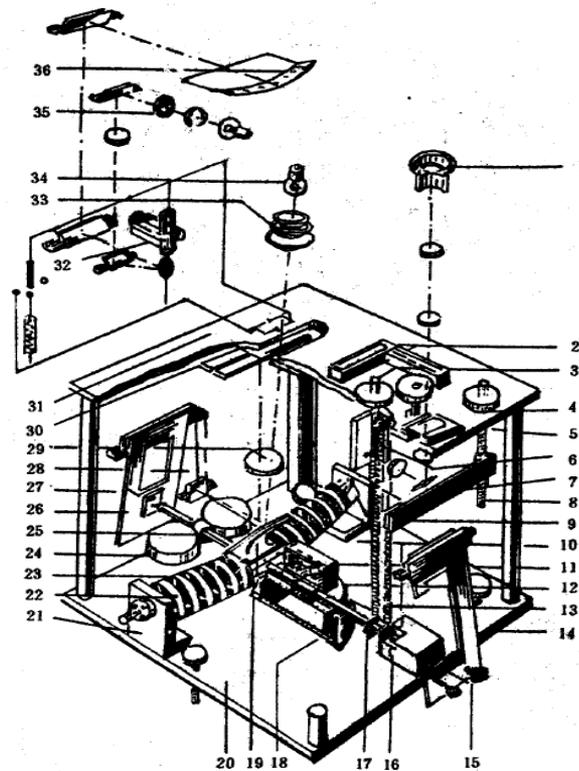


图8-6 GS型重力仪的内部结构

1. 读数目镜；2. 一对水准器，其中一个平行于横杆，为纵向水准器；另一则与此垂直，为横向水准器；3. 测程螺旋——使测微弹簧（7）松紧之用；4. 测微螺旋；5. 测微尺；6. 附在精密分划尺上的螺丝套；7. 测量弹簧，它的伸缩将使横杆右端安有重锤的一端向下或向上移动；8. 测程螺旋，旋转它上端的螺旋可改变测量范围；9. 主弹簧（23）差别，这是右边的头，左边的则为固定架（23）所遮蔽；10. 改变测程的弹簧；11. 及12. 格值标定的小球及球窝，后者有两个，将小球从一个球窝倒入另一个，将改变横杆的重心，相当于一个重力变化；13. 空气阻尼盒（固定在杆上盒盖）；14. 及15. 固定横杆（右端）的杠杆及固定板；16. 重锤；新型GS-15的电容器安在它的下面；17. 横杆；18. 空气阻尼盒（固定在仪器底座上）；19. 横杆与主弹簧的连接部分，也就是横杆的悬挂中心；20. 仪器的底座；21. 主弹簧的固定架；右边一个与此对称；22. 在主弹簧内的温度补偿弹簧；23. 主弹簧；24. 一对浮力空盒；26. 同（14）及（15），左端的；36. 电流计；33. 35. 聚光镜；34. 光源

GS型的重力仪的示意图（一）

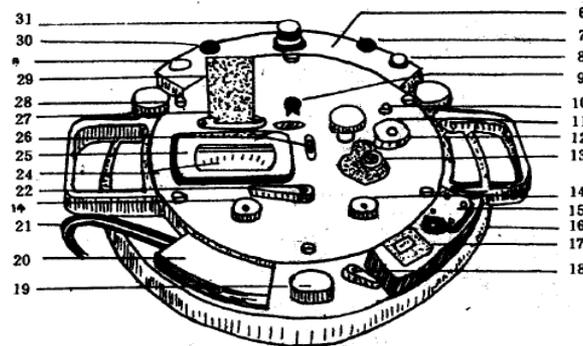


图8-7 GS型重力仪的面板布置

图8-6的1与图8-7中的13、2与26、36与24、3与11、4与12、14与22等等，此外图8-7中各数字表示的名称为6. 配电盘板器；7. 检流计开关；8. 恒温指示器；9. 提仪器用的钩孔；18. 气孔螺旋；14. 外接检流计接头；15. 加热挡盖板；16. 检流计光点灯泡开关；17. 光电池照明灯泡毫安表；18. 调节加热档旋钮；19. 调平用脚螺旋；20. 电线接头护盖；21. 电线；25. 压板；27. 面板；28. 面板回紧螺丝；29. 检流计光点灯泡护罩；30. 测量钝点用的旋钮；31. 恒温阶指示器

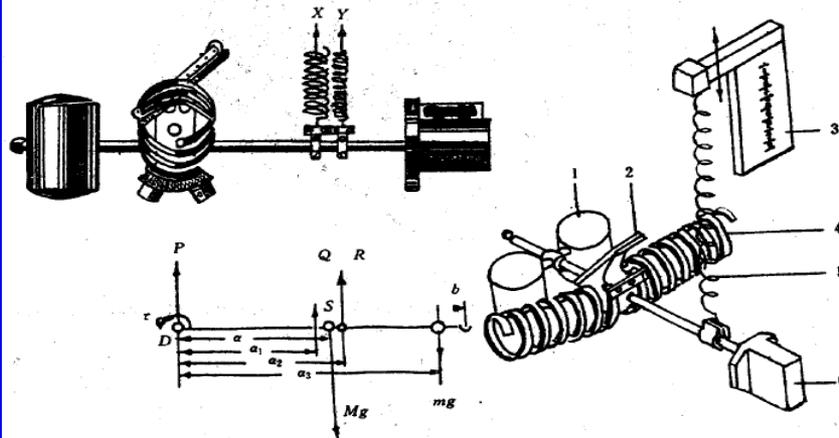


图8-8 阿斯卡尼亚重力仪的受力，受力悬挂的弹簧，其两个方位示意图

1. 气压外偿盒；2. 反射镜；3. 测微螺杆刻度盘；
4. 测量弹簧；5. 主弹簧；6. 质量重块

GS型重力仪的示意图（二）



主要技术指标:

分辨率: 1微伽

直接量程: 2毫伽

精度: ± 1.9 —

± 3.2 微伽

传感度精度: 优于

0.0001微米

恒温精度: 小于

0.0001°C

DZW型重力仪的结构

国外的几款重力仪



Worden Gravity Meter



FG5 Absolute Gravity Meter



LaCoste & Romberg LLC
The first name in gravity since 1939



Accuracy 测量准确度:

0.04 mGal

0.01mGal(with optional MVR System)

Precision 的读数精度

0.001 mGal

0.0001 mGal(with optional MVR System)

Repeatability 重覆量测准确度:

0.01 mGal

0.005 mGal(with optional MVR System)

G型 陆地用 重力仪



G Meter w/Aliod 100x

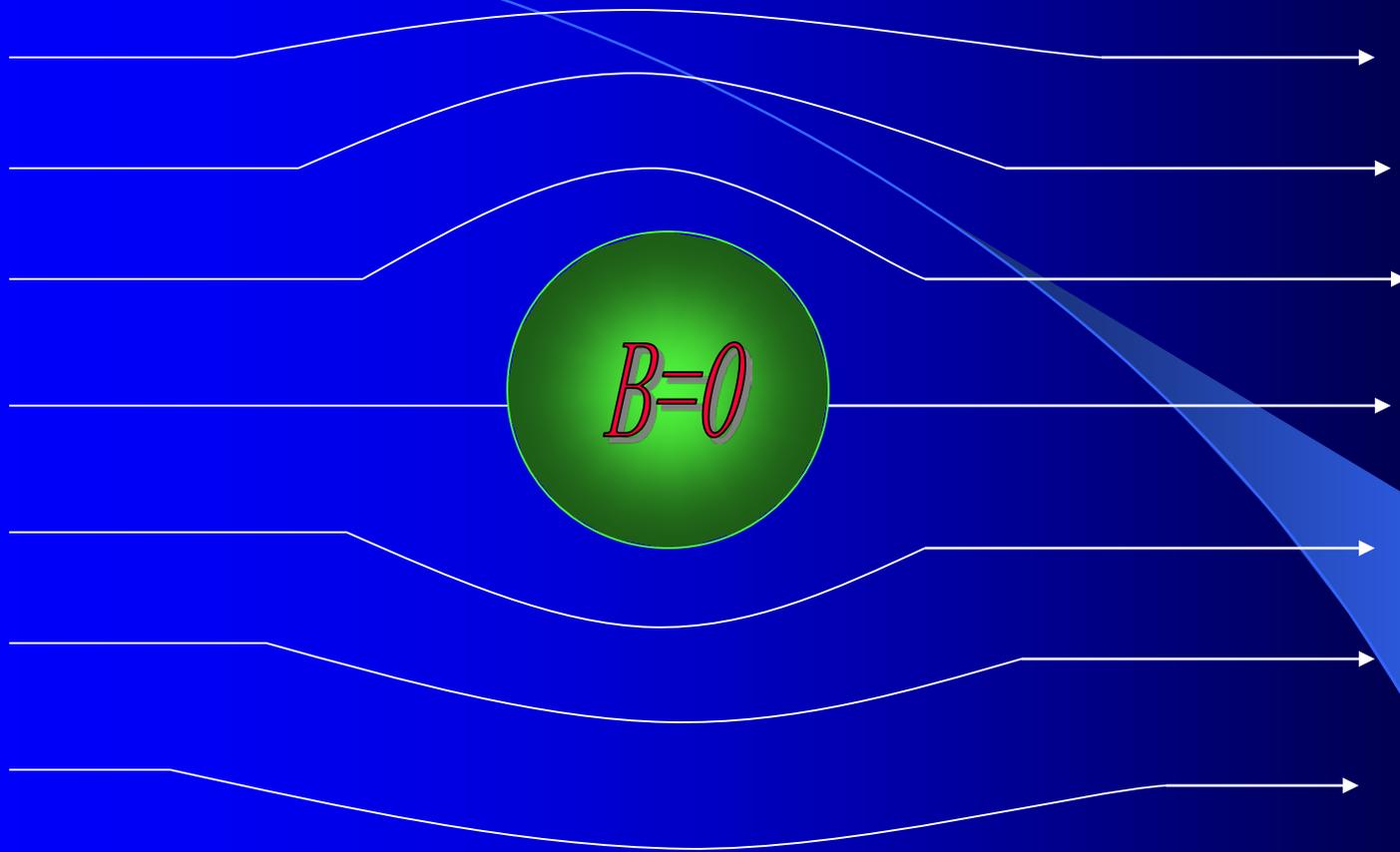
Zero Length™ Metal Spring
Reliable - Low Maintenance
Worldwide Range - No
Resetting
Low Drift - <1 mGal per
Month
Internal Data Logging
Automatic Reading &
Leveling
Automatic Tide & Tilt
Correction
0.001 mGal Data Resolution
0.003 to 0.02 mGal
Repeatability



G Meter w/CPI

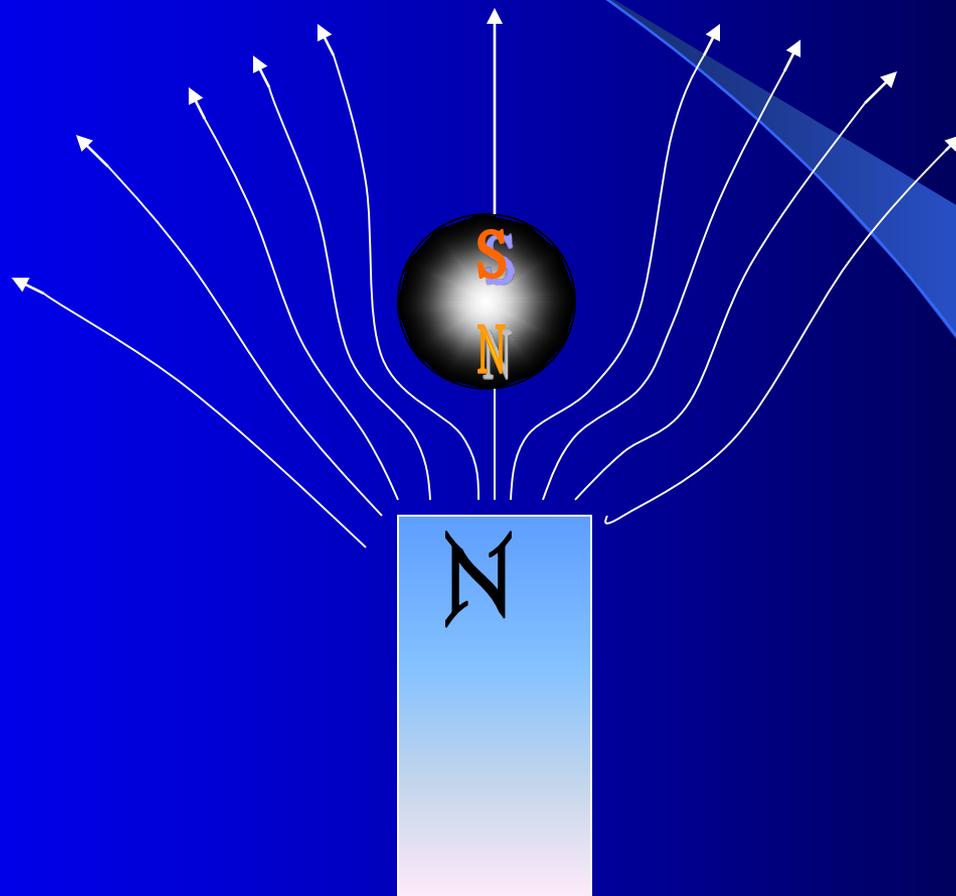
Zero Length™ Metal Spring
Reliable - Low Maintenance
Worldwide Range - No
Resetting
Low Drift - <1 mGal per
Month
No Data Logging
Manual Reading
CPI System - improves
repeatability
0.005 mGal Data Resolution
0.01 to 0.02 mGal
Repeatability

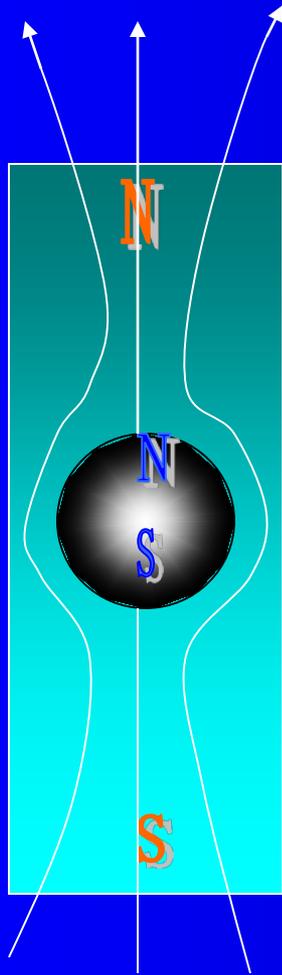
超导体重力仪设计的理论基础



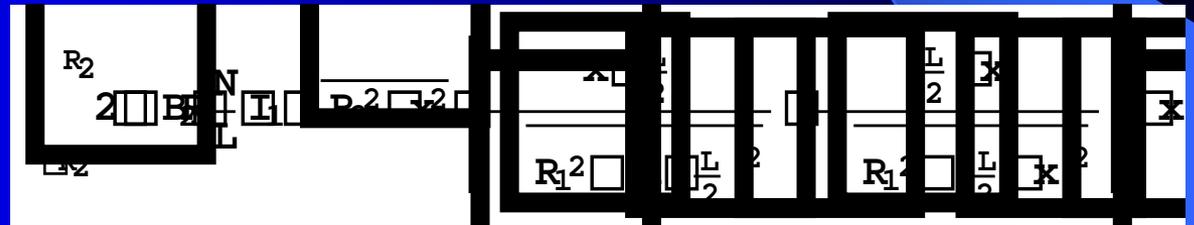
麦斯那效应的示意图

超导体重力仪的设计的**基本原理**图

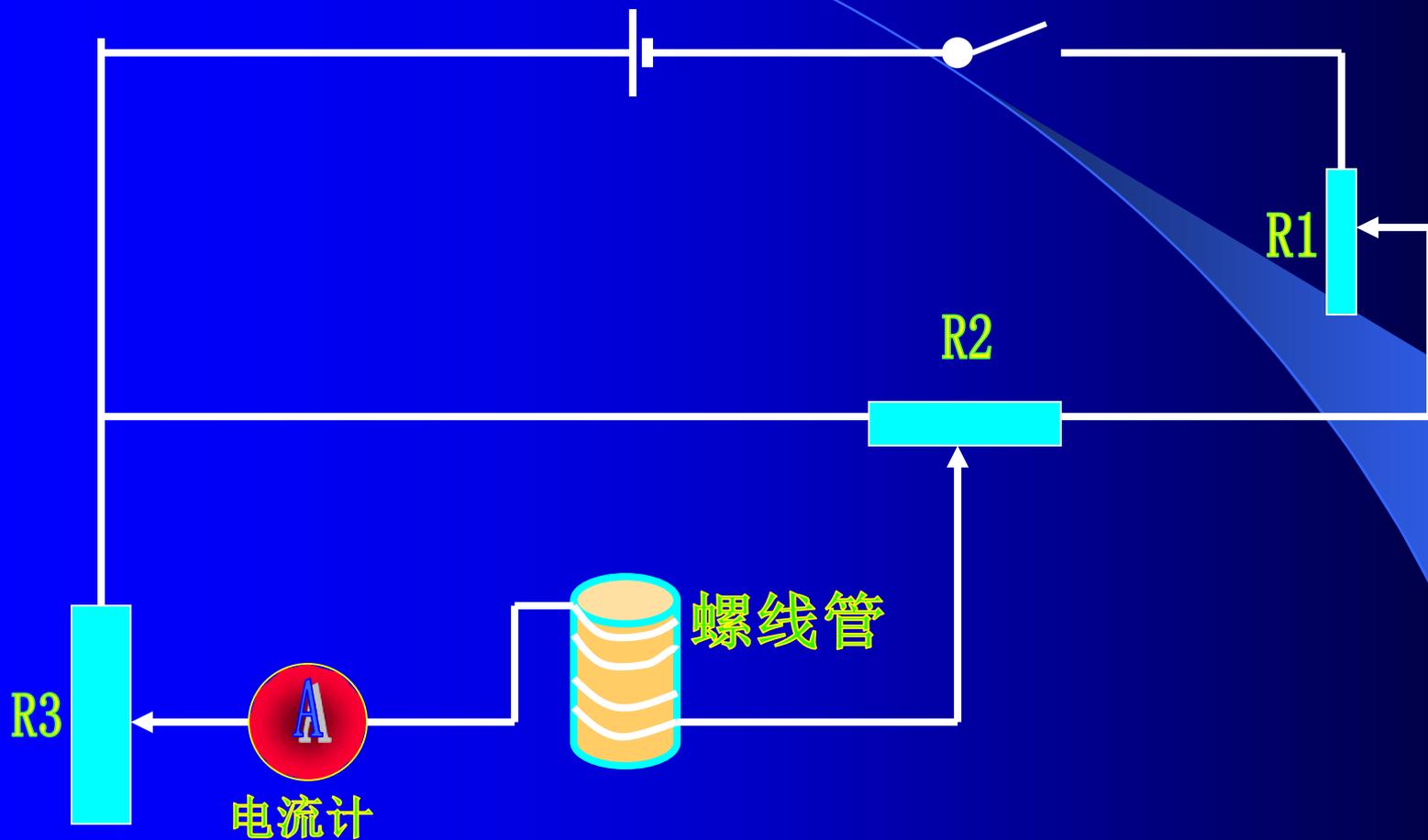


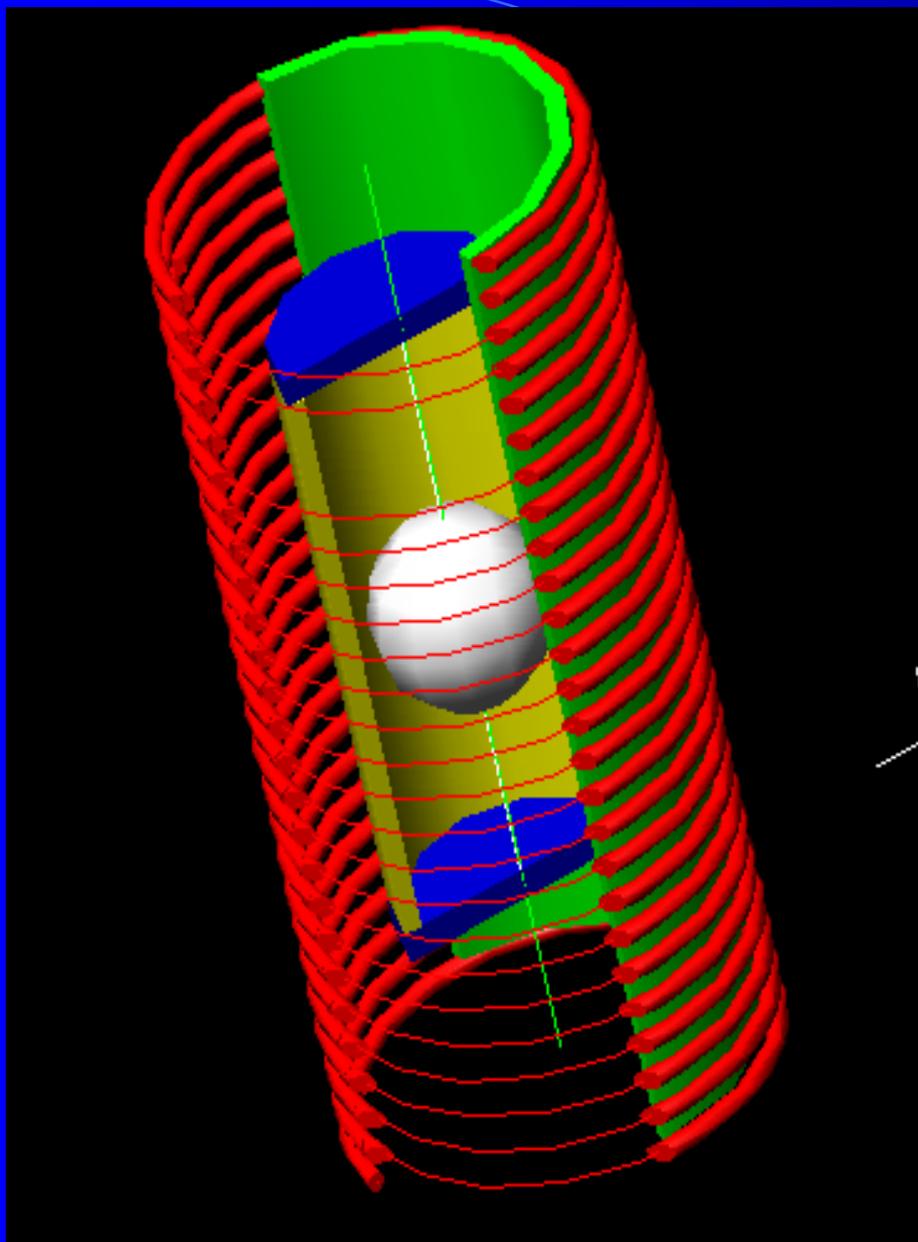


当小球处在线圈中间位置的时候，我们可以十分方便的求出他们所受的力



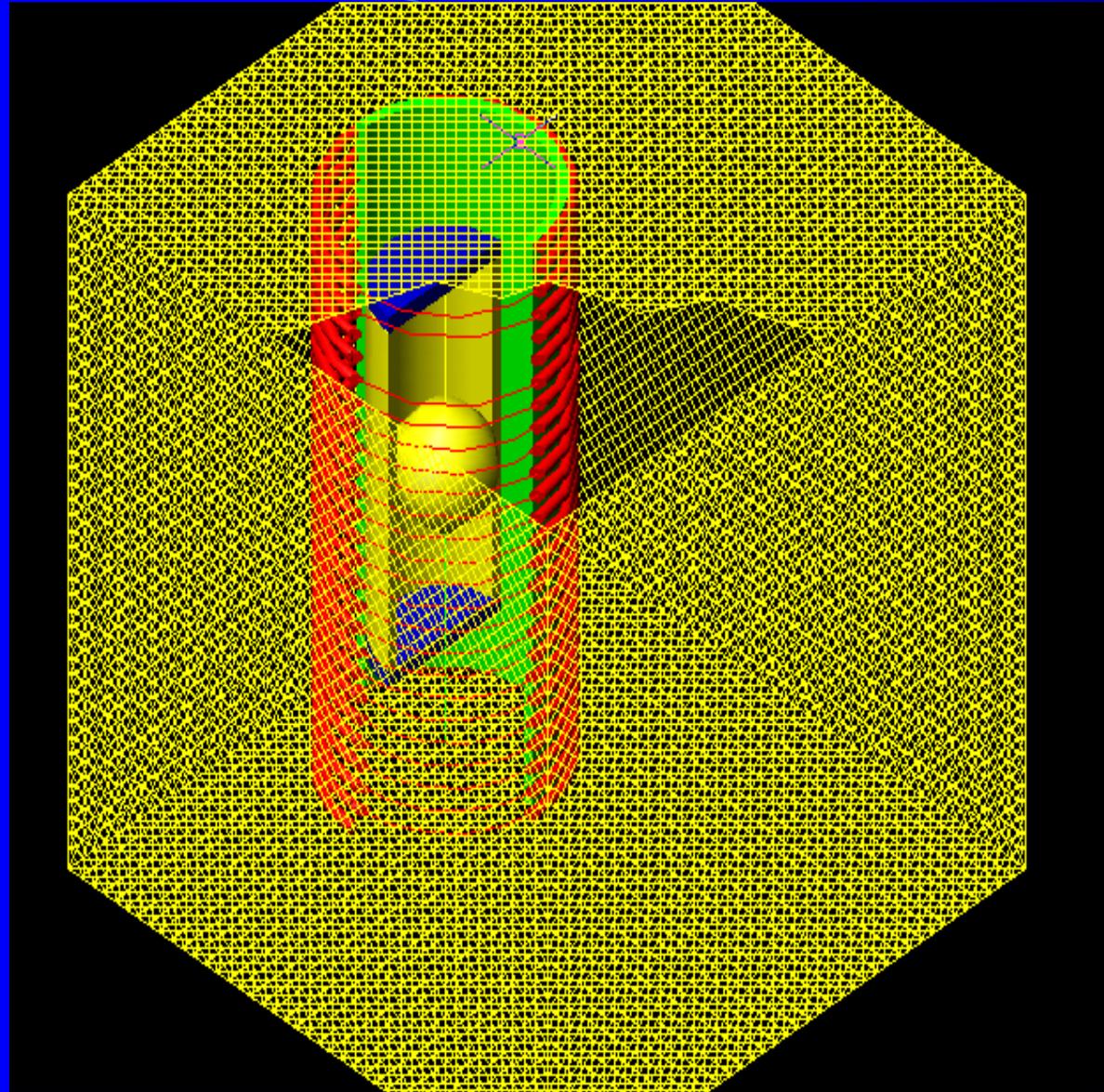
下面是我们设计的一个简单的电路





螺线圈部分（左图）

（红色为线圈，
绿色为螺线管，
黄色部分是杜瓦瓶，
白色的超导物质做的
小球。）



在电磁屏蔽中的线圈。

如左图所示
(黄色网状部分为屏蔽)

公式推导

公式的推导过程

[注：以下所有式子中的x都是表示从螺线管轴线中点竖直向上到所在点的距离]

(1) 螺线管内的磁感应强度为：

$$B_1 = \frac{\mu_0 n I_1}{2} \left[\frac{x + \frac{L}{2}}{\sqrt{R_1^2 + \left(x + \frac{L}{2}\right)^2}} - \frac{\frac{L}{2} - x}{\sqrt{R_1^2 + \left(\frac{L}{2} - x\right)^2}} \right]; \quad R_2 < x < R_2$$

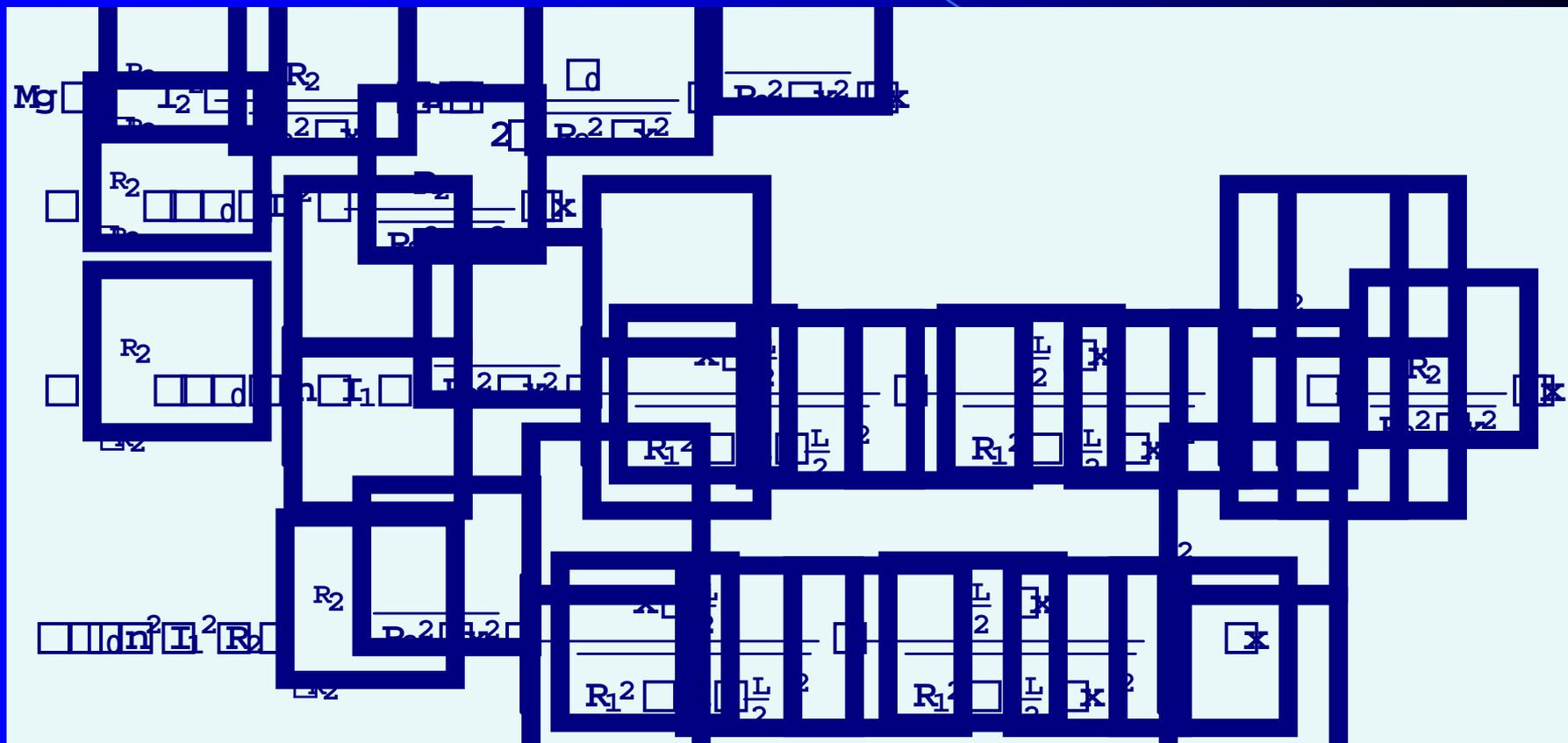
(2) 载流线圈在线圈所在平面产生的磁感应强度为：

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2} \frac{1}{R_2^2 - x^2}; \quad R_2 < x < R_2$$

(3) 载流线圈在磁场中的受力为：

$$f = 2 p B I_2 \frac{1}{R_2^2 - x^2}; \quad R_2 < x < R_2$$

小球受力平衡时，两力之间的关系：



当小球足够小的时候，螺线管足够长，我们可以当作一个理想化模型，就有：

$$Mg = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 I_1^2 R_2 \int_0^x dx$$

最终

$$g = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 I_1^2 R_2^3$$

改进： 由于计算式（4）中的积分很难算，我们在实验中可以将小球替换为一个小环，于是有公式：

$$\begin{aligned}
 1 \quad & B = \frac{dI_1}{2R_1} \\
 2 \quad & B = \frac{dI_2}{2R_2} \\
 3 \quad & mg = f \cdot 2 \cdot B \cdot R_2
 \end{aligned}$$

联立就可以**解得**：

$$mg = f \cdot 2 \cdot B \cdot R_2$$

总结：

我们共使用了三个模型：

- (1) 电磁屏蔽
- (2) 电磁感应
- (3) 超导体的完全抗磁性

使用的软件有：

AUTOCAD2002
MATHEMATICA
PHOTOSHOP
POWERPOINT

不足之处:

- 提供匀强磁场的电流应该设计一个更加出色的电路,
- 没有提供读数据的工具,
- 能够设计一个程序来进行操作和计算是最好不过的,
- 未考虑月球引力的影响。

谢谢在座的各位老师

