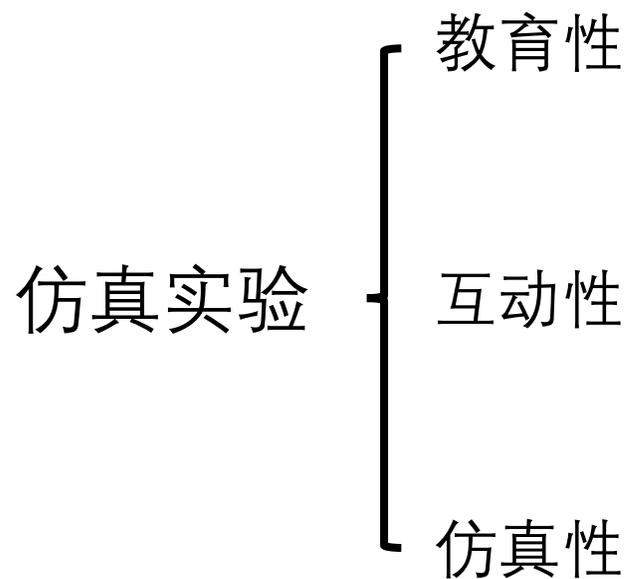


# 设计思路



## 驻波与克拉尼图形

陈寅聪 17307110004 物理学系

实验原理

仿真演示

实验展示

参考文献

# 主要实现方法

- 公式编辑: MathJax
- 图片显示: HighCharts
- 程序实现: JS

# 主要功能

- **实验原理介绍**
- 一维驻波仿真演示
- 克拉尼图形仿真演示
- 克拉尼图形实验展示

# 实验原理

- 普通一维驻波情况（介质长度为半波长的整数倍）
  - 公式推导（波动方程的解、波节位置）
- 非稳定一维驻波情况（介质长度不为半波长的整数倍）
  - 公式推导（波动方程的解、各个振动模式分解）
- 克拉尼图形（二维驻波）
  - 公式推导（二维方形薄板上的波节位置）
  - 数值模拟示意图（方形薄板、圆形薄板）

# 主要功能

- 实验原理介绍
- **一维驻波仿真演示**
- 克拉尼图形仿真演示
- 克拉尼图形实验展示

# 一维驻波仿真演示

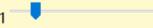
- 普通一维驻波情况（介质长度为半波长的整数倍）
  - 可调整参数：①介质长度与半波长的比值（整数） ②时间与周期的比值（稳态解，0-1）
  - 可以通过调节参数得到任意时刻的波形
- 非稳定一维驻波情况（介质长度不为半波长的整数倍）
  - 可调整参数：①介质长度与半波长的比值（非整数） ②时间与周期的比值（非稳态解，0-50）
  - 可以通过调节参数得到任意时刻的波形
  - 可以通过按钮控制解的各个振动模式的显示

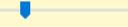
# 一维驻波仿真演示

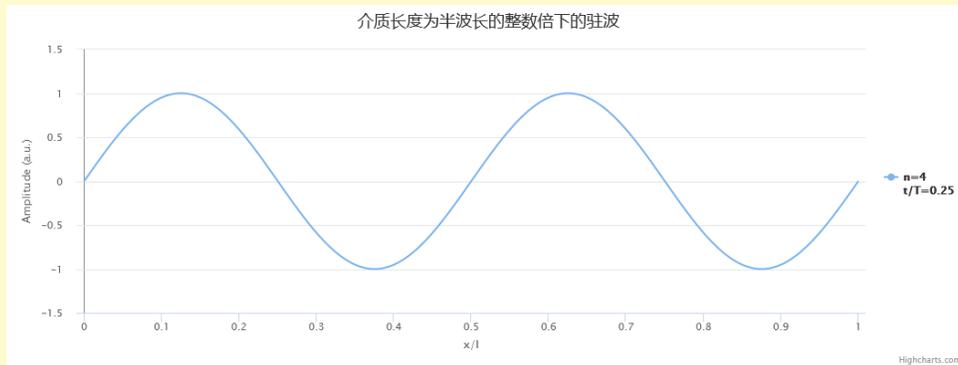
## 1. 介质长度为半波长的整数倍下的驻波

$$y = A \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda}\right) \cos 2\pi \left(\frac{t}{T}\right)$$

可以通过下方的进度条调整参数大小，参数的具体数值将显示在图例中。

介质长度 $l$ 与半波长的比值 $n$ (输入区间为1到20的整数): 1  20

时间 $t$ 与周期 $T$ 的比值(输入区间为0到1的实数): 0  1



## 2. 介质长度不为半波长的整数倍下的“驻波”

$$w(x, t) = -2A_0 \frac{\omega l}{a} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{\left(\frac{\omega l}{a}\right)^2 - (k\pi)^2} \sin\left(\frac{k\pi x}{l}\right) \sin\left(\frac{k\pi a t}{l}\right), \quad v(x, t) = A_0 \frac{\sin\left(\frac{\omega x}{a}\right)}{\sin\left(\frac{\omega l}{a}\right)} \sin \omega t$$

$$u(x, t) = w(x, t) + v(x, t)$$

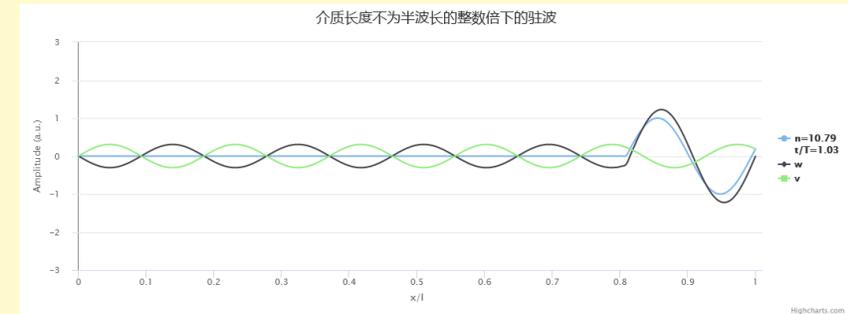
可以通过下方的进度条调整参数大小，参数的具体数值将显示在图例中。两个开关可以控制是否显示振动模式的各部分。

介质长度 $l$ 与半波长的比值 $n$ (输入区间为1到20的实数): 1  20

时间 $t$ 与周期 $T$ 的比值(输入区间为0到50的实数): 0  50

显示本征振动模式部分 $w(x, t)$ :

显示强迫振动模式部分 $v(x, t)$ :



# 主要功能

- 实验原理介绍
- 一维驻波仿真演示
- **克拉尼图形仿真演示**
- 克拉尼图形实验展示

# 克拉尼图形仿真演示

- 方形薄板
  - 可调整参数：①波数 ②振动模式分量比值
  - 可以通过调节参数得到不同振动模式对应的波节位置

# 克拉尼图形仿真演示

## 3. 方形薄板上的克拉尼图形

$$A \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right) \sin\left(\frac{\pi m y}{l}\right) + B \sin\left(\frac{\pi m x}{l}\right) \sin\left(\frac{\pi n y}{l}\right) = 0$$

可以通过下方的进度条调整参数大小，参数的具体数值将显示在图例中，不同参数的组合对应不同的振动模式。

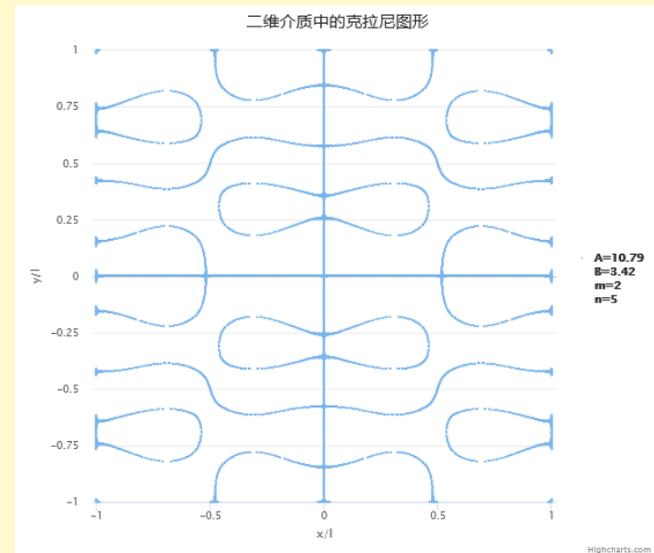
由于数据计算量较大，调整参数后生成图像的时间较长（约为5s），请耐心等待。

A(输入区间为0到20的实数): 0

B(输入区间为0到20的实数): 0

m(输入区间为1到20的整数): 1

n(输入区间为1到20的整数): 1



# 主要功能

- 实验原理介绍
- 一维驻波仿真演示
- 克拉尼图形仿真演示
- **克拉尼图形实验展示**

# 克拉尼图形实验展示

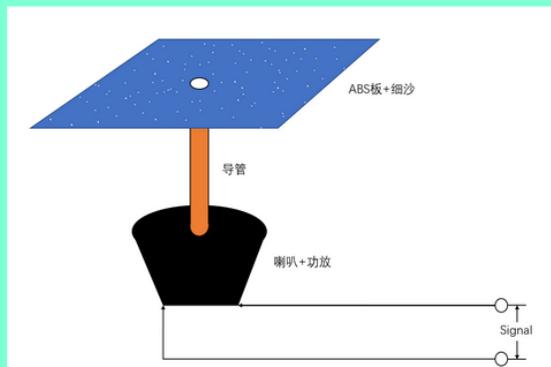
- 实验装置介绍
- 实验演示视频

# 克拉尼图形实验展示

## 1. 方形薄板上的克拉尼图形

本实验是由我、冯好天同学及刘宇同学共同完成。下列视频为不同频率下出现的克拉尼图形。

实验装置包括信号发生部分（电脑声音生成软件）、振动部分（喇叭及收束部分）及图像部分（ABS板及细沙），具体如下图所示。



实验过程中，通过调节电脑软件中的参数，可以设置生成的声音的频率，并经过功放与喇叭形成强度较高的声波。声波经一长直圆管集中后传播到ABS板上，圆管与方形薄板的中心用热熔胶固定，薄板上方不规则地撒有细沙。

当开启声音后，薄板上的细沙随着薄板的振动开始跳动，并在波节的位置集中，形成不同的图案。

