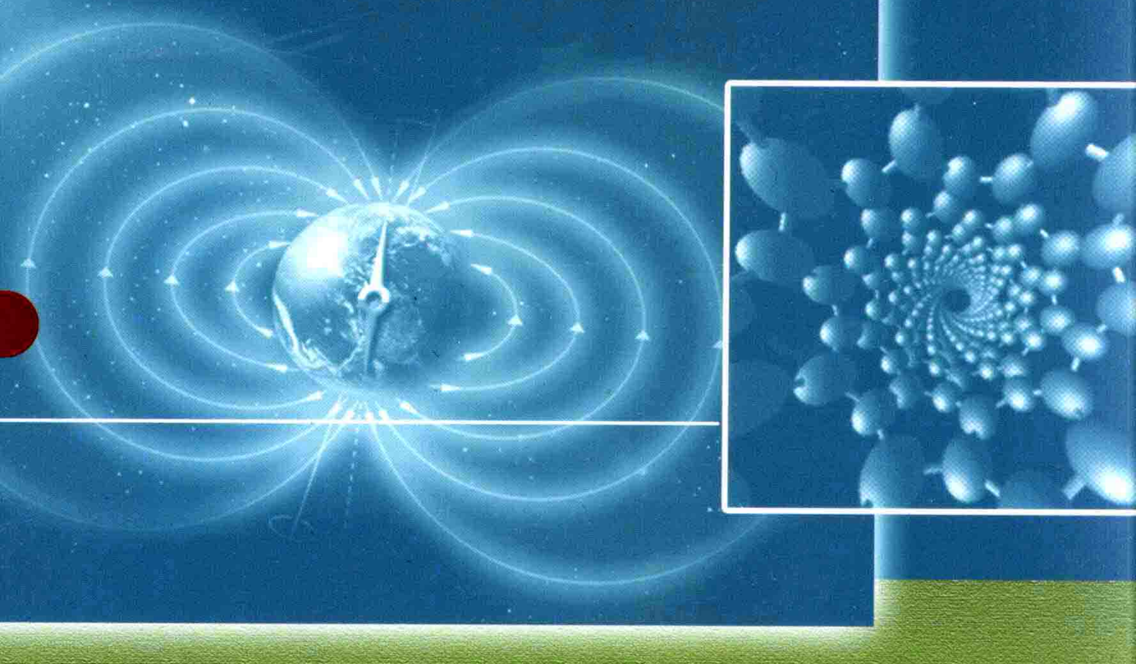
大学物理实验

Daxue Wuli Shiyan

木明江·依米提 主编



中国农业大学出版社
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

大学物理实验

木明江·依米提　主编

中国农业大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书精选了力学、电磁学、光学和设计型实验的 17 个实验，其中包括综合型实验，内容涉及实验目的、实验仪器、实验原理、实验内容与步骤、数据记录及处理、注意事项、实验报告等，并附有学生实验报告参考模板及基本物理常量。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/木明江·依米提主编. —北京：中国农业大学出版社，2015.5
ISBN 978-7-5655-1229-2

Ⅰ.①大…　Ⅱ.①木…　Ⅲ.①物理学-实验-高等学校-教材　Ⅳ.①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 085517 号

书　　名　大学物理实验
作　　者　木明江·依米提　主编

策划编辑　赵　中　　**责任编辑**　洪重光
封面设计　郑　川　　**责任校对**　王晓凤
出版发行　中国农业大学出版社
社　　址　北京市海淀区圆明园西路 2 号　　**邮政编码**　100193
电　　话　发行部 010-62818525,8625　　读者服务部 010-62732336
　　　　　编辑部 010-62732617,2618　　出　版　部 010-62733440
网　　址　http://www.cau.edu.cn/caup　　**e-mail** cbsszs @ cau.edu.cn
经　　销　新华书店
印　　刷　北京时代华都印刷有限公司
版　　次　2015 年 5 月第 1 版　2015 年 5 月第 1 次印刷
规　　格　787×980　16 开本　7.25 印张　128 千字
定　　价　15.00 元

前　言

大学物理实验是大学物理课程中的重要组成部分，是培养学生观察能力、实际操作能力的重要手段，也是提高学生整体素质的一个重要环节。通过物理实验教学，培养学生学习运用理论指导实验，学习分析和解决在实验中所出现问题的方法，从理论和实际的结合上加深对理论知识的理解。培养学生从事科学实验的初步能力，培养学生实事求是的科学态度，严谨踏实的工作作风，勇于探索、坚忍不拔的钻研精神，以及遵守纪律、团结协作、爱护公物的优良品德。

大学物理实验课是高等院校对学生进行科学实验基本训练的一门必修基础课程，是本科生进入大学以后接受系统实验方法和实验技能训练的开端，在培养学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力以及严谨的科学态度方面起着不可替代的作用。

为了更好地发挥物理实验教学在物理课程中的基础作用，本着以学生为中心的理念，编者总结多年讲授大学物理实验课的教学经验并结合新疆农业大学的实际情况，编写了这本带有特色的教材。

本教材精选力学、电磁学、光学和设计型实验的 17 个实验，其中包括综合型实验。本书的独特之处是实验除配有的思考题供学生预习和总结外，在书后附有学生实验报告参考模板。有些实验给出适当数量的思考题，思考题可以帮助学生加深对实验的理解，比较深入地进行总结，进而提高学生的综合实验能力。使学生更好地明确实验原理，掌握实验方法，完成实验内容，避免学生盲目抄写，培养学生撰写规范实验报告的习惯。有些实验对不确定度与数据处理作了必要的简化，使学生既能掌握不确定度的基本理论又不至于陷入繁琐的计算之中，并在实验室内专门作了板报，与本教材配套使用，真正达到有效的教学目的。

本教材由木明江·依米提主编，杨占金参编。

由于时间仓促且水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编　者

2014 年 10 月

目　录

绪 论

物理学是研究自然的科学，它的任务在于揭示自然界物质运动的基本规律。当代物理学之所以取得惊人的进展，其基本的原因有两个方面：一方面是注重物理学的思考方法（物理理论），另一方面是注重实验和测量结果的实证精神。

物理实验是物理理论的源泉，也是一切科学实验的基础。通过测量证实各物理量间的规律性联系，探明物理现象的本质，这是物理实验的根本任务。用库克（A. H. Cook）的话说："测量是技术生命的神经系统，我们通过测量认识我们周围的物质世界。通过测量，把这些知识变成数学语言，然后用数学方法把它整理成合乎逻辑的关系；通过测量，可使这种系统性知识借助于工程技术来改造世界。"

一、测量与误差

测量是将某一物理量与另一被定作单位的同类量进行比较的过程。测量的结果表示被测量的量值是所定同类量的多少倍。

测量可分为简单的直接测量和复杂的间接测量。直接测量具有直接比较的性质。例如，用米尺测量一个物体的长度，用天平测量一个物体的质量，用秒表测周期等均属直接测量。间接测量具有间接比较的性质。在多数情况下，待测量不能直接测出，而是通过一定的公式算出来的。直接测出的各量与待测量之间存在着某种已知关系，这种关系就是间接测量的计算公式。例如，用单摆测重力加速度 g 时，直接测量的物理量有单摆的摆长 L，单摆的摆动周期 T。测出 L 与 T 之后，根据单摆的摆长、周期与重力加速度之间的关系：$g=4\pi^2L/T^2$ 算出重力加速度 g。物理实验中，要使一个物理量成为可测量的，必须确定一定的实验方法。一种实验方法的理论依据就是该实验的实验原理。进行物理实验时，只有深入地理解实验原理才能有效地进行实验；有目的地进行实验将有助于在生动的、丰富多彩的实际情况中加深物理概念的理解，学会物理学的思考方法，提高对我们周围物质世界的认识。

1. 误差概念

任何一个物理量的大小总有客观存在的确定数量，它绝不会因为人们对它进行的测量而改变。这个客观大小成为该物理量的真实值（真值）。真值总是未知的，我们所能得到的一切数值都是测量的结果，即测量值。测量的目的在于力图获

得待测量的真值，然而由于物理理论的近似性，实验仪器的灵敏度和分辨能力的局限性，环境的不稳定性等等因素的影响，任何测量，包括极其精密的测量无论如何也得不到被测量的真值。测量值与真值之间总会存在或多或少的偏差。这种偏差就称为测量值的误差。

设被测量的真值为 a，测量值为 x，则测量值的误差为

$$\Delta x=x-a$$

值 a 只不过是一个抽象的概念，真值总是未知的。

一切测量值都毫无例外地含有一定的误差，没有误差的测量结果实际上并不存在。为此，在进行测量时必须研究测量误差，以检查测量结果的可靠性。

2.系统误差与偶然误差

引起误差的原因是多种多样的，按照误差的性质大致可以分为系统误差和偶然误差两种类型。在实验数据中，两类误差往往交织在一起出现。为此，需要讨论其性质与规律，根据实际情况具体对待。

(1)系统误差　在同一条件下(指仪器、方法、环境和观察者均不变)，重复测量同一量时测量值偏离真值总是朝着同一方向的。偏离的大小一定或有一定的规律，这种误差称为系统误差。仪器本身的缺陷将会引起系统误差(仪器误差)。例如，仪器的校正不够完善或者未按仪器规定的使用条件正确操作。除此之外，测量所依据的理论公式存在近似性或实验条件未达到理论公式所规定的要求也会造成系统误差。

(2)偶然(随机)误差　在同一条件下重复测量同一物理量时，测量值出现无规则的涨落，这种涨落造成的误差称为偶然误差(随机误差)。读数以及实验条件或环境的起伏都将引起偶然误差。增加测量次数可以减小测量值平均值的偶然误差。

3.绝对误差和相对误差

按照误差的来源和性质，我们把误差分为系统误差和偶然误差；按照误差的表达式，可以分为绝对误差和相对误差。

如果把一个测量结果写成 $x\pm\Delta x$ 的形式，x 为测量值，Δx 则为测量值的绝对误差。绝对误差表示一个测量结果的可靠程度，它与测量值有相同的单位。为了比较不同测量结果的可靠性，需采用相对误差的形式。相对误差是绝对误差 Δx 与测量值 x 的比值，即 $\pm\Delta x/x$。相对误差常用百分数来表示。

4.测量的平均值

设相同条件下的 n 次测量，测量值 $x_1,x_2,\cdots,x_n$，则此 n 个测量值的平均值 x 为

$$x = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{1}$$

式中 x_i 是第 i 次的测量值。

重要的是，在测量条件不变的情况下进行多次测量，其平均值的偶然误差随着测量次数的增加而减小。平均值逐渐向真值靠近。因此，取多次测量的平均值作为测量结果是合理的。适当地增加测量次数将有利于提高平均值的可靠性。

二、误差的估计

真值是评价测量值可靠性的客观标准。实际上真值是个未知的量值，在此情况下我们只好根据大量的测量值起伏的统计规律性去判断测量值与真值靠近程度，即测量数据的可靠性。如果估计出一列测量数据的误差，那么这些数据的可靠性或者说它的可置信程度则成为已知。

1. 测量列的标准误差

估计偶然误差的方法有多种。标准误差是国际上通用的一种。

对某一物理量进行多次测量，得到一组测量值，称为测量列。由于偶然误差的存在，测量列中各个测量值总有不同程度的起伏。标准误差就是对测量列中各数据起伏大小的一种衡量，或者说对测量可靠性的一种评价。设同一条件下进行多次测量，测量值分别为 $x_1, x_2, \cdots, x_n$，其平均值为 x。误差理论表明，测量列的标准误差

$$\delta = \sqrt{\frac{(x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + \cdots + (x_n - x)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n-1}} \tag{2}$$

必须说明，测量列的标准误差 δ 不是测量值的实际误差，也不是误差范围。它只是对测量列可靠性的估计。标准误差和各测量值的实际误差之间存在如下关系：当测量列的标准误差为 δ 时，则此测量列中任一测量值的实际误差 ε 有 68.3% 的可能性出现在 $(-\delta, +\delta)$ 区间之内。

2. 平均值的标准误差

物理实验中对一个量的测量，往往重复多次，并取其平均值作为测量结果。如果多次测量所得测量列的标准误差为 δ，测量次数为 n，那么根据理论分析，其平均值的标准误差

$$s = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \tag{3}$$

或

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n(n-1)}} \tag{3'}$$

式(3)表明:平均值的标准误差小于测量列的标准误差,但是测量次数过分增大,价值并不大。对于精密测量,一般测10～20次即可,在初级实验中n不大于10次。

平均值的标准误差s只是对平均值可靠性的一种估计,并不是它的实际误差。它的实际误差在区间$(-s,+s)$内出现的概率为68.3%。

3.一次性测量的误差

一次性测量是指仅仅测量一次不再重复的测量。在一般情况下,一次性测量的误差可按仪器的分度值来估计。分度值是仪器所表示的最小分划单位。分度值的大小反映仪器的精密度。分度值越小,仪器越精密,仪器本身的“允许误差”越小。进行一次性测量时,测量值的误差通常取分度值的1/2。

一次性测量的误差举例见表1。

表1　一次性测量误差

仪　器	分度值δx	误差Δx
米尺	1 mm	±0.5 mm
游标尺	0.02 mm	±0.01 mm
螺旋测微尺	0.01 mm	±0.005 mm
物理天平	0.1 g	±0.05 g
秒表	0.01 s	±0.2 s

注:用秒表测量时间间隔,测量误差受观测者反应的快慢制约。尽管数字秒表已达到0.01 s的精度,但在估计一次性测量的误差时通常取0.2 s。

4.测量结果的表示

实验中通常把测量结果及其偶然误差写成$x\pm s$的形式。x是测量列的平均值,s是平均值的标准误差。x指出了测量值的大小,s表明了测量值的可靠性。这种形式是实验数据的完整表达。表达式中的“±”是表明偶然误差的不确定符号,它表示测量值s比真值a偏大或偏小是完全随机的。

三、误差的传递

物理实验中多数情况下被测的量是间接测量的结果。间接测量值是由直接测量值按照一定的函数关系组合起来的。一个实验要直接测量若干参量,然后按计算公式求得最终的实验结果。在组合这些参量当中,参量的误差必然要跟随着传递给实验结果,这就是误差的传递。表达各参量的误差与复合量(实验结果)的误差之间关系的公式称为误差传递公式。

在误差传递的过程中,参量的误差综合为复合量的误差可能出现两种情况:第

一种情况，参量的误差均相互加强；第二种情况，参量的误差部分相互加强，部分相互抵消。在初级物理实验中按第一种情况，即最不利的情况考虑。认为参量的误差在传递的过程中均相互加强，综合后的误差为最大误差。

设 R 是独立变量 $x,y,z,\cdots$，的函数，即

$$R=f(x,y,z,\cdots) \tag{4}$$

对函数求全微分得

$$\mathrm{d}R=\frac{\partial f}{\partial x}\mathrm{d}x+\frac{\partial f}{\partial y}\mathrm{d}y+\frac{\partial f}{\partial z}\mathrm{d}z+\cdots\cdots \tag{5}$$

这就是最大误差的传递公式。式中 $\mathrm{d}x,\mathrm{d}y,\mathrm{d}z,\cdots$分别为参量 $x,y,z,\cdots$的误差，称为分误差；$\frac{\partial f}{\partial x},\frac{\partial f}{\partial y},\frac{\partial f}{\partial z},\cdots$称为误差传递系数。综合后的总误差，不仅取决于分误差，还取决于误差传递系数。值得注意，因为误差传递的过程中均相互加强，所以误差传递系数均应取正数（取绝对值）。

特殊情况，函数 $R=f(x,y,z,\cdots)$是幂的乘积，如

$$R=Ax^a y^b z^c\cdots\cdots$$

将函数先取对数，然后求全微分则得到误差传递公式的另一形式，即

$$\frac{\mathrm{d}R}{R}=a\frac{\mathrm{d}x}{x}+b\frac{\mathrm{d}y}{y}+c\frac{\mathrm{d}z}{z}+\cdots\cdots \tag{6}$$

式中分误差与总误差都是相对误差。

四、有效数字

一个实验数据在记录时或者运算之后应该保留几位，绝对不能带有主观随意性，要比较客观地反映被测量真值。有效数字是科学记录实验数据的一种待定的数。有效数字不仅记录了被测量的数值，而且在一定程度上反映了测量值的可靠性。

1.有效数字的概念

可靠的数字与最末一位可疑的数字统称为有效数字。所谓可疑的数字是指误差所在的那一位数字。例如，测量钠黄光的波长，测量误差 $s=\pm 0.5$ nm。测量值 $\lambda=589.0$ nm。误差出现在数据的十分位，末位的 0 是可疑的数字，该数据有四位有效数字。

有效数字与小数点的位置无关。用以表示小数点位置的“0”不算有效数字。

例如，

$$l=16.3\ \text{mm}=0.0163\ \text{m}$$

其有效数字都是三位。

2.有效数字与误差的关系

有效数字不仅反映测量值的大小，而且在一定的程度上还反映测量值的可靠性。根据有效数字定义，有效数字的最后一位是可疑的数字，是存在误差的。若误差只取一位数字时，那么任何测量结果，其数值的最后一位要与误差所在的这一位取齐，多余的数值按四舍五入法则取舍。测量值的有效数字，完全取决于它的绝对误差。这是处理有效数字的基本依据。为了确定一个测量值的有效数字，应求得它的绝对误差，然后使测量值与绝对误差取齐以确定其有效数位。测量误差是对数据可靠性的一种估计，因而在一般情况下误差只取一位数字(最多取二位)，取多了将失去意义。

3.仪器读数的一般规则

实验中对各种仪器仪表进行读数时，在可能的情况下多要读出小于分度值的数字。如，用毫米分度的米尺测量长度，小于分度值的数字应凭视力估读。估读的数字是偶然误差所在的数字。读数时如果出现刻划线刚好“对齐”的情况，那么末位数字应记一个“0”来占据一位有效数字。0是可疑的，它位于偶然误差所在的位数上。

4.数值的科学表达方式

在运算过程中，有效数字的位数是不能随意更改的。如果一个数值很大，将如何表达呢？例如，电流的测量值 $i=1.50\ \text{mA}$，若以 μA 或 nA 为单位来表示，由于单位的换算而将数值写为 $i=1.50\ \text{mA}=1\,500\ \mu\text{A}=1\,500\,000\ \text{nA}$。单纯的数学观点来检查，运算是正确的，但从测量的角度来看以上关系则是错误的。其错误在于运算中更改了有效数位，将三位有效数字的数据随意更改成四位、七位。这是违背测量原则的。对于数值很大或很小的数据，既要表示出它的数值又要保证其有效数字的位数不变。采用数值的科学表达方式，即运用10的幂数表示该数值，使其有效数字位数不变。上例中的数据为

$$i=1.50\ \text{mA}=1.50\times10^{3}\ \mu\text{A}=1.50\times10^{6}\ \text{nA}$$

$$i=1.50\ \text{mA}=1.50\times10^{-3}\ \text{A}$$

力学实验

实验1　金属材料杨氏模量(综合型)
实验2　液体黏滞系数的测量
实验3　用扭摆法测转动惯量

实验1 金属材料杨氏模量(综合型)

Ⅰ.悬丝耦合弯曲共振法测定金属材料杨氏模量

一、实验目的

1. 学习用悬丝耦合弯曲共振法测定金属材料杨氏模量的原理和方法。
2. 测定室温下金属材料杨氏模量。

二、实验仪器

THQYS-1型杨氏模量实验仪、THQYS-1型杨氏模量实验仪测试台、示波器、游标卡尺、螺旋测微器、天平。

三、实验原理

用悬丝耦合弯曲共振法测定金属材料杨氏模量的基本方法是:将一根截面均匀的试样(圆截面棒)用两根细棉线悬挂在两只传感器(一只激振、一只拾振)下面,在试样两端自由的条件下,由激振信号通过激振传感器使试样作横向弯曲振动,并由拾振传感器检测出试样共振时的共振频率。再测出试样的几何尺寸、质量等参数,即可求得试样材料的杨氏模量。

任何物体都有其固有的振动频率,这个固有频率取决于试样的振动模式、边界条件、杨氏模量、密度以及试样的几何尺寸、形状。只要从理论上建立了一定振动模式、边界条件和试样的固有频率及其他参量之间的关系,就可通过测量试样的固有频率、质量和几何尺寸来计算杨氏模量。

(一)棒的振动基本方程

一细长棒作微小横(弯曲)振动时,建立棒振动的数学模型。取棒的一端为坐标原点,沿棒的长度方向为 x 轴建立坐标系,如图1所示。利用牛顿力学和材料力学的基本理论可推出棒的振动方程:

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4}+\frac{\rho S}{EJ}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}=0 \tag{1}$$

式(1)中，$y(x,t)$为棒上任一点 x 在时刻 t 的横向位移，E 为杨氏模量，J 为绕垂直于棒并通过横截面形心的轴的转动惯量，ρ 为棒的密度，S 为棒的横截面积。

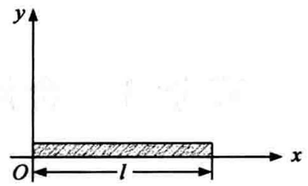


图 1　弹性细长棒振动数学模型

用分离变量法解微分方程(1)，令 $y(x,t)=X(x)T(t)$，代入方程(1)得

$$\frac{1}{X}\frac{\mathrm{d}^4 X}{\mathrm{d}x^4}=-\frac{\rho S}{EJ}\frac{1}{T}\frac{\mathrm{d}^2 T}{\mathrm{d}t^2} \tag{2}$$

等式(2)两边分别是 x 和 t 的函数，这只有都等于一个常数才有可能。设该常数为 K^4，得

$$\frac{\mathrm{d}^4 X}{\mathrm{d}x^4}-K^4 X=0 \tag{3}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2 T}{\mathrm{d}t^2}+\frac{K^4 EJ}{\rho S}T=0 \tag{4}$$

这两个线形常微分方程的通解分别为

$$X(x)=B_1\mathrm{ch}Kx+B_2\mathrm{sh}Kx+B_3\cos Kx+B_4\sin Kx \tag{5}$$

$$T(t)=A\cos(\omega t+\varphi) \tag{6}$$

于是解振动方程式得通解为

$$x(x,t)=(B_1\mathrm{ch}Kx+B_2\mathrm{sh}Kx+B_3\cos Kx+B_4\sin Kx)A\cos(\omega t+\varphi) \tag{7}$$

其中

$$\omega=\left[\frac{K^4 EJ}{\rho S}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{8}$$

式(8)称为频率公式。对任意形状的横截面，不同边界条件的试样都是成立的。只要用特定的边界条件定出常数 K，并将其代入特定横截面的转动惯量 J，就可以得到具体条件下的计算公式。

如果悬线悬挂在试样的节点附近，则对长度为 l，两端自由的棒，其边界条件为自由端横向作用力

$$F=-\frac{\partial M}{\partial x}=-EJ\frac{\partial^3 y}{\partial x^3}=0 \tag{9}$$

弯距

$$M = EJ\,\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \tag{10}$$

即

$$\left.\frac{\mathrm{d}^3 X}{\mathrm{d}x^3}\right|_{x=0}=0,\left.\frac{\mathrm{d}^3 X}{\mathrm{d}x^3}\right|_{x=l}=0,\left.\frac{\mathrm{d}^2 X}{\mathrm{d}x^2}\right|_{x=0}=0,\left.\frac{\mathrm{d}^2 X}{\mathrm{d}x^2}\right|_{x=l}=0 \tag{11}$$

将通解代入边界条件,得到杆自由振动的频率方程

$$\cos Kl \cdot \mathrm{ch}\, Kl=1 \tag{12}$$

方程(12)为超越方程,不能用解析法求解,用数值计算法得 $Kl=0$ 及前 n 个解为

$$K_1 l=1.506\pi,K_2 l=2.4997\pi,K_3 l=3.5004\pi,$$

$$K_4 l=4.5005\pi,\cdots\cdots,K_n l=\left(n+\frac{1}{2}\right)\pi \tag{13}$$

这样对应 K 的 n 个取值,棒的固有频率有 n 个,即 $f_1,f_2,f_3,\cdots,f_n$。其中根 $Kl=0$ 对应于静态情况,根 $K_1 l=1.506\pi$ 对应的频率 f_1 为棒振动的基频,f_2、f_3、f_4,…分别为棒振动的一次谐波频率、二次谐波频率、三次谐波频率……。杨氏模量是材料的特性参数,与谐波级次无关。在上述 $K_n l$ 值中,$K_1 l$、$K_3 l$、$K_5 l$ 对应着"对称形振动",$K_2 l$、$K_4 l$、$K_6 l$ 对应着"非对称形振动"。可见试样在作基频振动时,存在两个节点,它们的位置分别在距离端面为 $0.224l$ 和 $0.776l$ 处,如图 2 所示。

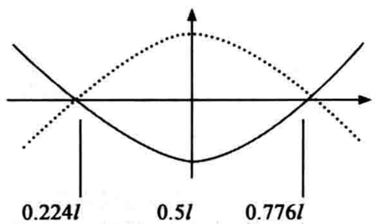


图 2　两端自由棒基频弯曲振动波形

将第一本征值 $K=\frac{1.506\pi}{l}$ 代入式(8),得到自由振动的固有频率(基频)

$$\omega=\left[\frac{(1.50\pi)^4 EJ}{\rho l^4 S}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{14}$$

由式(14),解出杨氏模量

$$E = 1.9978\times 10^{-3}\,\frac{\rho l^4 S}{J}\omega^2 = 7.8870\times 10^{-2}\,\frac{l^3 m}{J}f^2 \tag{15}$$

对圆棒有

$$J = \int y^2 \mathrm{d}S = S\left(\frac{d}{4}\right)^2 \tag{16}$$

式(16)中 d 为圆棒的直径,将式(15)代入式(14),得杨氏模量

$$E = 1.6067 \frac{l^3 m}{d^4} f^2 \tag{17}$$

式中:l 为棒长,m;d 为棒的直径,m;m 为棒的质量,kg;f 为试样的共振频率,Hz。如果在实验中测定了试样(棒)在室温时的固有频率 f,即可计算出试样在室温时的杨氏模量 E。在国际单位制中杨氏模量 E 的单位为牛顿/米^2(N/m^2)。

本实验的基本问题是测定试样在室温时的共振频率。为了测定该频率,实验时可采用如图 3 所示的实验装置。

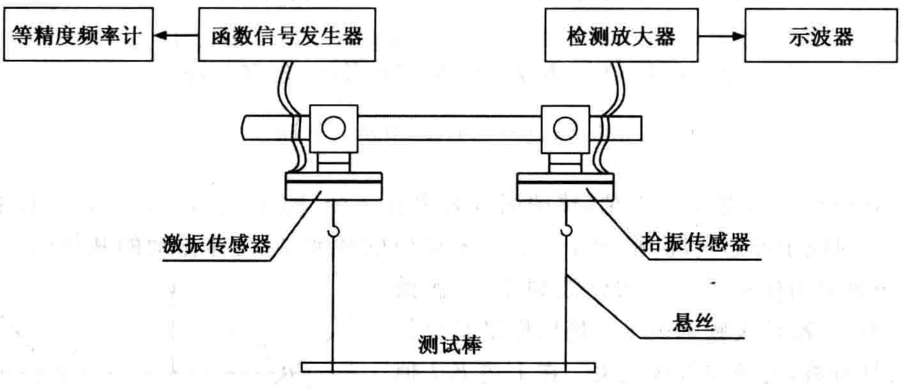


图 3　实验装置

由函数信号发生器输出的等幅正弦波信号,加在激振传感器上。通过激振传感器把电信号转换为机械振动,再由悬丝把机械振动传给试样(测试棒),使试样受迫作横向振动。试样另一端的悬线把试样的振动传给拾振传感器,通过拾振传感器把机械振动转换为电信号。该电信号经检测放大器检测出来并放大后送到示波器中显示。当函数信号发生器输出的正弦波信号的频率不等于试样的共振频率时,试样不发生共振,示波器上几乎没有信号波形或波形幅度很小。当函数信号发生器输出的正弦波信号的频率等于试样的共振频率时,试样发生共振,示波器上显示的信号波形幅度最大,此时从等精度频率计读出的正弦波信号的频率就是试样在室温下的共振频率。根据式(17)即可计算出室温下样品材料的杨氏模量。