

2024年大学物理实验考前复习

物理学院

朱志峰

2024年5月28日

注意事项1:

- 可以带不具有编程功能的计算器！
- 考试班级与系统教学班号一致，少数同学不在自然班！
- 6月1日10:20闭卷考试！答题纸和试题均上交，分开交！
- 重视！重视！没有补考，只有重修。（特例：参加竞赛的学院申请、学校同意后可补考），

注意事项2:

合 肥 工 业 大 学 试 卷 (A、B)

(共 4 页 第1页)

20 ~ 20 学年第 2 学期 课程代码 1000023B 课程名称 大学物理实验(下) 学分 1 课程性质: 必修 选修 限修 考试形式: 开卷 闭卷
专业班级(教学班) 考试日期 命题教师 系/教研室主任审批签名

提示: (1) 第一题必做; 二至九题选做其中的七个题! 不选的在答题纸上打“×”。
全做去除最高分。
(2) 所有答案均要写在答题纸上, 写在试卷上无效。

一、误差和数据处理的基础知识 (分)

合 肥 工 业 大 学 答 题 纸

(共 2 页 第1页)

20 ~ 20 学年第 2 学期 课程代码 1000023B 课程名称 大学物理实验(下) 学分 1 课程性质: 必修 选修 限修 考试形式: 开卷 闭卷
姓名 学号 专业班级 考试日期 命题教师 实验物理教学部 系/教研室主任审批签名

一定要看清要求, 选做几题!

	必做题	下面八题选做七题! 在不选的题号下打“×”, 全做去除最高分							总 分
题目	一	二	三	四	五	六	七	八	...
得分									

一、误差和数据处理的基础知识 (分)

考试范围：

合 肥 工 业 大 学 答 题 纸

(共 2 页 第1页)

20 ~ 20 学年第 2 学期 课程代码 1000023B 课程名称 大学物理实验（下） 学分 1 课程性质：必修☒、选修☐、限修☐ 考试形式：开卷☐ 闭卷☒
姓名 _____ 学号 _____ 专业班级 _____ 考试日期 _____ 命题教师 实验物理教学部 系/教研室主任审批签名 _____

	必做题	下面八题选做七题！在不选的题号下打“×”，全做去除最高分								总 分
题目	一	二	三	四	五	六	七	八	...	
得分										

一、误差和数据处理的基础知识（ 分）

- ✓ 上学期第一次课：误差处理~30%
- ✓ 本学期实验：8个（9选6）

考试题型及内容：

✓ 选择、判断、填空、计算、作图……

✓ 误差处理知识点相对固定；

✓ 实验内容：

- 实验原理（一般不含复杂的公式，但需要知道公式中参量的物理含义）
- 实验现象
- 实验操作
- 课后思考

考试建议：

✓误差处理28分：~80%

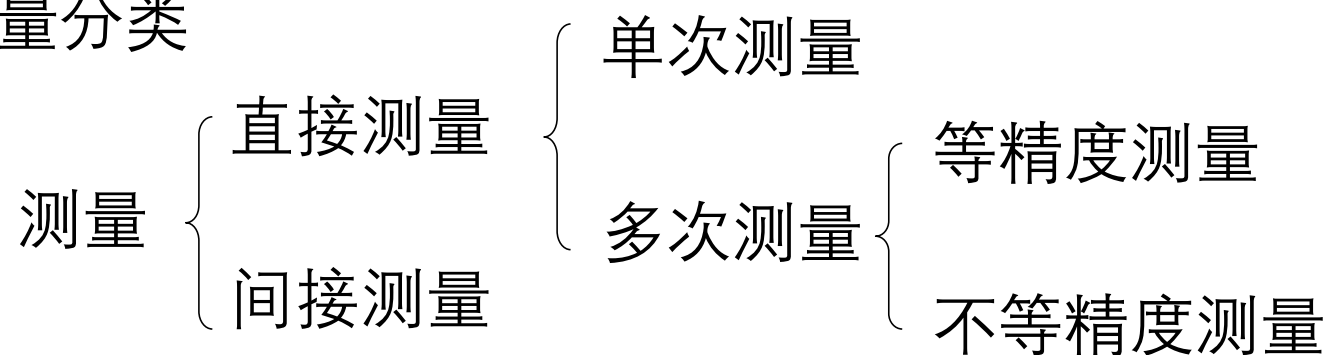
✓实验内容72分：>51%

- 实验原理（一般不含复杂的公式，但需要知道公式中参量的物理含义）
- 实验现象
- 实验操作
- 课后思考
- 总分 = 平时40% + 操作20% + 闭卷考试40%

复习提纲:

✓误差处理:

1 测量分类



2误差分类: 按误差的性质, 测量中的误差主要分为三类:

- 系统误差
- 随机误差
- 粗大误差

系统误差: 有规律、可消除

随机误差: 无规律、不可消除

复习提纲:

✓误差:

$$\sigma_A = \sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

$$\sigma_B = \sigma_{\text{仪}} = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}$$

$$\Delta_{\text{仪}} = \begin{cases} \text{量程} \times \text{级别} \% \\ \frac{\text{最小刻度}}{2} \end{cases}$$

$$\sigma_{\text{合}} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$$

复习提纲:

- 多次测量结果的不确定度的数据处理过程

P64

1. 求平均值: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ \bar{x} 有效位与 x_i 对齐, 尾数四舍六入五凑偶

2. 求不确定度: $\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$; $\sigma_B = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}$

$\sigma_{\text{合}} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$ $\sigma_{\text{合}}$ 仅取1位有效数字, 尾数只进不舍

3. 结果表示: $x = \bar{x} \pm \sigma_{\text{合}}$ \bar{x} 有效位与 $\sigma_{\text{合}}$ 对齐, 尾数四舍六入五凑偶

4. 相对不确定度: $E_x = \frac{\sigma_{\text{合}}}{\bar{x}} \times 100\%$; $A = \frac{|\bar{x} - x_0|}{x_0} \times 100\%$

E_x 、 A 一般取2位有效数字, 尾数只进不舍

复习提纲:

- [例题1]用米尺($\Delta_{\text{仪}}=0.5\text{mm}$)测量一钢丝长度,共测六次。测量数据如下: $x_1=14.0\text{mm}$ 、 $x_2=14.4\text{mm}$ 、 $x_3=14.9\text{mm}$ 、 $x_4=14.2\text{mm}$ 、 $x_5=14.1$ 、 $x_6=14.8\text{mm}$ 、试计算测量结果。

- 解: 测量列的算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i = \frac{1}{6} (14.0 + 14.4 + 14.9 + 14.2 + 14.1 + 14.8) = 14.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_B = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ mm} \quad \sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2}{6(6-1)}} = \dots = 0.153 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{合}} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2} = \sqrt{0.289^2 + 0.153^2} = 0.327 \approx 0.4 \text{ mm}$$

$$x = \bar{x} \pm \sigma_{\text{合}} = 14.4 \pm 0.4 \text{ mm}$$

$$E_x = \frac{\sigma_{\text{合}}}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{???}{14.4} \times 100\% = 2.27\% \approx 2.3\%$$

复习提纲:

间接测量结果的不确定度表述

P66

- 设间接测量函数关系 $Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ 其中 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ 为直接测量量, $x_1 = \bar{x}_1 \pm \sigma_1 \dots\dots$
- 数据处理过程:

$$\bar{Y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_m)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \sigma_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \sigma_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \sigma_m\right)^2}$$

$$Y = \bar{Y} \pm \sigma_y$$

$$E_y = \frac{\sigma_y}{\bar{Y}} \times 100\%$$

$$\bar{Y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_m)$$

$$E_y = \frac{\sigma_y}{\bar{Y}} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_1} \sigma_1\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_2} \sigma_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_m} \sigma_m\right)^2}$$

$$\sigma_y = \bar{Y} \cdot E_y$$

$$Y = \bar{Y} \pm \sigma_y$$

复习提纲:

P74

• 三、逐差法

- **适用对象:** 等间距测量的数据进行逐项或等间隔项相减得到的结果。

➤ [例题2] 测量弹簧的倔强系数, $F = k\Delta x \rightarrow \bar{F} = k\Delta\bar{x} \rightarrow \bar{m}g = k\Delta\bar{L}$

测得: $L_0, L_1, L_2, \dots, L_9$

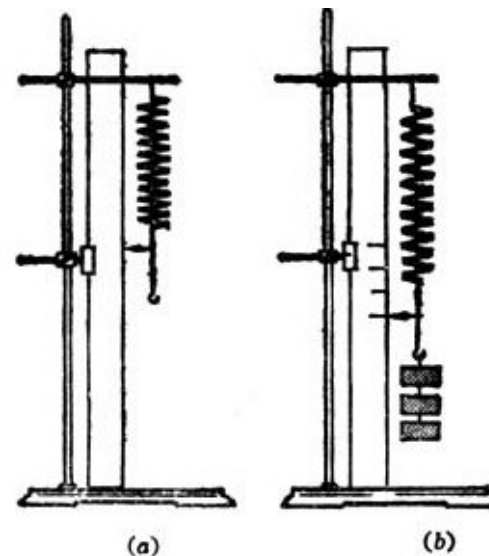
计算 $\Delta L_1 = L_1 - L_0$

$\Delta L_2 = L_2 - L_1$

.....

$$\Delta\bar{L} = \frac{1}{9}[(L_1 - L_0) + (L_2 - L_1) + \dots + (L_9 - L_8)]$$

$$= \frac{1}{9}(L_9 - L_0) \quad ?$$



复习提纲:

P74

- 三、逐差法

- **适用对象:** 等间距测量的数据进行逐项或等间隔项相减得到的结果。

$$\Delta \bar{L} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (L_{i+5} - L_i) = \frac{1}{5} [(L_5 - L_0) + (L_6 - L_1) + \dots + (L_9 - L_4)]$$

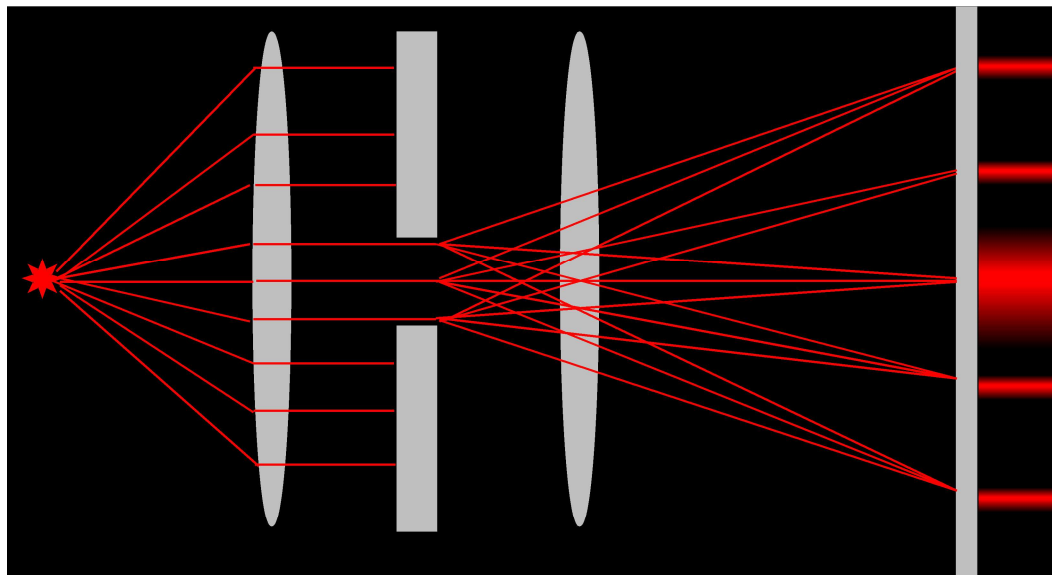
$$5\bar{m}g = k\Delta \bar{L} \quad \text{或} \quad \bar{m}g = k \cdot \frac{1}{5} \Delta \bar{L}$$

复习提纲:

• 三、逐差法

P74

- **适用对象:** 等间距测量的数据进行逐项或等间隔项相减得到的结果。



$L_0,$

$L_1,$

$L_2,$

$L_3,$

$L_4,$

$$\Delta \bar{L} = \frac{1}{2} [(L_3 - L_0) + (L_4 - L_1)]$$

$$\Delta \bar{I} = \frac{1}{3} \Delta \bar{L} = \frac{1}{3 \times 2} [(L_3 - L_0) + (L_4 - L_1)]$$

复习提纲:

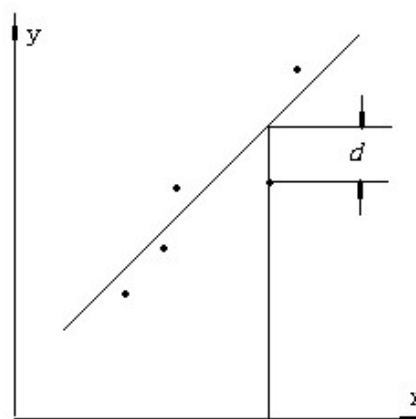
• 四、最小二乘法

- 适用对象: 线性关系 $y=A_0+A_1x$, 求斜率和截距。

实验可测得数据为:

$$A_1 = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{(\bar{x})^2 - \bar{x}^2}$$

$$A_0 = \bar{y} - A_1 \bar{x}$$



相关系数 γ 的数值大小反映了相关程度的好坏。 γ 介于0和1之间, γ 越接近于1, x 和 y 之间的线性关系越好, 用线性函数进行回归就越合理。相反, γ 接近于0, x 和 y 之间就不存在线性关系, 用线性函数进行回归就不合理。

在大学物理实验中, 一般当 γ 大于0.9时, 就可以认为两个物理量之间存在比较密切的线性关系。

$$\gamma = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{(\overline{x^2} - \bar{x}^2)(\overline{y^2} - \bar{y}^2)}}$$

实验内容：

1. 混沌
2. ~~表面张力~~
3. 杨氏模量
4. 波尔共振
5. 声速
6. 迈克尔逊
7. 磁滞回线
8. PN 结
9. 牛顿环

9选6， 每题12分

实验内容：混沌

1. 混沌的概念
2. 倍周期分叉
3. 奇怪吸引子 / 奇异吸引子
4. 单吸引子双吸引子的调节方法
5. 有源非线性负阻元件，组成、特性
6. 电感的作用
7. 接线

2. 有源非线性负阻元件的实现：

有源非线性负阻元件实现的方法有多种，这里使用的是一种较简单的电路：采用两个运算放大器（一个双运放 LF353）和六个配置电阻来实现，其电路如图3所示，它的伏安特性曲线如图4所示。由于本实验研究的是该非线性元件对整个电路的影响，只要知道它主要是一个负阻电路（元件），能输出电流维持 LC₁ 振荡器不断振荡，而非线性负阻元件的作用是使振动周期产生分岔和混沌等一系列现象。图5所示即为实际非线性混沌实验电路。

1. 按图9连接混沌实验仪线路，用Q9专用连接线把实验仪面板上的CH2接线柱与示波器Y输入端连接，CH1接线柱连接示波器的X输入端连接，这时实验仪与示波器的接地端已连接。
2. 接通混沌实验仪电源，打开实验面板右上角的开关按钮，对应指示灯点亮（实验仪需预热10分钟）。

实验内容：玻尔共振

- 自由振荡的规律
- 阻尼振荡测规律
- 阻尼+强迫振荡的规律
- 幅频特性规律
- 相频特性规律
- 阻尼振荡的 $\omega=$
- 强迫振荡的 $\omega=$
- 强迫振荡的稳定状态
- 闪频法测量相位差（相位差一定是负值，受迫振动的相位总是滞后于强迫力的相位）

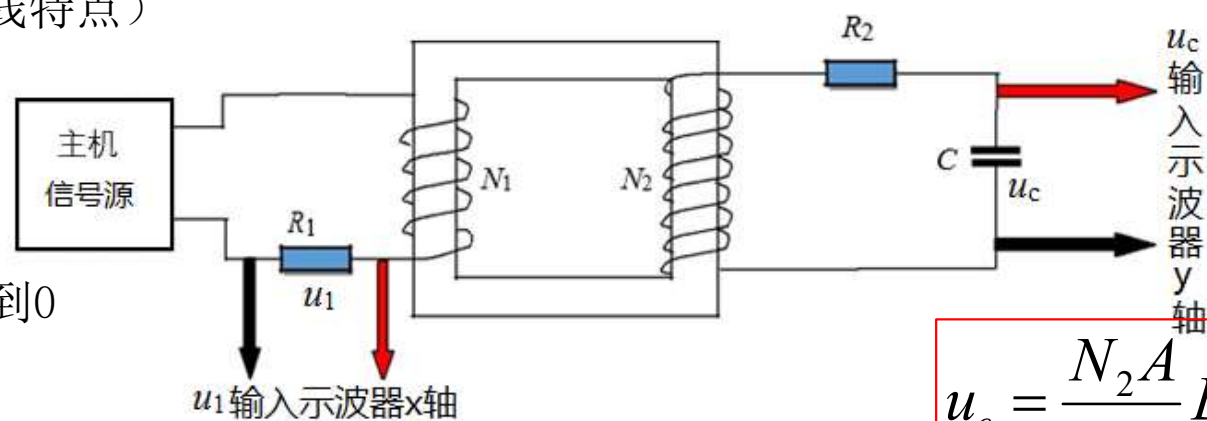
实验内容：迈克尔逊

- 什么叫等倾干涉（相同的倾角有相同的干涉现象）
- 迈克尔逊干涉的定域在？（无穷远）
- 迈克尔逊干涉和牛顿环的异同？
- G_2 玻璃片的作用（补偿光程差）
- M_2 靠近 M_1' —收缩 M_2 远离 M_1' —冒出
- mm单位，5位小数，最后一位估读

实验内容：磁滞回线

- 什么叫磁滞（磁化曲线和磁滞回线特点）
- B_s/B_m 饱和磁感应强度；
- B_r 剩余磁感应强度（剩磁）
- H_c 矫顽力

切换前将幅值旋钮缓慢逆时针旋转到0

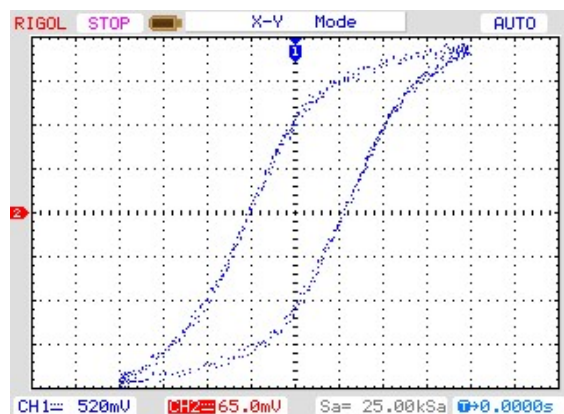


$$u_1 = \frac{R_1 L}{N_1} H$$

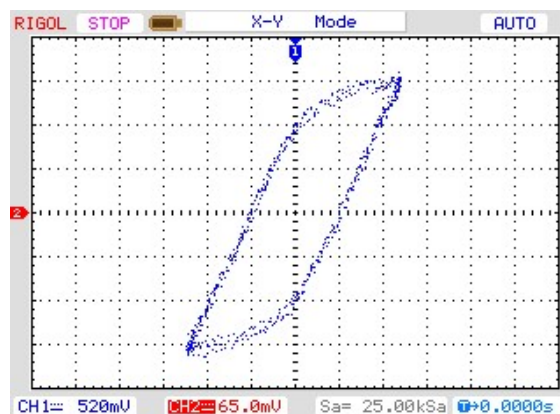
u_1 与磁场强度H成正比

$$u_c = \frac{N_2 A}{R_2 C} B$$

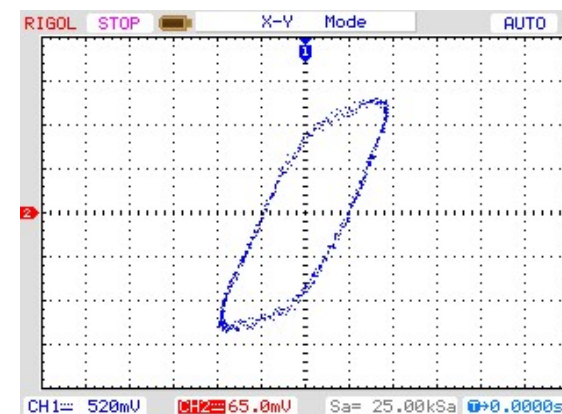
u_c 与磁感应强度B成正比



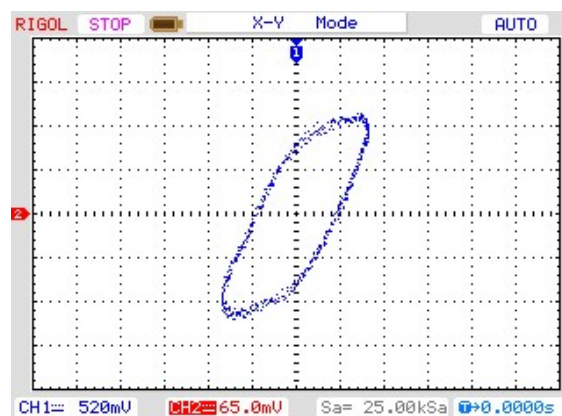
100Hz



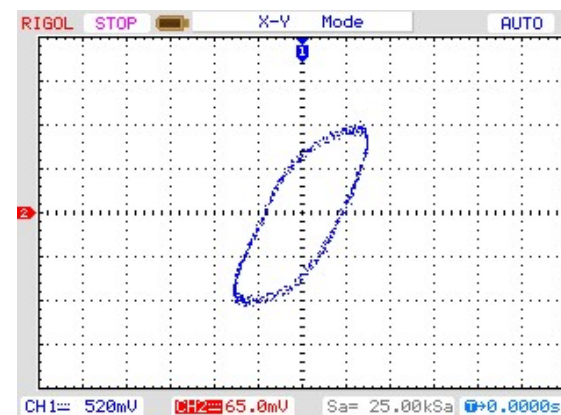
125Hz



150Hz



175Hz



200Hz

频率**增加**，同一励磁电流：磁滞回线**从饱和趋向不饱和**，且矫顽力**不变**！
 频率**增加**，饱和励磁电流：饱和电流**增加**，且矫顽力**增加**！

实验内容：声速测定

- 声音的产生与探测：正压电效应/逆压电效应
- 测量方法：共振干涉法、相位比较法；两者测量的均是 $\lambda / 2$
- 共振干涉法：接线方式、实验现象
- 相位比较法：接线方式、实验现象

实验内容：动态法杨氏模量

- 概念部分：弹性模量主要包括**杨氏模量**（又称拉伸模量/纵向弹性模量）、**体积模量**和**剪切模量**。杨氏模量是弹性模量中最常见的一种，在弹性范围内，**应力 σ 与应变 ε 之比**。

- $\omega = \left[\frac{K^4 Y J}{\rho S} \right]^{\frac{1}{2}}$ 根据公式，要会分析频率与其他物理量的关系

应力：单位面积上所收到的力 $\sigma = \frac{F}{S}$

- $Y = 1.6067 \times \frac{L^3 m}{d^4} f^2$ 根据公式分析频率、质量、长度和杨氏模量的关系等

应变：在外力作用下的相对形变 $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

- 边界条件的含义：边界外受力和弯矩/力矩应为0

杨氏模量： $Y = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{FL}{S\Delta L}$

- 什么条件的共振频率称为基频？

帕斯卡 (Pa)

- 为什么基频不能直接测量？实验上又是怎么解决的？

实验内容：PN结

The diagram shows the equation $I = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}$ with several annotations: a black arrow points to eU with the label "PN结正向压降"; a blue arrow points to I with the label "正向电流"; a blue arrow points to I_0 with the label "反向饱和电流"; and a red arrow points to kT with the label "玻尔兹曼常数". The text "热力学温度" is also present near the kT term.

$$I = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}$$

正向电流 反向饱和电流 玻尔兹曼常数 热力学温度 PN结正向压降

- 概念部分：PN结正向导通、反向截至的特点
- 二极管正向 $I-U$ 关系测 k 值偏小的原因：耗尽层复合电流、表面电流，解决办法：三极管接成共基极线路，因集电极与基极短接，集电极电流中只有扩散电流。
- 温度升高，载流子浓度变化规律
- 利用LF356高输入阻抗集成运算放大器，实现了弱电流转换电压测量