

# 技术物理实验

何焰蓝 丁道一 主编

国防科技大学出版社

# 技术物理实验

|        |     |     |      |
|--------|-----|-----|------|
| 主    编 | 何焰蓝 | 丁道一 |      |
| 参编人员   | 胡小景 | 黄松筠 | 邓正才  |
|        | 杨卫新 | 黄小花 | 黎  全 |
|        | 杨晓飞 | 杨红运 | 郑浩斌  |
|        | 吕治辉 | 刘一星 | 王  月 |

国防科技大学出版社

·长沙·

### 图书在版编目(CIP)数据

技术物理实验/何焰蓝,丁道一主编. —长沙:国防科技大学出版社,2009.6  
ISBN 978-7-81099-667-9

I. 技… II. ①何… ②丁… III. 物理学—实验 IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 094518 号

国防科技大学出版社出版发行  
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:文慧 责任校对:唐卫葳

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

\*

开本:787×1092 1/16 印张:19 字数:451 千  
2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-2000 册

ISBN 978-7-81099-667-9

定价:38.00 元

# 前言

“技术物理实验”是“大学物理实验”后第二层次物理实验系列课程的公共选修课。

“技术物理实验”这门实验课程的目的主要是进一步加强对学生实践性、应用性能力的培养，使之扩展知识面，掌握物理学领域更多的实验技术手段，进一步提高实践动手能力，培养认识、分析和解决实际问题的能力和创新精神。也可以说技术物理实验是大学物理实验课程的延伸，目的是向学生介绍更多的实验内容。

“技术物理实验”是以具有现代物理实验技术以及军事技术特色为主的综合、设计实验，试图通过实验的窗口作用，将现代物理在现代军事技术中的应用加以提炼和浓缩，重在展现现代武器装备的物理原理、特点和性能，并且体现先进性、综合性和应用性特色，同时让学生掌握更多的实验技术手段，进一步提高实践动手能力。对于拓展学员的知识面，提高自然科学素养，培养用开放型和创新型思维方式对待客观世界和解决实际问题，以及高级认知能力、高超综合分析能力具有重大意义。

学生将在“技术物理实验”课程中学习现代物理实验技术的思想、方法应用，本级实验涉及广泛的应用技术，例如，计算机技术、光纤技术、磁共振技术、光谱技术、传感器技术以及光信息处理技术等。具有军事背景的物理实验也被引入本课程教学中。

本书第一部分为综合设计性实验系列。它对于加强学生实践性、应用性的培养，扩展知识面，打牢基础，提高动手能力和认识、分析和解决实际问题的能力，为学员胜任军事工作的需要提供强大动力，具有重要作用。

第二部分为军事技术实验系列。包括：激光军事应用技术实验、军用通讯技术实验、武器制导与定位技术实验等具有较强军事技术应用背景的模块。

第三部分为智能化测量物理实验系列。它是将各种先进的传感器技术、

先进的数据采集及接口技术、先进的软件数据处理技术融为一体，配以电脑进行控制和数据采集、数据处理的物理实验。选用美国的 PASCO 产品，可以让学生学习如何将其它技术融入到物理实验中来，开阔学生的眼界，使物理教学与科技进步同步。

实验课程建设是一项集体的事业，需要长期不懈的努力，日积月累、与时俱进、不断改革、潜心建设。多年来，所有在物理实验室工作过的人员，都为该课程的建设做出了贡献，时值本教材出版之际，一并致谢。

参加此次教材编写的教师，都具有多年从事物理实验教学的丰富经验，编写方案几经集体讨论，个人分工撰写，反复修改而成。有的教师虽然没有具体执笔编写，但他们的宝贵意见和经验，使得该教材成为集体智慧的结晶。

本教材在编写过程中，参考了许多兄弟院校的教材和会议资料，吸收了国内外物理实验教学改革的经验，在此一并表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

何焰蓝 于国防科技大学

2009-7-5

# 目 录

## 第一章 综合设计性实验

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| 实验 1 耦合摆实验 .....                | ( 2 )   |
| 实验 2 固体线膨胀系数的测量 .....           | ( 8 )   |
| 实验 3 (吉他)弦振动的研究 .....           | ( 11 )  |
| 实验 4 霍尔位置传感器测定杨氏模量 .....        | ( 16 )  |
| 实验 5 磁阻尼系数和滑动摩擦系数的测量 .....      | ( 22 )  |
| 实验 6 旋转液体特性研究实验 .....           | ( 25 )  |
| 实验 7 用波尔共振仪研究受迫振动 .....         | ( 31 )  |
| 实验 8 超声探伤研究实验 .....             | ( 39 )  |
| 实验 9 光纤传输与半导体激光器光电特性研究实验 .....  | ( 45 )  |
| 实验 10 偏振光的研究 .....              | ( 53 )  |
| 实验 11 空间滤波与 $\theta$ 调制实验 ..... | ( 60 )  |
| 实验 12 用激光散斑照相法测量面内横向微小位移 .....  | ( 67 )  |
| 实验 13 空气折射率的干涉法测量 .....         | ( 70 )  |
| 实验 14 双光栅微弱振动测量 .....           | ( 72 )  |
| 实验 15 光拍法测光速 .....              | ( 75 )  |
| 实验 16 彩色面阵 CCD 技术应用基本实验 .....   | ( 80 )  |
| 实验 17 声光效应及其应用实验 .....          | ( 93 )  |
| 实验 18 热声效应实验 .....              | ( 99 )  |
| 实验 19 光热偏转效应实验 .....            | ( 104 ) |
| 实验 20 液晶电光效应实验 .....            | ( 108 ) |
| 实验 21 多普勒效应综合实验 .....           | ( 116 ) |
| 实验 22 夫兰克—赫兹实验 .....            | ( 121 ) |
| 实验 23 核磁共振法测磁场实验 .....          | ( 130 ) |
| 实验 24 色度测量实验 .....              | ( 138 ) |
| 实验 25 黑体辐射实验 .....              | ( 144 ) |
| 实验 26 等离子体放电实验 .....            | ( 150 ) |
| 实验 27 等离子体真空溅射镀膜实验 .....        | ( 158 ) |
| 实验 28 高温超导材料转变温度测定实验 .....      | ( 163 ) |

|       |                  |       |
|-------|------------------|-------|
| 实验 29 | 扫描隧道显微镜的使用 ..... | (168) |
| 实验 30 | 磁悬浮实验 .....      | (178) |
| 实验 31 | 普通照相与底片的冲洗 ..... | (182) |

## 第二章 军事技术实验

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| 实验 32 | 透射式超声波成像实验 .....    | (198) |
| 实验 33 | 水下超声定位实验 .....      | (202) |
| 实验 34 | 低速风洞实验 .....        | (206) |
| 实验 35 | 混沌加密通讯实验 .....      | (214) |
| 实验 36 | 微光夜视技术实验 .....      | (218) |
| 实验 37 | 全息瞄准实验 .....        | (222) |
| 实验 38 | 激光干涉调制通讯实验 .....    | (228) |
| 实验 39 | 激光测距实验 .....        | (232) |
| 实验 40 | 电视制导技术实验 .....      | (236) |
| 实验 41 | 光纤陀螺实验 .....        | (240) |
| 实验 42 | 光纤水听器的原理与应用实验 ..... | (243) |

## 第三章 智能化测量物理实验

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 计算机实测物理实验与 PASCO 物理实验 .....  | (250) |
| 电脑控制转动系列综合实验 .....           | (270) |
| 实验 43 转动惯量的测量 (质点、盘和环) ..... | (271) |
| 实验 44 离心力测量 .....            | (276) |
| 实验 45 角动量守恒 .....            | (280) |
| 实验 46 平行轴定律 .....            | (284) |
| 实验 47 角加速度测量 .....           | (287) |
| 实验 48 势能—动能转化 .....          | (290) |
| 实验 49 扭摆的应用 .....            | (292) |

综合设计性实验

# 第一章

## 综合设计性实验

## 实验 1 耦合摆实验

振动系统间的作用问题(耦合振动)在物理学、工程结构和电子学线路中具有极其重要的意义。在电学中,电容和电感耦合起来的振荡回路、固体晶格中相邻原子的振荡模式以及光子和声子耦合产生的电磁耦合场都具有同样的现象和规律。本仪器由两个完全相同的单摆组成,单摆的振动周期可分别调整,两者之间用一根弹簧相连,实现了相互的耦合,即组成耦合摆。改变耦合弹簧在单摆上的位置,可明显观察到耦合度大小对振动系统的影响和规律,并从中观察到“拍”的现象。

### 实验目的

- (1) 观察两个相同单摆构成的耦合振动系统的振动特性;
- (2) 观察单摆的振动耦合,加深对振动耦合过程能量转移规律的了解;
- (3) 研究耦合度的大小对耦合摆振动特性的影响;
- (4) 了解“拍”的现象。

### 预习思考题

- (1) 实验的初始条件由什么控制? 两摆释放时必须注意什么?
- (2) 振幅过大或过小会带来什么后果?

### 实验原理

如图 1-1 所示为一耦合摆,设该系统被一劲度系数为  $K$  的弹簧所连接,左边的摆长为  $L$ ,右边的摆长为  $L(L + \epsilon)$ 。

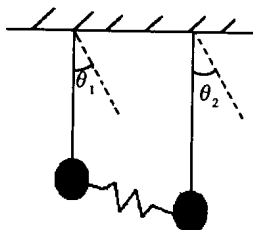


图 1-1 耦合摆系统

若略去阻尼影响,取摆偏离平衡位置的广义坐标分别为  $\theta_1$  和  $\theta_2$ ,并以偏右为其正方向,则耦合摆的动能为:

$$T = \frac{1}{2} mL^2 [\dot{\theta}_1^2 + (1 + \epsilon)^2 \dot{\theta}_2^2] \quad (1-1)$$

耦合摆的能量为重力势能和弹性势能之和。

重力势能:

$$\begin{aligned} U_1 &= mgL(1 - \cos\theta_1) + mgL(1 + \epsilon)(1 - \cos\theta_2) \\ &\cong \frac{1}{2} mL [\dot{\theta}_1^2 + (1 + \epsilon)^2 \dot{\theta}_2^2] \end{aligned}$$

弹性势能:

$$U_2 = \frac{1}{2} KL^2 [(1 + \epsilon)\theta_2 - \theta_1]^2$$

利用拉格朗日方程得到系统的第一个振动方程为

$$mL^2 \ddot{\theta}_1 + (mg + KL)L\theta_1 - KL^2(1 + \epsilon)\theta_2 = 0$$

第二个方程为

$$mL^2(1 + \epsilon)^2 \ddot{\theta}_2 + [mg + KL(1 + \epsilon)]L(1 + \epsilon)\theta_2 - KL^2(1 + \epsilon)\theta_1 = 0$$

设方程的解为

$$\theta_1 = A_1 e^{i\omega t}$$

$$\theta_2 = A_2 e^{i\omega t}$$

并令

$$\alpha = \frac{\omega^2 L}{g}$$

$$\beta = \frac{KL}{mg}$$

解得频率的平方为

$$\omega^2 = \left[ \frac{2 + \epsilon + 2\beta(1 + \epsilon) \pm \sqrt{4\beta^2(1 + \epsilon)^2 + \epsilon^2}}{2(1 + \epsilon)} \right] \frac{g}{L} \quad (1-2)$$

## 实验仪器

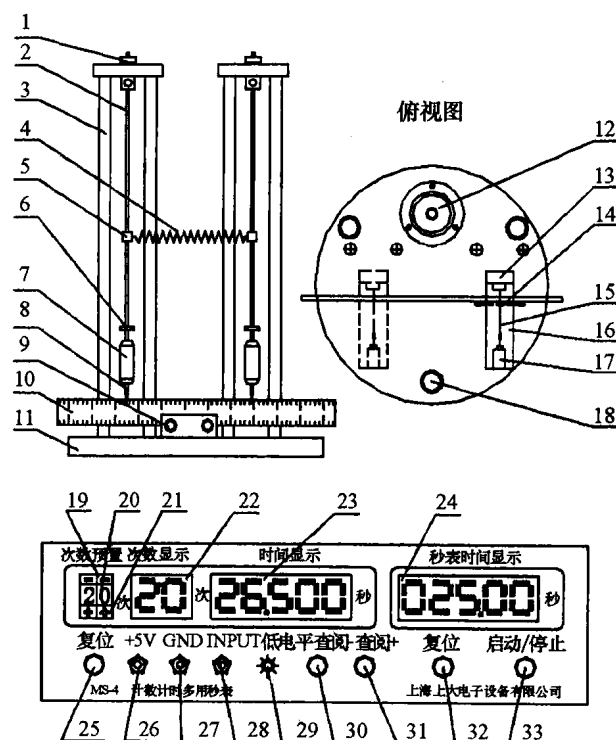
实验仪器为 HOB-1 型耦合摆实验仪、MS-4 计数计时多用表等。

(1) 耦合摆实验仪的结构如图 1-2 所示。

(2) 仪器的连接与调节。

① 激光光电门由激光发射和接收两部分组成。发射部件发出红光,其红线接仪器 +5V 接线柱,黑线接 GND 接线柱;接收部件的黑色圆柱小孔为激光接收孔,当其被激光照射后,上面的发光二极管熄灭,黄(信号)线输出低电平。接收部件红线接仪器 +5V 接线柱,黑线接 GND 接线柱,黄线接 INPUT 接线柱。

② 实验测量摆动周期时,先调整激光方向,使激光束射向接收部件的小孔,发光二极管熄灭。在待测量摆平衡位置,摆幅指针恰好遮挡激光束,将该激光光电门放置于上述位置的圆底盘上。这样当摆左右摆动,在经过平衡位置时遮挡激光束,接收部件将信号输出至计数计时多用秒表。每过半个周期,显示数据加 1。因难以精确置于平衡点,一般将次



- 1 - 摆杆固定和调整螺母; 2 - 摆杆; 3 - 立柱; 4 - 耦合弹簧; 5 - 耦合位置调节环;  
 6 - 振动频率微调螺母; 7 - 摆锤; 8 - 振幅指针兼计数计时挡杆; 9 - 水平尺固定架;  
 10 - 振幅测量直尺; 11 - 底盘; 12 - 气泡式水准仪; 13 - 激光光电门接收部件;  
 14 - 振幅指针振动轨迹线; 15 - 可见红色激光束; 16 - 激光光电门支架;  
 17 - 激光发射部件; 18 - 仪器水平调整旋钮; 19 - 次数预置 - 1 按钮;  
 20 - 预置次数显示; 21 - 次数预置 + 1 按钮; 22 - 计数次数显示窗;  
 23 - 相应次数的计时显示窗; 24 - 秒表显示窗; 25 - 计数计时复位按钮;  
 26 - + 5V 接线柱; 27 - GND(公共地)接线柱; 28 - 计数计时信号输入接线柱;  
 29 - 输入信号低电平指示; 30 - 次数 - 1 相应时间查阅按钮;  
 31 - 次数 + 1 相应时间查阅按钮; 32 - 秒表时间复位按钮; 33 - 秒表计时开始/停止按钮

图 1-2 耦合摆实验仪结构示意图

数预置成偶数,即取整数个周期加以实验研究。

③ MS - 4 计数计时多用秒表。计数计时在始点时,计数窗显示 00;计时窗显示 00.000;计数次数和次数预置相同时,仪器停止计数计时,可通过[查阅 -]或[查阅 +]键记录相应次数从开始点所计的时间。重复计数计时按[RESET]键,次数预置数不大于 64 次,一旦改变预置数,须按[RESET]键方有效。

## 实验内容

(1) 测定单个摆的固有振动频率,调整使两摆的振动频率(或周期)相同。

测单个摆的固有圆频率,  $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}}$ 。不加耦合弹簧,用光电门结合计数计时多用秒表测 10 个周期的时间,计算出振动频率。调整微调螺母,使两摆在同样起始振幅下的振动周期相同(其误差小于 1%)。

实验时周期数为 10,计数计时多用秒表,预置次数设置为 20,振幅指针经过平衡位置 20 次,用手以水平方向移开摆锤,使振幅指针偏离平衡位置 25mm 后放开。实验测量周期记作  $T_0$ ,振动频率记作  $f_0$ 。实验数据记录于表 1-1 中。

表 1-1

| 序号 | 单摆 1              |                 |                    | 单摆 2               |                  |                    |
|----|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|    | $10T_0(\text{s})$ | $T_0(\text{s})$ | $f_0/(1/\text{s})$ | $10T_0/(\text{s})$ | $T_0/(\text{s})$ | $f_0/(1/\text{s})$ |
| 1  |                   |                 |                    |                    |                  |                    |
| 2  |                   |                 |                    |                    |                  |                    |
| 3  |                   |                 |                    |                    |                  |                    |
| 4  |                   |                 |                    |                    |                  |                    |
| 5  |                   |                 |                    |                    |                  |                    |
| 平均 |                   |                 |                    |                    |                  |                    |

(2) 在不同摆杆位置用弹簧耦合连接,测定耦合系统的支频率。测定耦合摆的两个简正频率;验证耦合长度的平方与其反相振动频率的平方成线性关系。

① 测定耦合系统的支频率  $\omega_1 = \omega_2 = \sqrt{\frac{g}{L} + \frac{K}{m}}$ ,将两摆用弹簧连接起来,用手固定单摆 1(左面单摆),使单摆 2(右面单摆)振动,用激光光电门结合计数计时多用秒表测出 10 个周期的时间,计算出振动频率。

计时周期数为 10,用手以水平方向移开摆锤,使振幅指针偏离平衡位置 25mm 后放开。在耦合长度分别为 20、25、30、35、40cm 时,实验测量支频率记作  $f_1$  和  $f_2$ 。耦合长度是指耦合点到摆杆转动轴心的距离,记作  $L$ 。实验数据记录于表 1-2 中。

表 1-2

| 耦合长度 $L(\text{cm})$ | $10T(\text{s})$ | $T(\text{s})$ | $f(1/\text{s})$ |
|---------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 20                  |                 |               |                 |
| 25                  |                 |               |                 |
| 30                  |                 |               |                 |
| 35                  |                 |               |                 |
| 40                  |                 |               |                 |

② 测耦合摆的简正频率  $\omega_2 = \sqrt{\frac{g}{L}}$  (与自由振动单摆固有频率相同), 把两个摆往相同的方向, 从平衡位置移开相等距离, 使振幅指针偏离平衡位置 25mm 后放开, 用光电门结合计数计时多用秒表测出 10 个周期振动时间, 计算振动频率。在耦合长度分别为 20、25、30、35、40cm 时, 实验测量简正频率, 记作  $f_2$ 。实验数据记录于表 1-3 中。

表 1-3

| 耦合长度 $L(\text{cm})$ | $10T_2(\text{s})$ | $T_2(\text{s})$ | $f_2(1/\text{s})$ |
|---------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 20                  |                   |                 |                   |
| 25                  |                   |                 |                   |
| 30                  |                   |                 |                   |
| 35                  |                   |                 |                   |
| 40                  |                   |                 |                   |

③ 测定耦合摆的简正频率  $\omega_1 = \sqrt{\frac{g}{L} + \frac{2K}{m}}$ , 把两个摆从平衡位置对称地往相反方向拉开, 即作反相振动, 在两摆振幅指针偏离平衡位置 25mm 后放开, 用激光光电门结合计数计时多用秒表, 测出 10 个周期的时间, 计算出振动频率。在耦合长度分别为 20、25、30、35、40cm 时, 实验测量简正频率, 记作  $f_1$ 。实验数据记录于表 1-4 中。

表 1-4

| 耦合长度 $L(\text{cm})$ | $10T_1(\text{s})$ | $T_1(\text{s})$ | $f_1(1/\text{s})$ |
|---------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 20                  |                   |                 |                   |
| 25                  |                   |                 |                   |
| 30                  |                   |                 |                   |
| 35                  |                   |                 |                   |
| 40                  |                   |                 |                   |

作  $f_1^2 - L^2$  图, 说明反相振动频率的平方与耦合长度的平方成线性关系。

(3) 用弹簧耦合, 测定在不同耦合长度时耦合长度的平方与拍频成线性关系。

① 观察拍振, 测出拍振频率, 握住左摆不动, 拉开右摆 20mm, 然后同时释放两摆, 观察两摆的振动情况, 可以看到左摆位相总是落后于右摆。振动的能量从右边的摆逐渐转移到左边的摆, 然后又从左边的摆逐渐返回到右边的摆, 此时位相亦产生变换, 右摆的位相又落后于左边的摆。如此周期性地, 可以明显地看到每个摆的振动都具有拍的特征。

② 用计数计时多用秒表测出拍振周期, 即测出一个摆相邻两次摆动中止的时间间隔, 算出拍振频率。实验证明  $f = f_1 - f_2$ , 用左手固定单摆 1 摆锤 (即左摆), 右手沿水平方向移开单摆 2 摆锤 (即右摆), 使振幅指针偏离平衡位置 25mm 后两手松开。在耦合长度分别为 20、25、30、35、40cm 时, 实验测量拍振周期。实验数据记录于表 1-5 中。

表 1-5

| 耦合长度 $L(\text{cm})$ | $T_{\text{拍}}(\text{s})$ | $f_{\text{拍}}(1/\text{s})$ |
|---------------------|--------------------------|----------------------------|
| 20                  |                          |                            |
| 25                  |                          |                            |
| 30                  |                          |                            |
| 35                  |                          |                            |
| 40                  |                          |                            |

由上述数据作  $f_{\text{拍}} - L^2$  图,说明拍频与耦合长度的平方成线性关系。

## 注意事项

- (1) 实验开始时,启动一个单摆,振幅不宜过大。
- (2) 计数计时多用秒表的预置次数一般为偶数,当改变预置数时,按 **RESET** 键才会有效。

## 思考题

- (1) 分析振动系统出现强耦合和弱耦合的条件是什么? 它们与哪些因素有关?
- (2) 如何从观察到的“拍”的现象中求  $\omega_1$ 、 $\omega_2$ ?

## 实验 2 固体线膨胀系数的测量

### 实验目的

- (1) 了解热膨胀现象;
- (2) 测量固体线膨胀系数。

### 预习思考题

实验中用千分表来测长度的变化量。还可用什么方法来测量长度的变化量?

### 实验原理

大部分物质在一定温度范围内都呈现“热胀冷缩”的现象。就晶体状固体模型而言,这是因为物质中相邻粒子间的平均距离随温度的升高而增大引起的。两相邻粒子间的势能是它们之间距离的函数,其关系可用势能曲线描绘,如图 1-3 所示。在一定的温度下,粒子在其平衡位置  $r_0$  附近做热振动,具有一定的振动能量  $E$ 。由于势能曲线的非对称性,热振动时的平均距离  $r$  大于平衡距离  $r_0$ 。若温度升高( $T_1$ 、 $T_2$ ),振动能量增加( $E_1$ 、 $E_2$ ),则两原子之间的平均距离也增大( $r_1$ 、 $r_2$ ),随之固体的体积膨胀。因此,热膨胀现象是物体的势能曲线的非对称特性的必然结果。固体的任何线度(长度、宽度、厚度、直径等)随温度的变化都称为线膨胀。对于各向同性的固体,沿不同方向的线膨胀系数相同;对于各向异性的固体,沿不同的晶轴方向,其线膨胀系数不同。

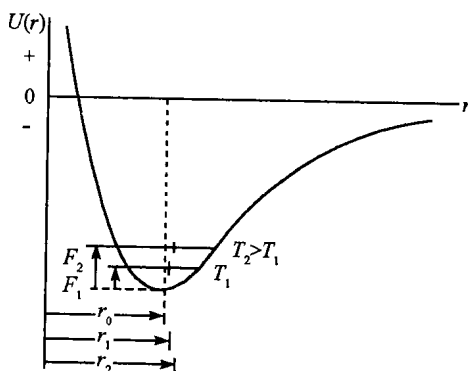


图 1-3 势能曲线图

实验表明,原长度为  $L$  的固体受热后,其相对伸长量正比于温度的变化,即:

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta t$$

式中:比例系数  $\alpha$  称为固体的线膨胀系数,对于一种确定的固体材料,它是一个确定的常数。

设温度为  $0^\circ\text{C}$  时,固体的长度为  $L_0$ ,当温度升高时,其长度为  $L_t$ 。

$$\frac{L_t - L_0}{L_0} = \alpha t$$

$$L_t = L_0(1 + \alpha t) \quad (1-3)$$

若温度为  $t_1$  和  $t_2$  时,固体的长度分别为  $L_1$ 、 $L_2$ ,则根据式(1-3)写出

$$L_1 = L_0(1 + \alpha t_1) \quad (1-4)$$

$$L_2 = L_0(1 + \alpha t_2) \quad (1-5)$$

将式(1-4)代入式(1-5)化简后得

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \left( t_2 - \frac{L_2}{L_1} t_1 \right)} \quad (1-6)$$

由于  $L_1$  与  $L_2$  非常接近,故  $L_2/L_1 \approx 1$ ,于是式(1-6)可简写成

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 (t_2 - t_1)} \quad (1-7)$$

只要测出  $L_1$ 、 $\Delta L$  和  $t_1$ 、 $t_2$ ,就可以求出  $\alpha$  值。

## 实验仪器

实验仪器为 EH-3 型热学实验仪、铜棒、铁棒、千分表。

## 实验内容

### 1. 测铜棒的 $\alpha$

检查 EH-3 热学实验仪的电源开关是否在“关”的位置,确认调温按键是否在“1”的位置,将铜棒插入加热盘的孔中,将加热盘放在支架的泡沫台上,并将铜棒的一个端面与千分表顶尖靠拢,另一端面与可调螺旋的尖端对齐。旋动螺旋,直到千分表的指针微有旋转。将测温探头插入加热盘的另一个侧孔内。打开实验仪的电源开关,按下实验仪的测温键。随着温度逐渐上升,千分表开始旋转,当温度稳定后,千分表停止动作,记下此时的温度值及千分表读数。然后当温度恒定后,每隔一个调温档,读取一个千分表读数,将数据填入数据表格 1-6 中。

### 2. 测铁棒的 $\alpha$

将铜棒换成铁棒,用上述方法测量。数据记录表同表 1-6。

表 1-6 待测材料材料长度\_\_\_\_\_ (mm)

|                       |                         |  |  |  |  |
|-----------------------|-------------------------|--|--|--|--|
| $t(^{\circ}\text{C})$ |                         |  |  |  |  |
| 千分表读数                 |                         |  |  |  |  |
| $\alpha_n$            |                         |  |  |  |  |
| $\bar{\alpha}_n$      | 1( $^{\circ}\text{C}$ ) |  |  |  |  |

## 注意事项

- (1)按实验步骤检查无误后才可操作；
- (2)在实验过程中避免出现任何振动。

## 思考题

有一体积为  $V$  的各向同性固体,受热时其体积的相对增加跟温度的变化  $\Delta t$  成正比,即  $\Delta V/V = \beta \Delta t$ ,  $\beta$  是固体的体膨胀系数,试证明固体的体膨胀系数是线膨胀系数的 3 倍,即  $\beta = 3\alpha$ 。