水钟演示仪

复旦大学 物理系
陈宁心

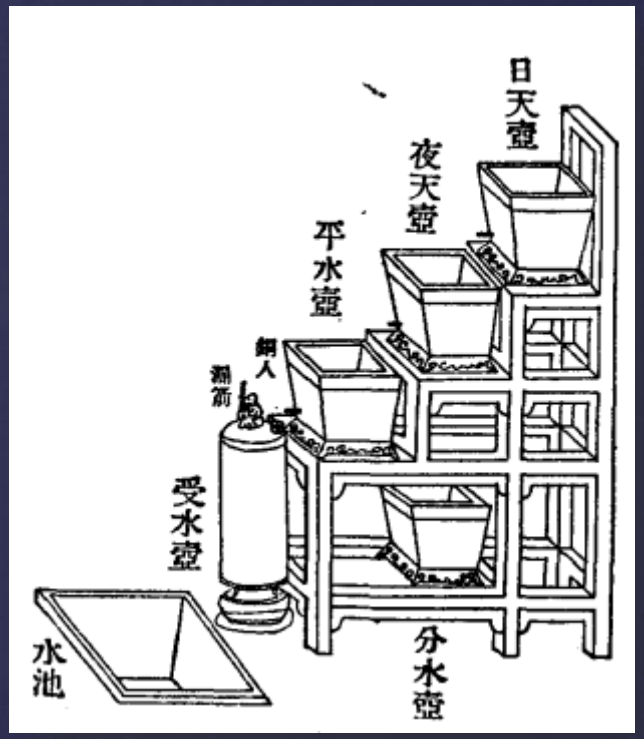
目 录

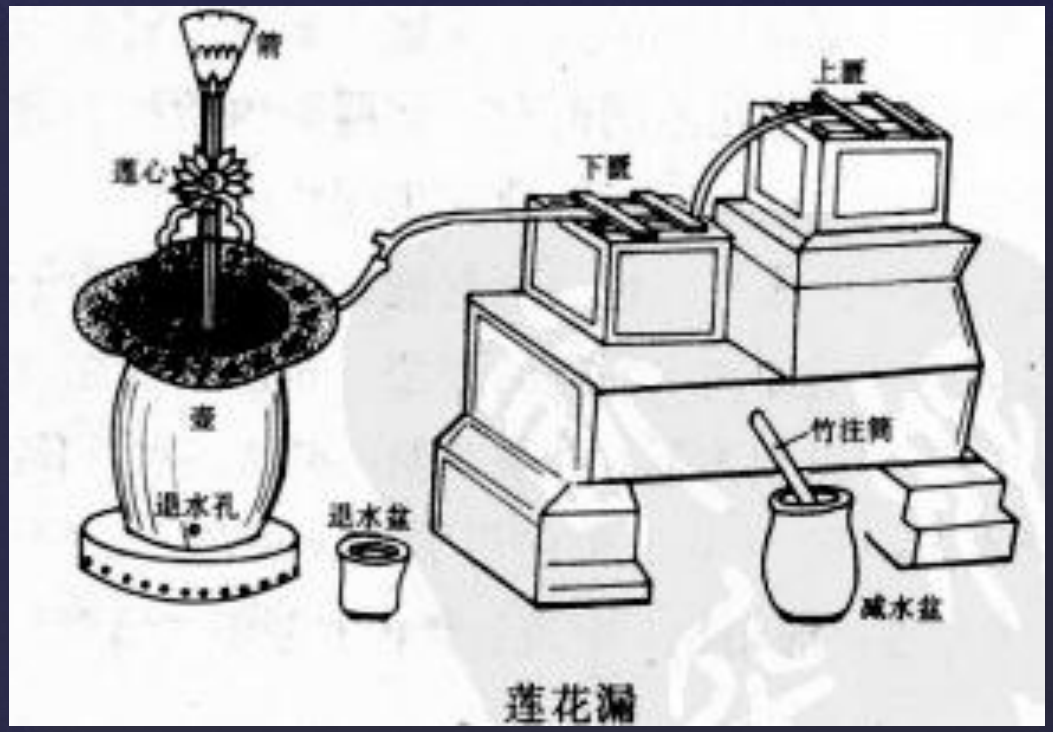
水钟简介

水钟原理及结构

小 结

测量时间





不足

- 肉眼读取液面刻度
- 一年四季温度变化导致误差

目标

- 重现、模拟水钟
- 分析水钟所蕴含的物理原理
- 利用现代科技改进水钟

现代科技与中国古代文化相融合

水钟演示仪简介

对比内容	古代水钟	改进后水钟
结构改进	多级漏壶	马里奥特瓶
时间显示	肉眼读取液面刻度	转换为电子信号输出
温度影响	四季温度变化影响	温度修正

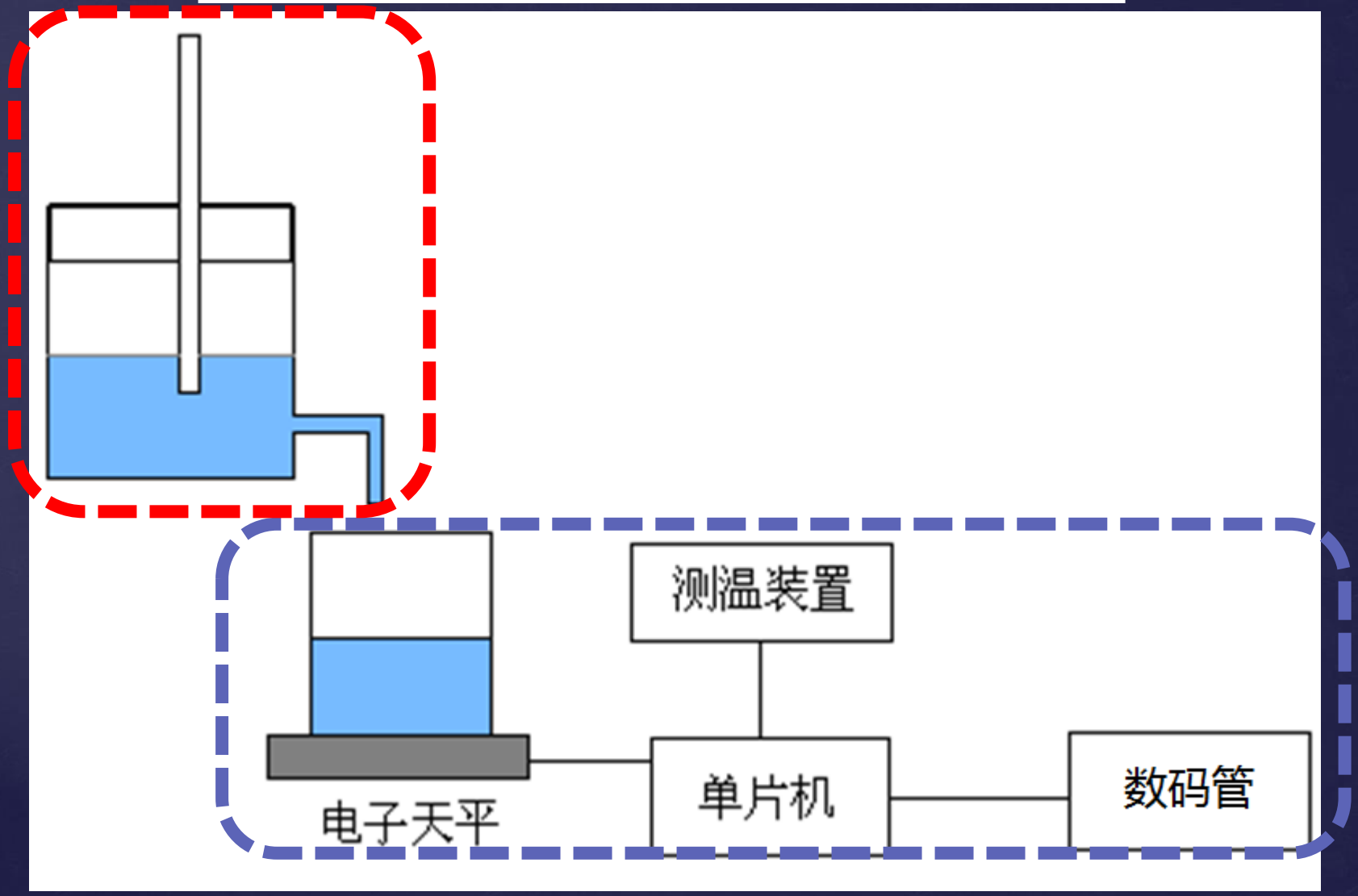
目 录

水钟简介

水钟原理及结构

小 结

水钟结构



理论公式

$$Q = S\sqrt{2gH} / \sqrt{\alpha + \lambda\frac{l}{d} + \sum \xi}$$

H为水位

α为动能校正系数
λ为流管管道的沿程阻力系数
ξ为局部阻力系数
S为流管出水口内横截面积
d为流管管径
g为重力加速度

关键因素

水的粘滞性系数

影响因素
温度

需解决问题

$$Q = S\sqrt{2gH} / \sqrt{\alpha + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi}$$

关键因素-水位H -保持水位高度

影响因素-温度 -温度修正

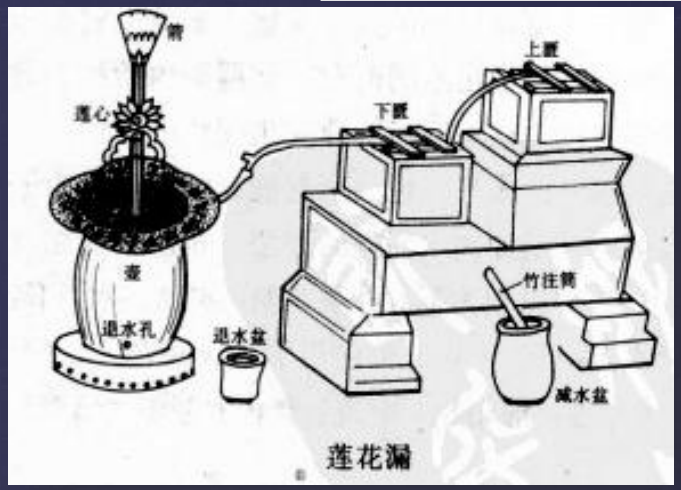
最原始水钟

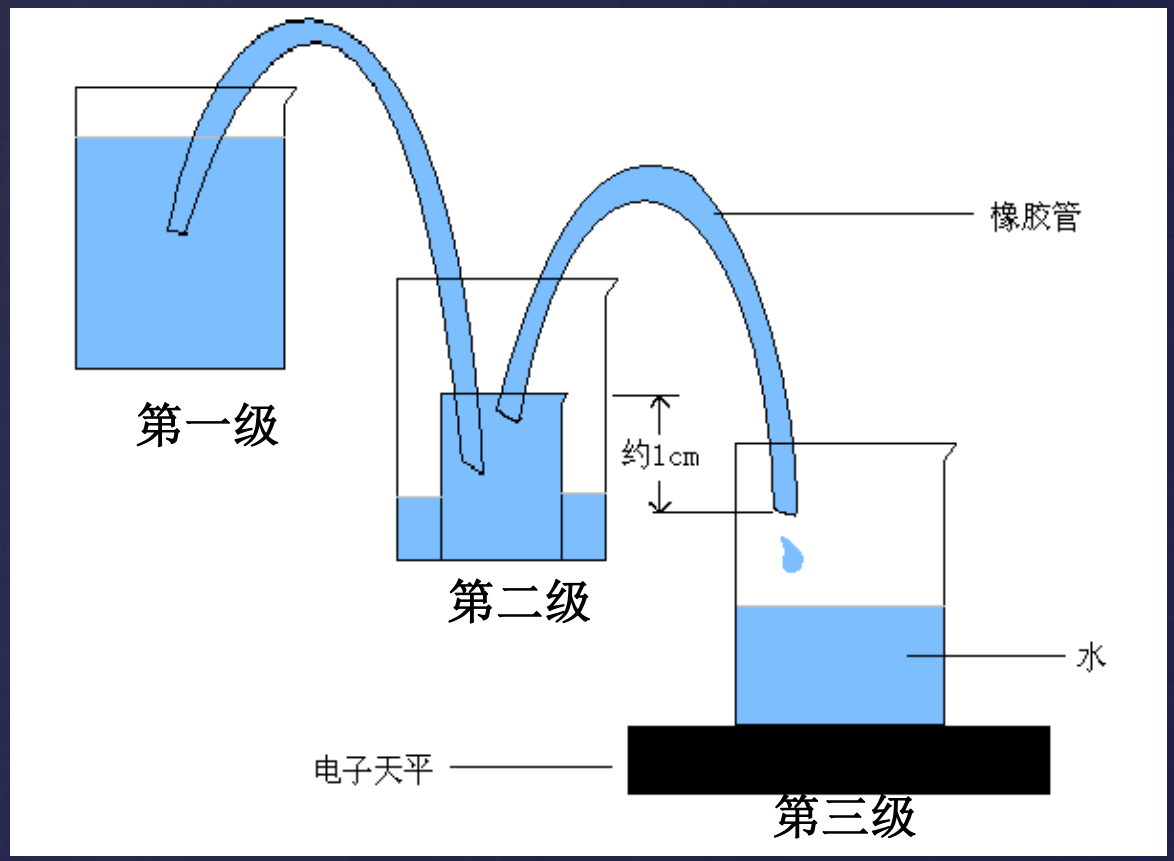
流速是否均匀？

$$V \propto \sqrt{H}$$

H变化！

多级漏壶

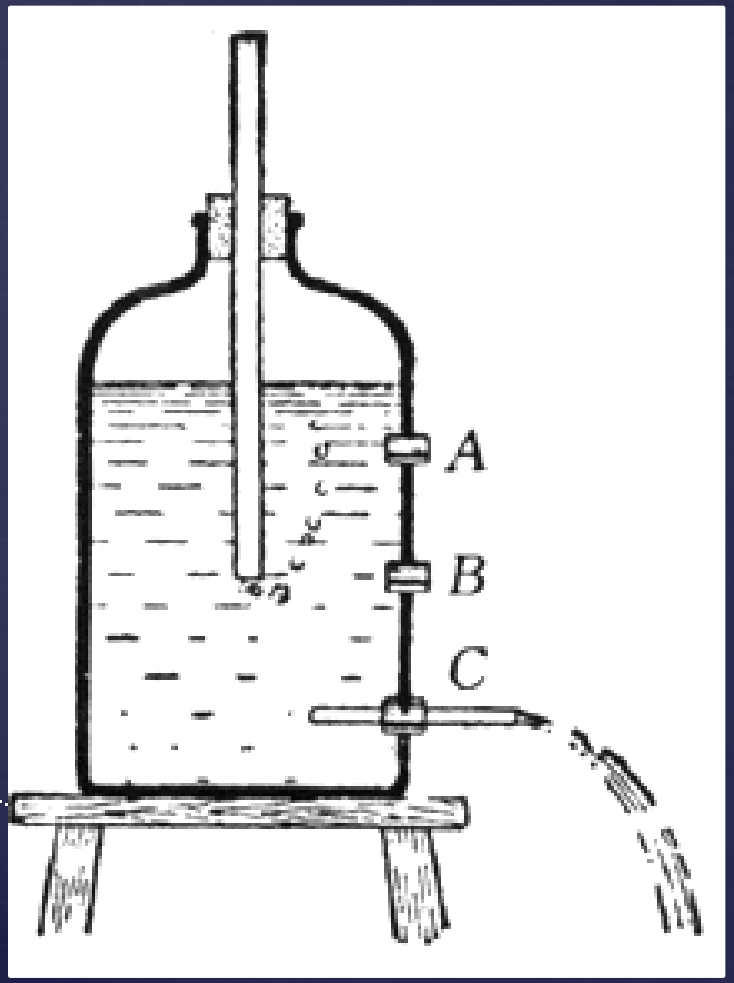




$$V \propto \sqrt{H}$$

多级漏壶误差分析

马里奥特瓶原理

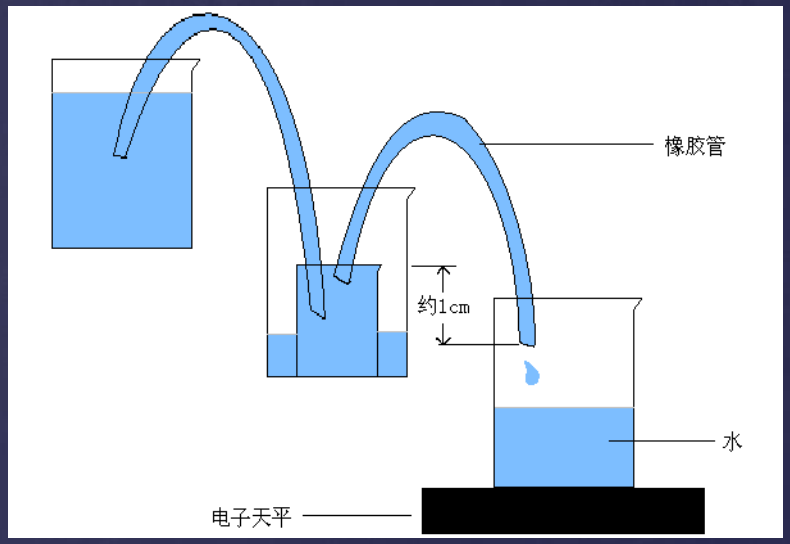


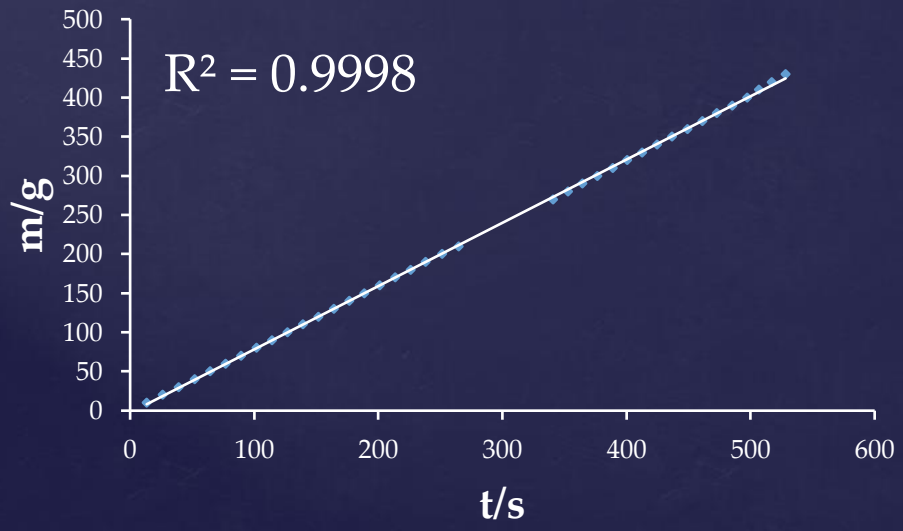
$$P_B = P_{大气压}$$

$$v \propto \sqrt{H_{BC}}$$

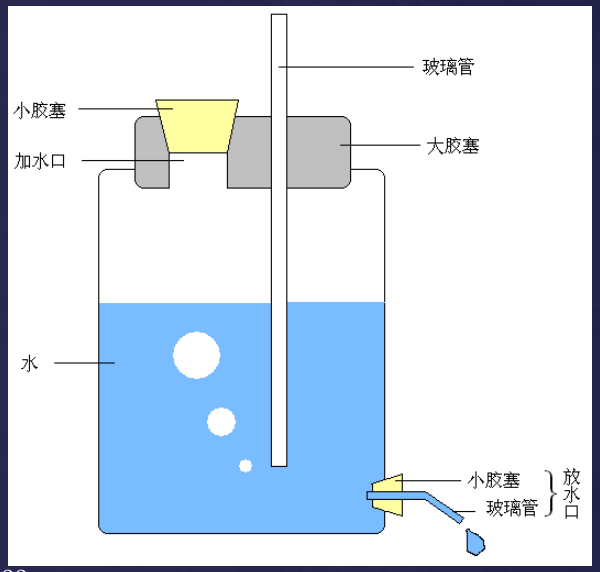
匀速水流装置

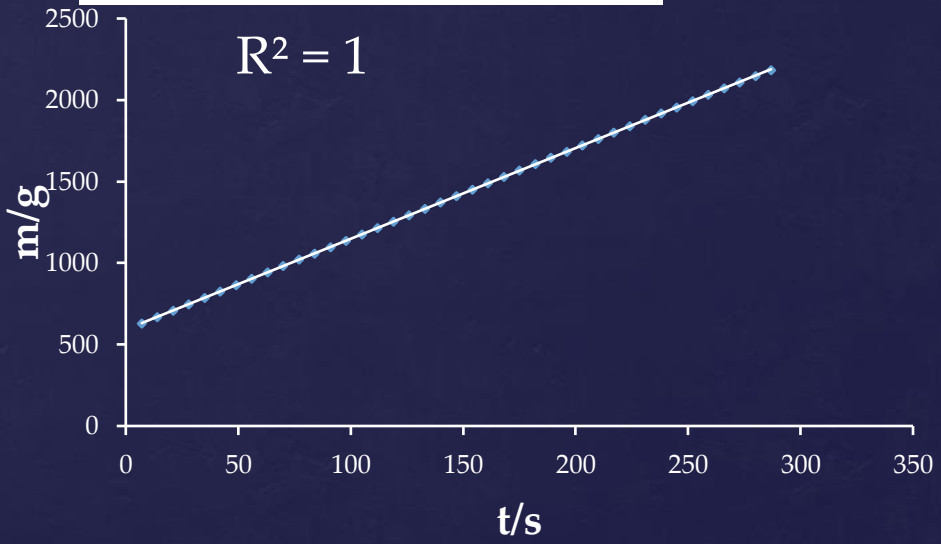
多级漏壶



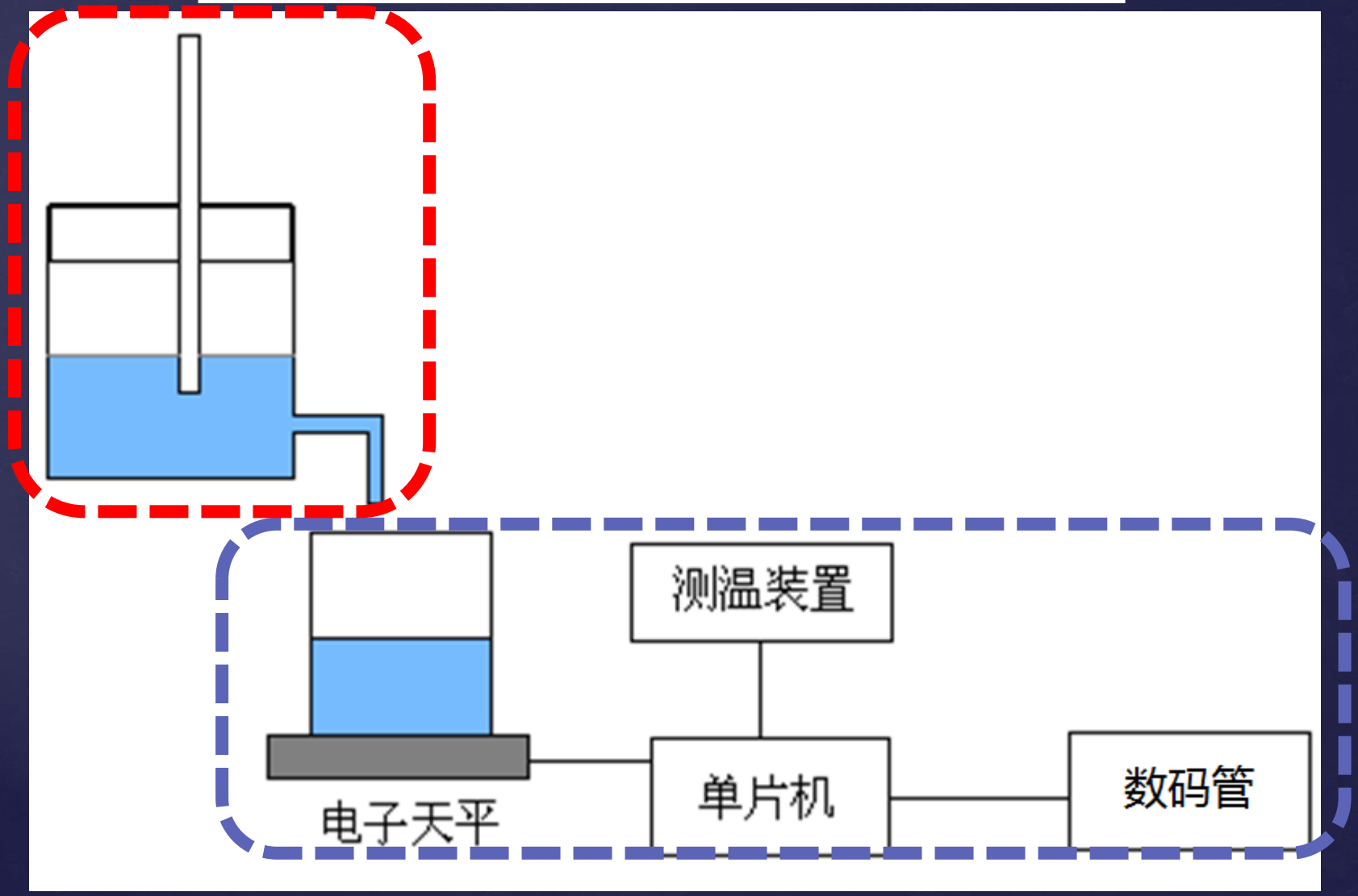


马里奥特瓶





水钟结构



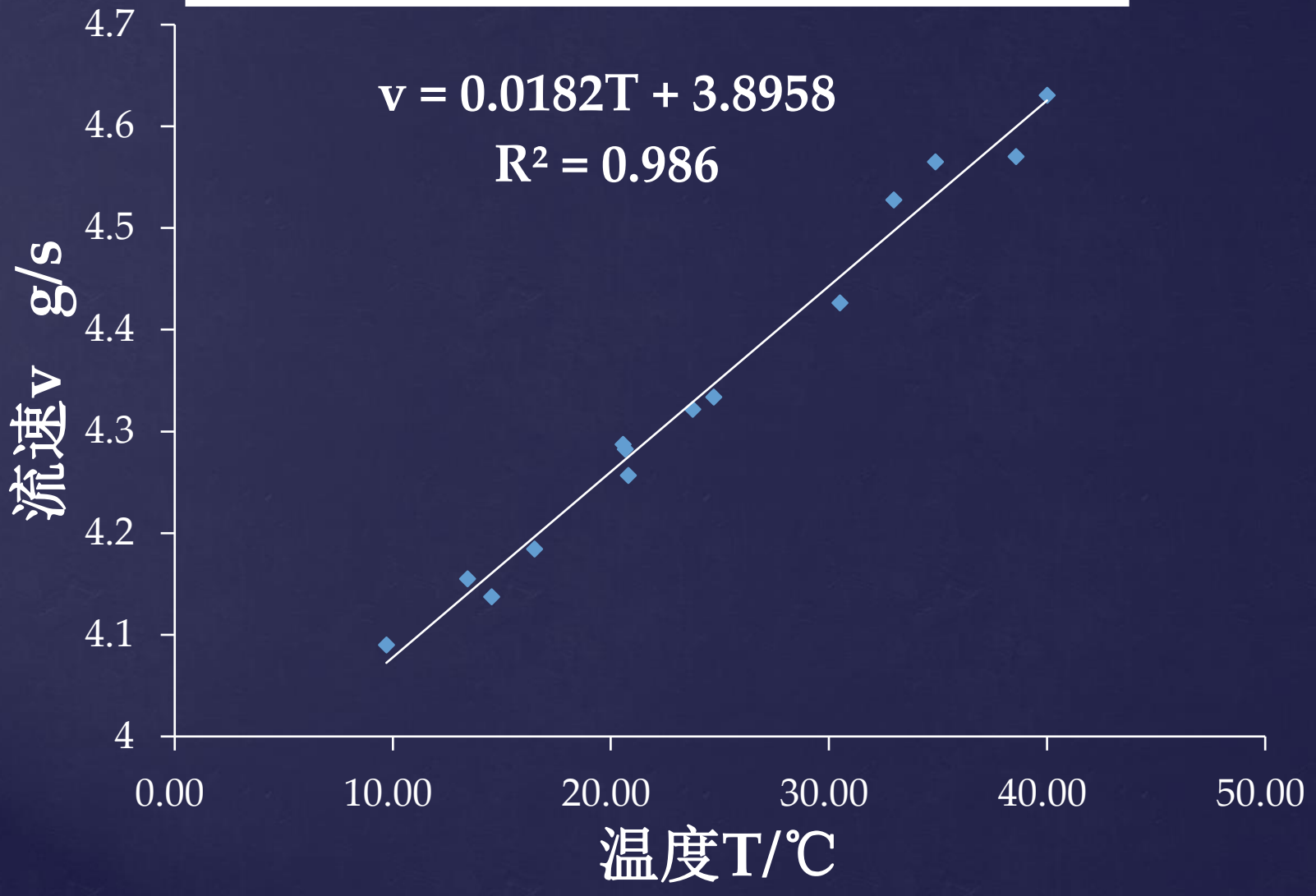
需解决问题

$$Q = S\sqrt{2gH} / \sqrt{\alpha + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi}$$

关键因素-水位H -保持水位高度

影响因素-温度 -温度修正

温度流速函数


v = 0.0182T + 3.8958
R² = 0.986
4.7
4.6
4.5
4.4
4.3
4.2
4.1
4
流速v g/s
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
温度T/℃

如何处理温度影响

恒温？

修正？√

温度修正

测量温度

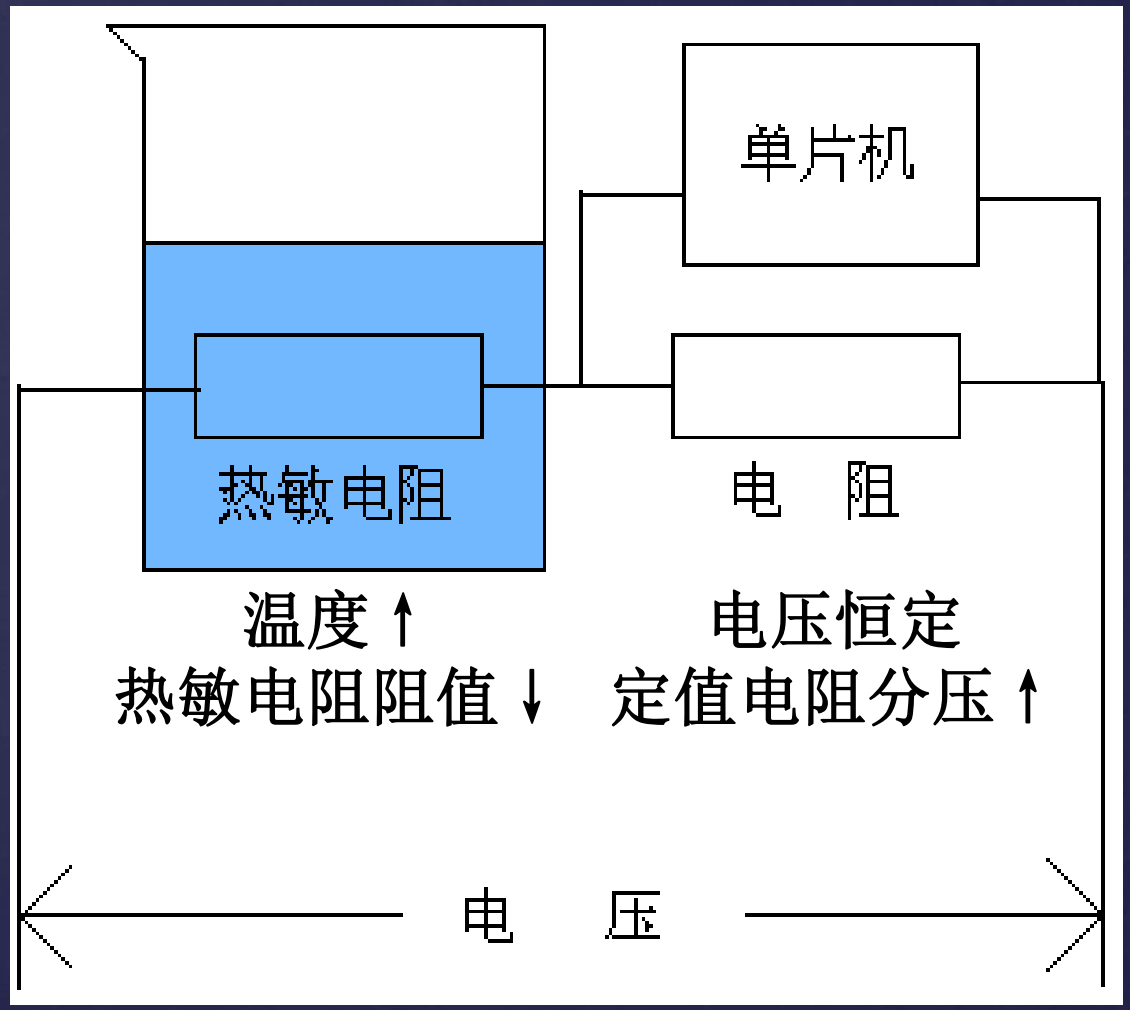
↓

带入温度-单位时间水流量函数

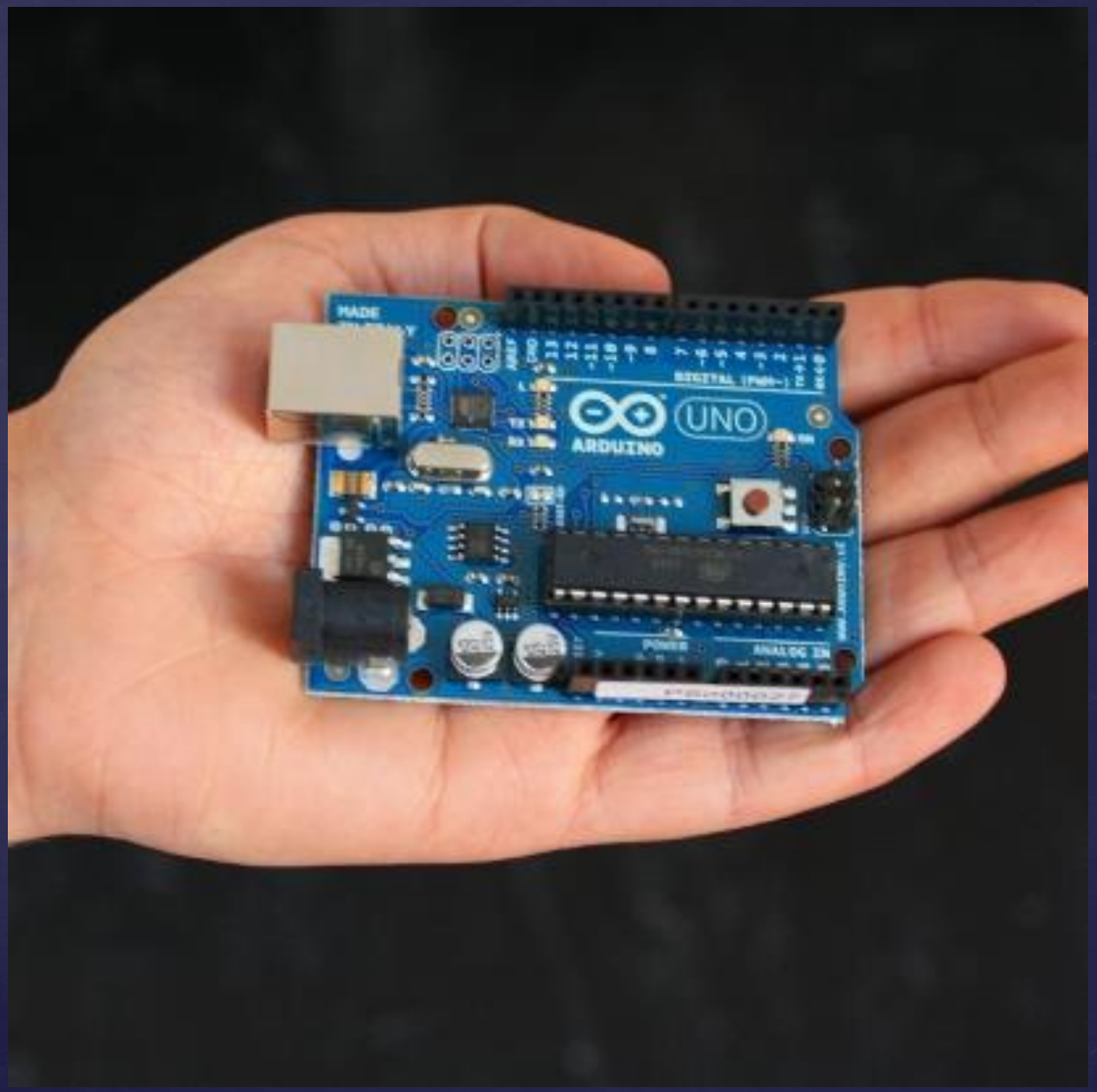
↓

单位时间内水流量

获得温度信号

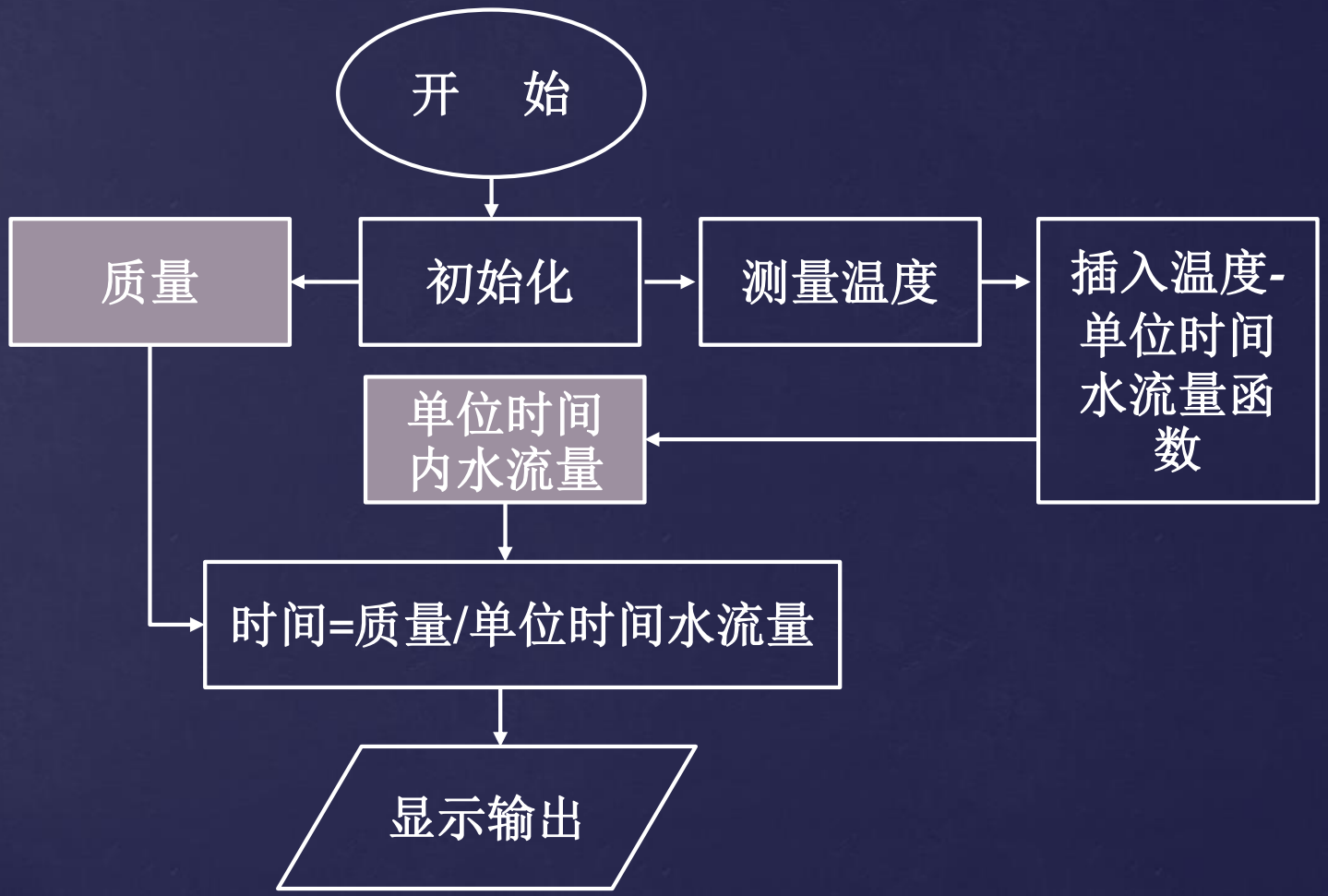


Arduino单片机

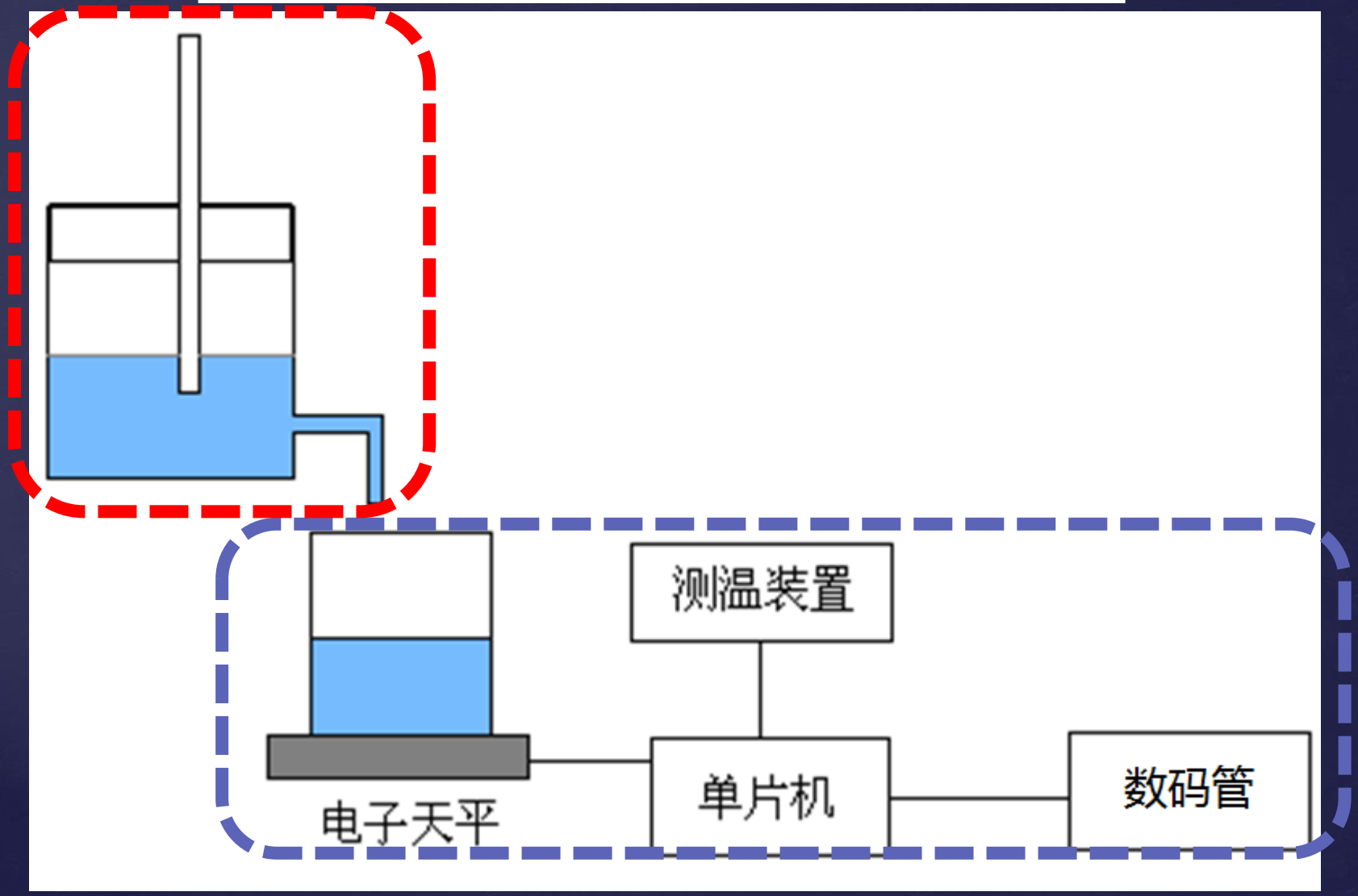


- 采集数据
- 处理数据
- 输出数据

流程图



水钟结构



目 录

水钟简介

水钟原理及结构

小 结

结果

计时时长	累计误差	相对误差
10min	3s	0.5%

收获

保持水流匀速->流体力学

温度修正 ->数字温度计的制作

THANKS

BY 陈宁心