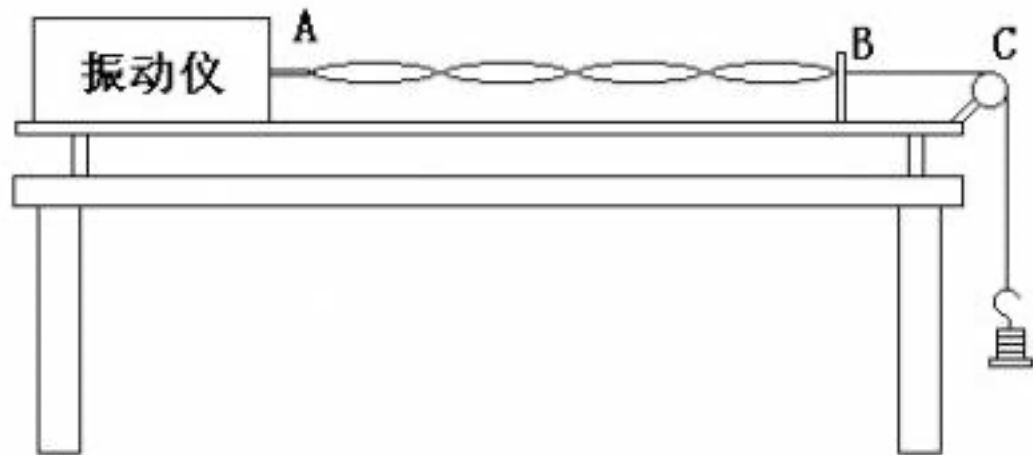


伸长法测量杨氏模量

周诗韵

2021-4-20

问题引入



弦线上的驻波

波长

$$\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

频率

张力

线密度

误差分析：

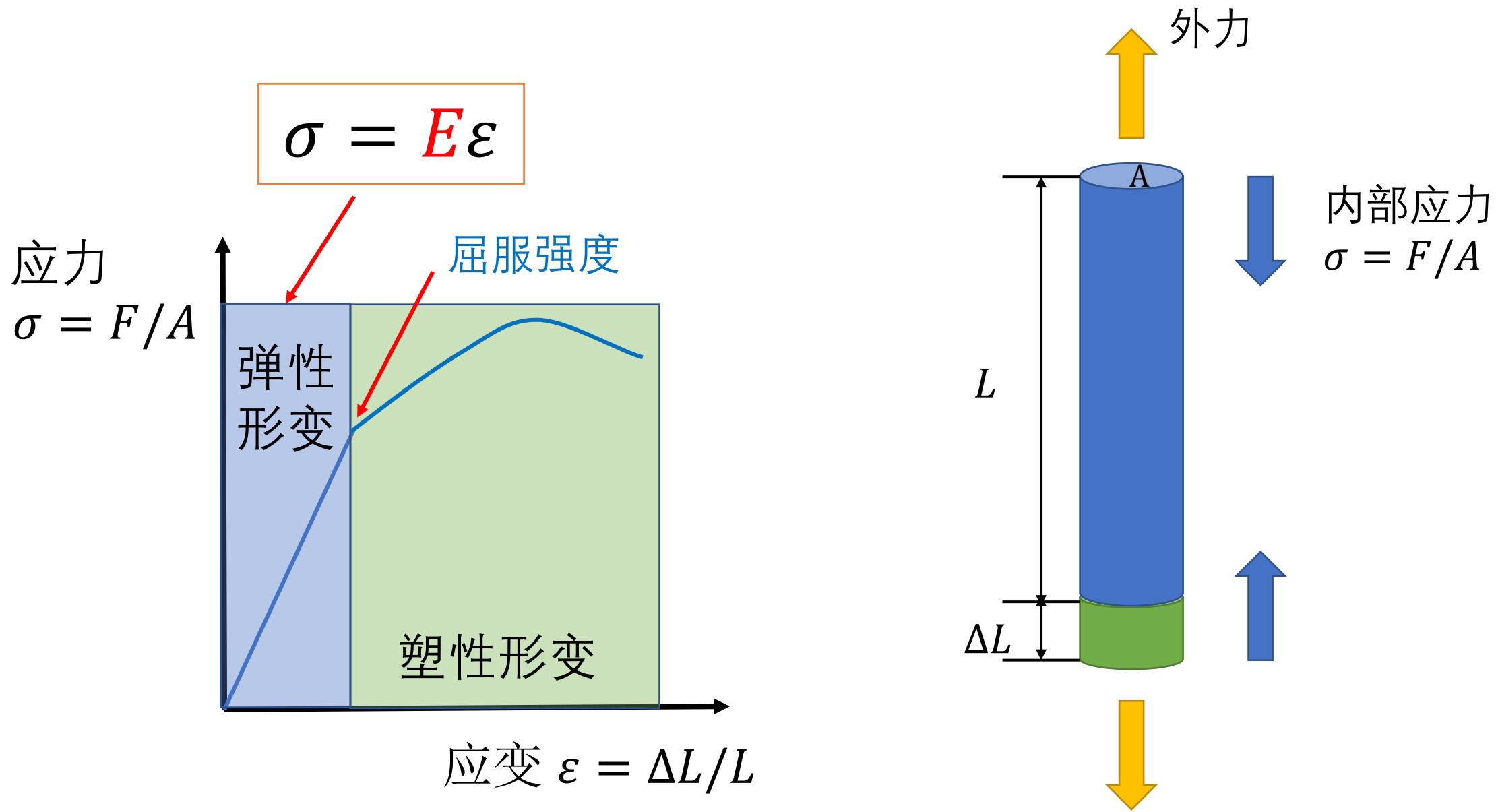
砝码质量45g/块，最大数量5块

张力增大——铜丝伸长——线密度减小

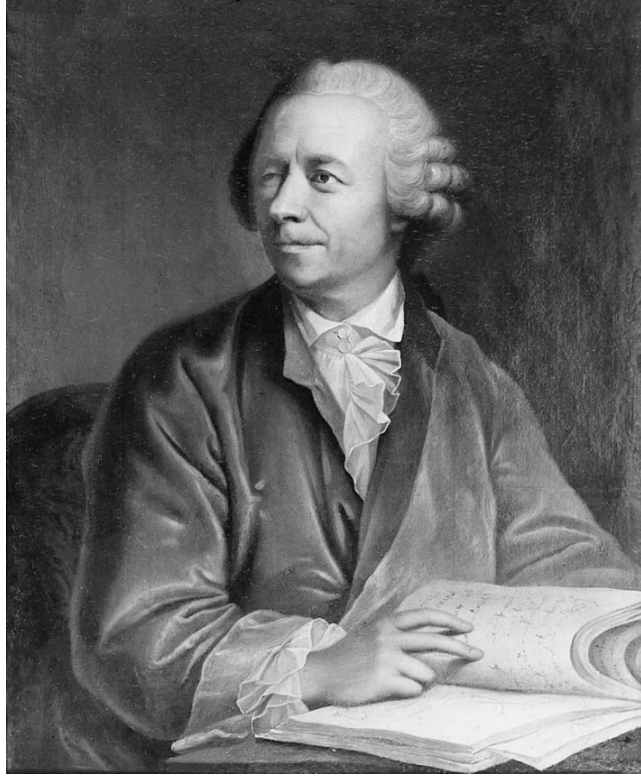
?



杨氏模量



杨氏模量的提出



Leonhard Euler 1707-1783
1727年 提出概念

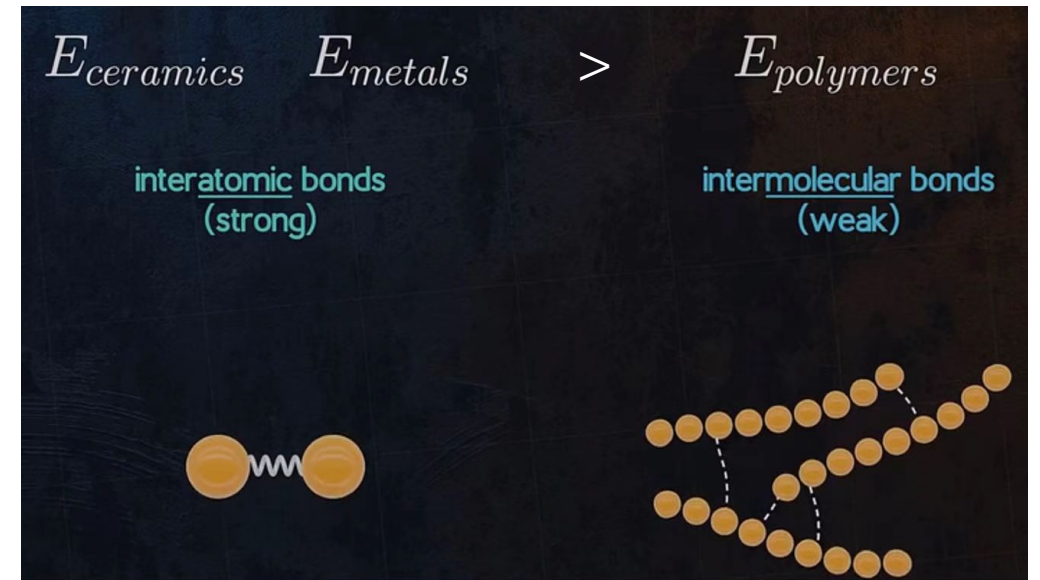
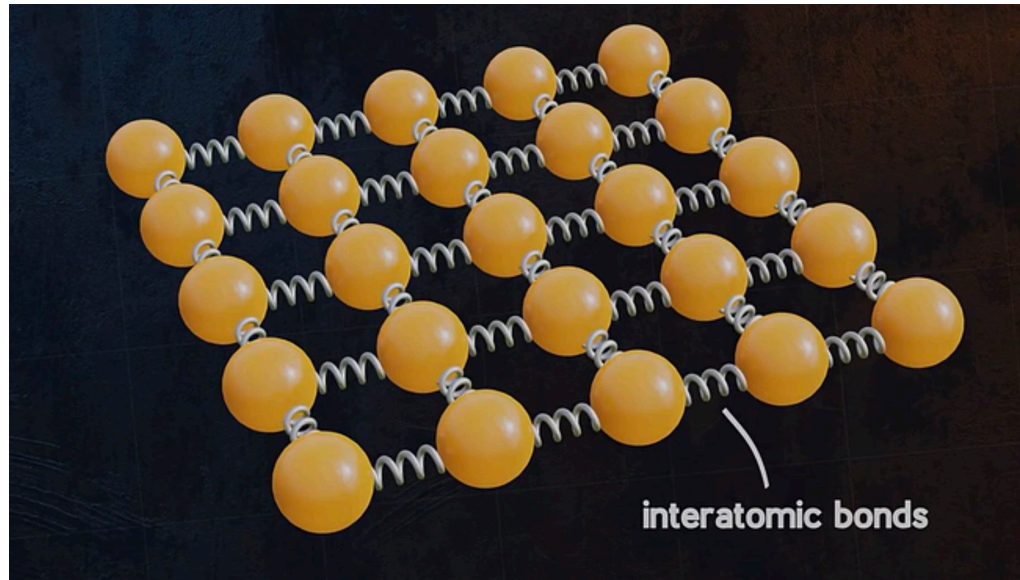


Giordano Riccati 1709-1790
1782年 梁振动实验



Thomas Young 1773-1829
1807年 明确提出“弹性模量”

杨氏模量的微观理解

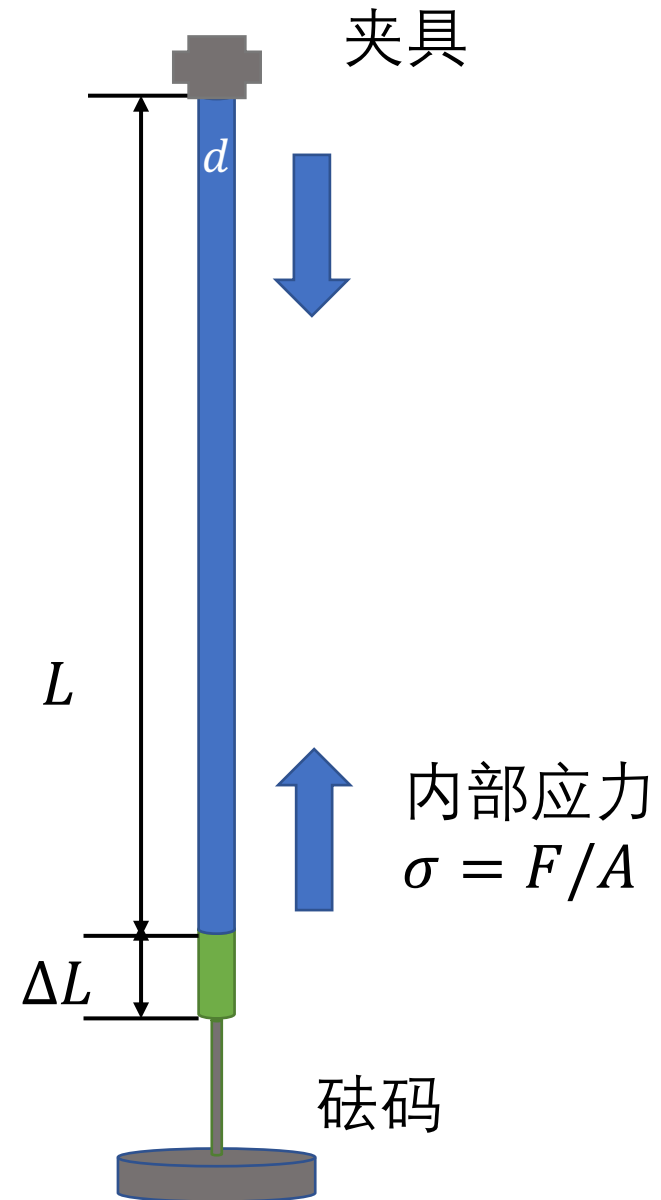


实验模型

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$= \frac{FL}{\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot \Delta L}$$



实验设计

- 实验材料：铜丝——直径~0.3mm，长度~1m
- Q1：铜丝的最大伸长量大约是_____？
A. 10~20 mm B. 5~10 mm C. 0.5~2 mm D. 0.01~0.1 mm

铜的屈服强度：70 Mpa

铜丝的杨氏模量： $\sim 10^{11} \text{N/m}^2$

正确答案：C

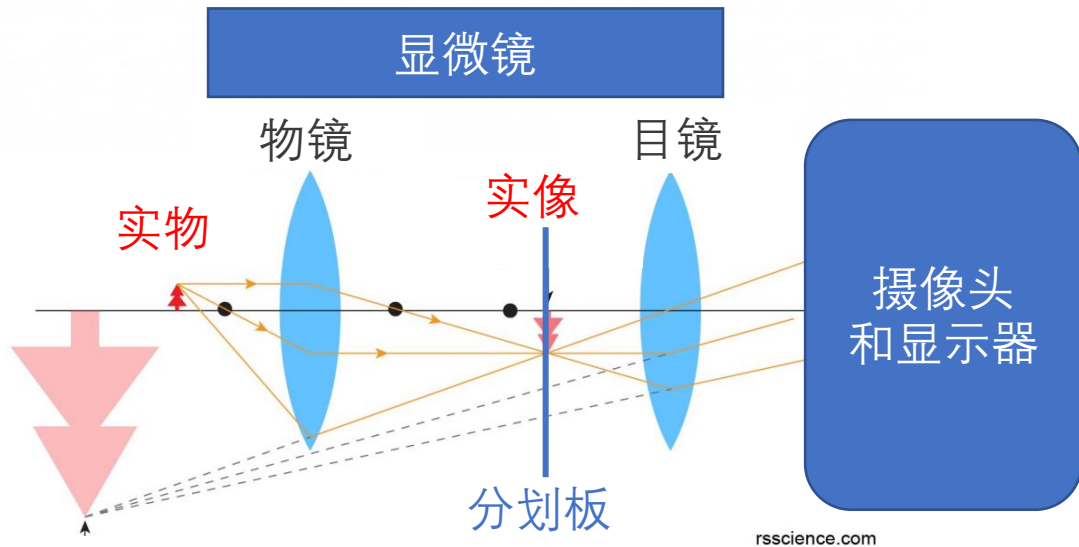
康铜丝：
屈服强度 $\sim 150 \text{Mpa}$

- Q2：砝码最多能加多少？
A. 50 g B. 500 g C. 2000 g D. 5000g

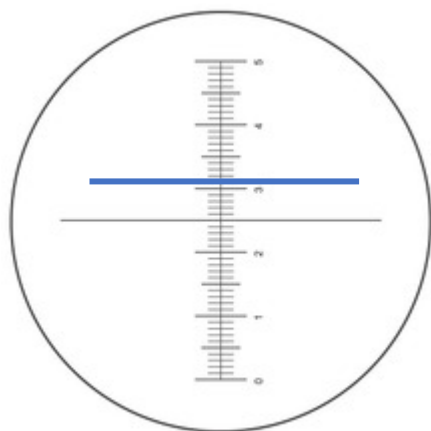
答案：B

伸长量的测量

$$E = \frac{FL}{\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot \Delta L}$$



1. 调节目镜，使分划板上的刻线清晰；
2. 调节物镜，使砒码盘上的标记线清晰；
3. 放上摄像头，调节光圈和显微镜系统，使显示器上的图像清晰。



实验装置

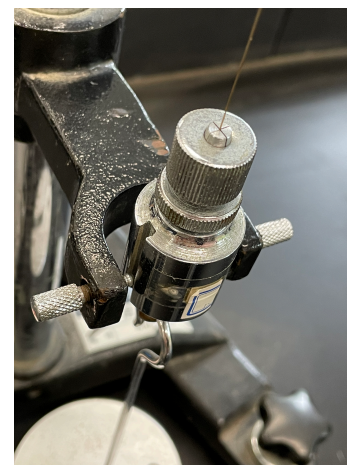
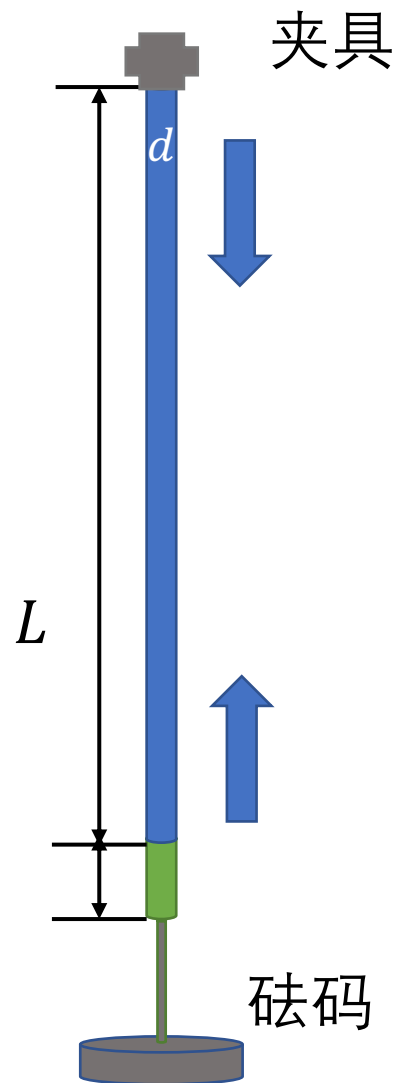
$$E = \frac{FL}{\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot \Delta L}$$



砝码的重力等于 F 吗？

$$E = \frac{FL}{\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot \Delta L}$$

- 调节装置**竖直**
- 加砝码和减砝码取平均



实验操作

$$E = \frac{FL}{\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot \Delta L}$$

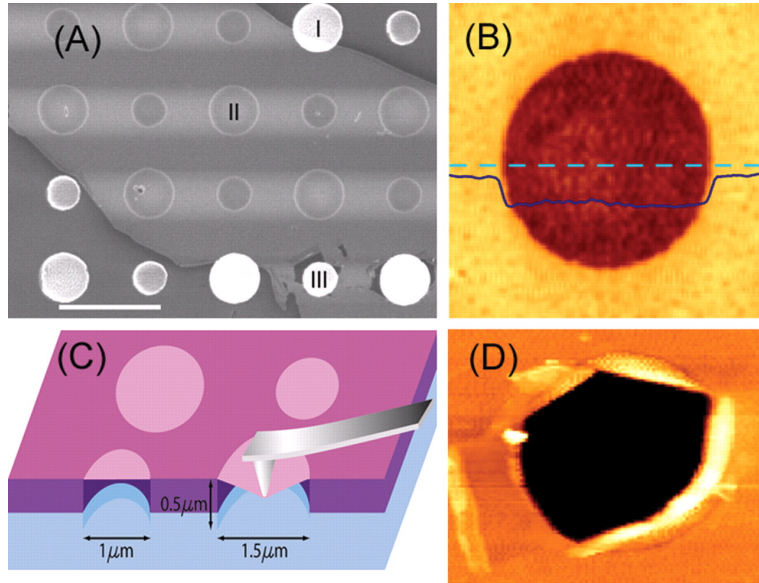
- 仪器的调节
 - 铅直调节
 - 显微镜调节
 - 放置摄像头后，再次调节读数显微镜
- 观测细丝的伸长量变化。
 - 采用加砝码和减砝码取平均的方法，测量金属丝伸长量与拉力的关系。
- 测量金属丝长度 L 、直径 d
- 线性拟合，计算杨氏模量 E

思考

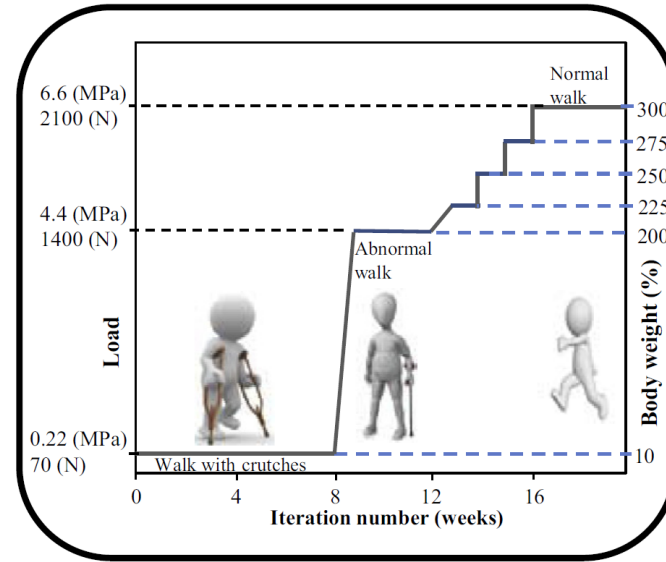
$$E = \frac{FL}{\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot \Delta L}$$

- 金属丝的长度 L 应如何测量？
 - 卷尺
 - 会不会不够准？
- 直径 d 应如何测量？
 - 千分尺
 - 多处测量取平均
 - 与 F 有关吗？

杨氏模量的应用



材料



医学



工程

Lee *et al.*, Science **321**, 385 (2008)

H. Mehboob *et al.*, Composite Structures 124, 327-336 (2015)

<https://www.zcool.com.cn/work/ZNDc2ODIzNjg=.html>

小结与思考

- 杨氏模量的定义 $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$
- 伸长法测杨氏模量的实验设计：
 - 装置，最大拉力
 - 伸长量 ΔL —— 显微镜
 - 系统误差的消除—— 竖直调节，加砝码与减砝码取平均
 - 铜丝长度 L 和直径 d
- 回顾问题：对铜丝线密度的影响程度如何？

参考文献

- <https://baike.baidu.com/item/抗拉强度>
- <https://baike.baidu.com/item/屈服强度>
- https://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html