

# 高等学校 物理教学仪器汇编

---

国家教育委员会教学仪器研究所

A Collection of Physics  
Laboratory Instruments  
in Universities

高等教育出版社

Higher Education Press

# 高等学校物理 教学仪器汇编

国家教育委员会教学仪器研究所

高等教育出版社

(京) 112 号

### 内 容 简 介

本书主要介绍 1985~1990 年国家教委教学仪器研究所物理教学仪器研究的优秀成果, 包括: 演示实验仪器、普通物理实验仪器、近代物理实验仪器和电子线路实验仪器共 79 件仪器的技术指标、结构原理、使用方法、检验维修及注意事项等。这些仪器的大多数是国家教委“高教物理教学仪器优秀研究成果奖”的获得者, 有些已取得国家专利, 它们反映了我国高等学校物理教学仪器的最新水平, 可供高等院校物理教师、实验技术人员和教学仪器厂技术人员参考。

主 编 房德慧

副主编 吴咏华 张 智

责任编辑 曹建庭

### 高等学校物理教学仪器汇编

国家教委教学仪器研究所

科学出版社出版

新华书店北京发行所发行

文字六〇三·一印装

开本 787×1092 1/16 印张 20.5 字数 510 000

1992 年 8 月第 1 版 1992 年 8 月第 1 次印刷

印数 0 001—3 621

ISBN 7-04-003821-8/O·1118

定价 7.75 元



## 前 言

1985年初,原教育部颁发了《高等学校物理实验教学仪器研究和发展规划》、《教学仪器设备研究项目暂行管理办法》两个文件。前者配合高等学校物理学科基础实验教学需要,对演示实验、普通物理实验、近代物理实验、电子线路实验几个方面共列出89个教学仪器研究参考项目(1988年针对近代无线电实验增补了10个参考项目)。后者规定教育部(国家教委)教学仪器设备研究规划及年度计划由教育部(国家教委)教学仪器研究所负责编制,并组织实施。

在1985~1990年,各高等学校申报的教学仪器研究课题共807项。经审查列入国家教委研究计划的课题278项。国家教委曾委托教学仪器研究所对已完成课题分别于1986年和1990年组织了两次优秀教学仪器研究成果的评选。

为了使优秀教学仪器研究成果更快地推广普及,并在教学中发挥作用,教学仪器研究所决定编写《高等学校物理教学仪器汇编》一书。目的是:1.反映我国高等学校物理实验教学仪器的最新水平。可供各类大学、大专、师范院校、中专、中学的物理教师及实验技术人员进行实验教学时作工具书和参考书。它对教学仪器生产厂家的研究设计人员也有一定参考价值。2.作为教学仪器研究方面的国内外交流资料。

由于1986年评选后曾出版了《1986年全国高教物理教学仪器优秀研究成果汇编》,所以本书只收编1986年以后到1990年期间的优秀教学仪器研究成果。在本书附录中给出了1990年国家教委第二届高教物理教学仪器优秀研究成果评选获奖名单。

本书共收编教学仪器79项,分四编。1.演示实验仪器;2.普通物理实验仪器(力、热、声、电、光等);3.近代物理实验仪器;4.电子线路实验仪器。内容相近的项目,按参评序号排列。本书收编项目绝大多数为获奖仪器,有些并取得了国家专利。这些仪器的研制凝结了教学第一线教师多年的教学实践经验,具有中国特色。有些仪器采用了当前新技术、新工艺的研究成果;部分仪器参照了国外样机或文献,经消化吸收而设计定型。本书主要介绍每个仪器的结构原理、使用方法和在物理实验中的应用。我们期望本书的出版能激起更多教育工作者对教学仪器研究的关注,把我国教学仪器研究推进到一个新的高度,为高等教育改革做出新贡献。

本书采用中华人民共和国法定计量单位。为了便于进行国际交流,增加了英文目录。

本书由国家教委教学仪器研究所房德慧、张智和教学仪器研究所兼职研究人员中国科大吴咏华组稿和统稿。具体分工:第1编房德慧、吴咏华、张智,第2编房德慧,第3编吴咏华,第4编吴咏华、房德慧最后由房德慧统一全书体例。限于水平,难免有错误疏漏,谨请研制者和读者指正。

最后,感谢教学仪器研究所高教物理教学仪器第一、二届全体兼职研究人员在审定项目和评选优秀教学仪器研究成果等各项工作中,所作的卓越工作。

国家教委教学仪器研究所

1990年12月

DAG 21/10

# 目 录

## 1. 演示实验仪器

|      |                          |             |           |
|------|--------------------------|-------------|-----------|
| 1-1  | 回转力矩效应演示仪                | 复旦大学物理系     | 施伟达( 2 )  |
| 1-2  | 角动量综合演示仪                 | 南京通信工程学院    | 张未央( 4 )  |
| 1-3  | GT Y型刚体平面运动演示仪           | 山东大学物理系     | 殷吉辉( 7 )  |
| 1-4  | 利萨如图形描述仪                 | 郑州大学物理系     | 侯芳亭( 11 ) |
| 1-5  | 重力型多功能振动合成演示仪            | 山东纺织工学院     | 陈祖骥( 14 ) |
| 1-6  | 激光反射式简谐振动合成演示仪           | 湘潭大学物理系     | 盛家铁( 20 ) |
| 1-7  | 气体导热性演示仪                 | 华中师范大学物理系   | 蔡学军( 21 ) |
| 1-8  | 多用途热力学演示仪                | 清华大学物理系     | 虞 昊( 23 ) |
| 1-9  | 空气热机                     | 清华大学物理系     | 虞 昊( 26 ) |
| 1-10 | 热力学多项演示仪                 | 沈阳建筑工程学院    | 尚祖述( 27 ) |
| 1-11 | 声波综合演示仪                  | 南京大学物理系     | 吴志贤( 31 ) |
| 1-12 | 多普勒效应示波器演示仪              | 武汉测绘科技大学    | 钟胜福( 34 ) |
| 1-13 | 孤波演示仪                    | 西安电子科技大学    | 俞书乐( 37 ) |
| 1-14 | 投影式库仑扭秤                  | 东北师范大学物理系   | 韩长明( 40 ) |
| 1-15 | 媒质界面电力线折射演示仪             | 河北地质学院      | 崔桂云( 44 ) |
| 1-16 | 6.2EF型自感现象演示仪            | 江西师范大学物理系   | 冯 郁( 47 ) |
| 1-17 | 温差电现象演示仪                 | 北京师范大学物理系   | 梁竹健( 49 ) |
| 1-18 | CZ-1型铁磁体磁化曲线演示仪          | 北京师范大学物理系   | 孟韵池( 52 ) |
| 1-19 | 绝热退磁及物质磁性演示仪             | 华中理工大学物理系   | 李素琴( 55 ) |
| 1-20 | XGJ-Ⅱ型高压静电电源及GJ-A型静电演示教具 | 昆明陆军学院理化教研室 | 邓鸿模( 57 ) |
| 1-21 | 光学演示仪系列                  | 西北大学物理系     | 马致考( 63 ) |
| 1-22 | PNI-A型牛顿环纹演示及测量仪         | 北京大学物理系     | 吴仲英( 66 ) |
| 1-23 | 展景演示仪                    | 烟台大学物理系     | 江小明( 67 ) |
| 1-24 | 渐变折射率媒质中光的传播演示仪          | 南京大学物理系     | 吴维瑛( 70 ) |
| 1-25 | 相位滤波器                    | 南京大学物理系     | 何永蓉( 72 ) |
| 1-26 | 光通信及互感现象演示仪              | 复旦大学物理系     | 刘贵兴( 76 ) |
| 1-27 | LWC-1型光纤通信实验装置           | 上海机械专科学校    | 柯克义( 80 ) |
| 1-28 | 液晶器件物理光学演示仪              | 清华大学物理系     | 童寿生( 83 ) |
| 1-29 | 激光器特性和参数测量仪              | 南京大学物理系     | 郝 迈( 87 ) |

## 2. 普通物理实验仪器

|     |                |          |            |
|-----|----------------|----------|------------|
| 2-1 | 平面直线气垫导轨       | 西安电子科技大学 | 王永乐( 94 )  |
| 2-2 | 磁悬式刚体转动实验仪     | 西安师范专科学校 | 胡应东( 100 ) |
| 2-3 | CL-1型双路洁净低噪声气源 | 涿州石油物探学校 | 黄亦明( 105 ) |
| 2-4 | MUJ-Ⅰ型电脑通用计数器  | 北京青锋机床厂  | 杨 健( 107 ) |
| 2-5 | PH-1型多功能毫秒计    | 南京通讯工程学院 | 张荫干( 111 ) |

|      |                       |             |           |
|------|-----------------------|-------------|-----------|
| 2-6  | 微机控制力学多用仪 .....       | 华中理工大学      | 史君琪(115)  |
| 2-7  | 数字式时间通用量测量仪 .....     | 华东工学院应用物理系  | 季仲华(120)  |
| 2-8  | MCP-1型单板机光电测时接口 ..... | 山东临沂师范专科学校  | 赵铭键(123)  |
| 2-9  | 微小振动位移测量装置 .....      | 北京大学无线电系    | 栾桂冬(123)  |
| 2-10 | 坡耳共振仪 .....           | 同济大学物理系     | 费定曜(132)  |
| 2-11 | 热导率动态测量仪 .....        | 南京大学物理系     | 万春华(137)  |
| 2-12 | 热力学第一定律演示仪 .....      | 成都科技大学应用物理系 | 叶瑞英(142)  |
| 2-13 | 气体导热系数测定仪 .....       | 浙江工学院       | 朱兴国(148)  |
| 2-14 | 液体表面波干涉仪 .....        | 云南师范大学物理系   | 侯 错(152)  |
| 2-15 | 声-光效应实验演示仪 .....      | 北京大学物理系     | 吴仲英(156)  |
| 2-16 | 超声多普勒效应及流量测量装置 .....  | 北京大学无线电系    | 姜天仕(159)  |
| 2-17 | WF型逸出功测定仪 .....       | 东南大学物理系     | 潘人培(163)  |
| 2-18 | DSQ-2型学生用直流电桥 .....   | 浙江师范大学物理系   | 田 涛(167)  |
| 2-19 | EF-4S型电子和场实验仪 .....   | 河海大学        | 何保荣(172)  |
| 2-20 | EP-I型介电谱仪 .....       | 南京大学物理系     | 张光华(177)  |
| 2-21 | JD-1型介电常数测试仪 .....    | 苏州大学物理系     | 王良才(181)  |
| 2-22 | SI-1型数字多功能超导测试仪 ..... | 郑州大学物理系     | 高之爽(185)  |
| 2-23 | 电滞回线演示仪 .....         | 北京大学无线电系    | 张金镗(191)  |
| 2-24 | 多功能静电测量仪 .....        | 成都科技大学应用物理系 | 李德宽(194)  |
| 2-25 | LM201型实时光强分布测量仪 ..... | 南京大学信息物理系   | 彭志平(196)  |
| 2-26 | 简易全息照相装置 .....        | 哈尔滨师范大学物理系  | 关承祥(203)  |
| 2-27 | 小型WPL摄谱仪的改进 .....     | 辽宁师范大学物理系   | 杨铭珍(206)  |
| 2-28 | SDY型色度实验仪 .....       | 南京大学物理系     | 陈瑞玉(210)  |
| 2-29 | RG-A数字分光计 .....       | 重庆大学应用物理系   | 欧阳万里(214) |
| 2-30 | 多光束薄膜厚度测量仪 .....      | 天津大学物理系     | 周佩瑶(219)  |

### 3. 近代物理实验仪器

|      |                                    |             |          |
|------|------------------------------------|-------------|----------|
| 3-1  | 验证相对论效应实验装置 .....                  | 同济大学物理系     | 陈玲燕(224) |
| 3-2  | $\gamma$ - $\gamma$ 角关联测量仪 .....   | 上海师范大学物理系   | 刘炳章(228) |
| 3-3  | MZ-9型密封中子发生器 .....                 | 东北师范大学物理系   | 董艾平(234) |
| 3-4  | MSD-1型微波边振自检电子顺磁共振谱仪 .....         | 吉林大学物理系     | 王魁香(237) |
| 3-5  | BP-1型电子顺磁共振谱仪 .....                | 吉林大学原子分子研究所 | 崔海峰(241) |
| 3-6  | 核四极共振谱仪 .....                      | 国家教委教学仪器研究所 | 房德慧(245) |
| 3-7  | 干涉条纹动态测量仪 .....                    | 天津大学物理系     | 濮家鸣(252) |
| 3-8  | LP-1型激光功率计 .....                   | 北京大学物理系     | 杨澄清(257) |
| 3-9  | EDM-I型电光调制器 .....                  | 吉林大学物理系     | 金光旭(261) |
| 3-10 | 射频低温等离子体装置 .....                   | 华中理工大学      | 刘祖黎(265) |
| 3-11 | 半导体激光器综合特性测试仪 .....                | 中国科技大学      | 傅竹西(269) |
| 3-12 | 傅里叶变换红外光声光谱探测器 .....               | 吉林大学        | 张福元(275) |
| 3-13 | JB-1型取样积分器 .....                   | 南京大学信息物理系   | 宁新宝(279) |
| 3-14 | 数字量及模拟量输入和输出APPLE II微机的接口电路板 ..... | 华中师范大学物理系   | 龙传安(284) |

#### 4. 电子线路实验仪器

|     |                       |             |          |
|-----|-----------------------|-------------|----------|
| 4-1 | EE系列 逻辑分析仪.....       | 西安电子科技大学    | 吴顺君(288) |
| 4-2 | 示波器用SZF-1型记忆单元.....   | 江西宜春师专      | 黎敏仁(291) |
| 4-3 | LFD-1 型IC逻辑功能测试仪..... | 西安电子科技大学    | 翟生辉(295) |
| 4-4 | AIC-1型模拟集成电路实验仪.....  | 大连海运学院电子工程系 | 王淑静(297) |
| 4-5 | APPLE-Ⅱ接口设计板.....     | 苏州大学物理系     | 王敏偶(302) |
| 4-6 | 单片微型计算机学习器 .....      | 北京师范学院分院物理系 | 程玉长(307) |

|         |       |
|---------|-------|
| 附录..... | (313) |
|---------|-------|

# Contents

## 1 DEMONSTRATION LABORATORY INSTRUMENTS

- 1-1 Apparatus for the Gyroscopic Moment of Force Demonstration  
.....Shi Weida ( 2 )
- 1-2 A Composite Apparatus for Angular Momentum Demonstration  
.....Zhang Weiyang ( 4 )
- 1-3 Model GTY Instrument for Demonstration of the Planar Motion of  
Rigid Body.....Duan Jihui ( 7 )
- 1-4 A Tracer of Lissajou's Figure.....Hou Fangting ( 11 )
- 1-5 A Gravitational Type Multifunctional Apparatus for Demonstration of the  
Composition of Vibrations.....Chen Zuji ( 14 )
- 1-6 A Laser Beam Reflexion Type Apparatus for Demonstration of the Composi-  
tion of Simple Harmonic Vibrations.....Sheng Jiatie ( 20 )
- 1-7 A Demonstration Apparatus on Gaseous Heat Conductivity.....Cai Xuejun ( 21 )
- 1-8 A Multipurpose Demonstration Instrument in Thermodynamics.....Yu Hao ( 23 )
- 1-9 A Gaseous Heat Engine.....Yu Hao ( 26 )
- 1-10 A Multi-Item Demonstration Instrument in Thermodynamics.....Shang Zushu ( 27 )
- 1-11 A Composite Apparatus for Acoustic Wave Demonstration.....Wu Zhixian ( 31 )
- 1-12 An Oscilloscopic Display of Doppler Effect.....Zhong Shengfu ( 34 )
- 1-13 Solitary Wave Demonstration.....Yu Shule ( 37 )
- 1-14 A Projection Coulomb Torsion Balance.....Han Changming ( 40 )
- 1-15 Demonstration for the Refraction of Electric Line of Force at the  
Interface of Two Different Media.....Cui Guiyun ( 44 )
- 1-16 Model 6.2 EF Demonstration Instrument on Self Induction Phenomena  
.....Feng Yu ( 47 )
- 1-17 Apparatus for the Demonstration of Thermoelectric Phenomena  
.....Liang Zhu Jian ( 49 )
- 1-18 Model CZ-1 Apparatus for the Demonstration of the Magnetization Curve of  
a Ferromagnet.....Meng Yunchi ( 52 )
- 1-19 An Apparatus for the Demonstration of the Adiabatic Demagnetization and  
the magnetic Properties of Matter.....Li Suqin ( 55 )
- 1-20 Model XGJ-Ⅱ High-Voltage Electrostatic Power Source and Model GJ-A  
Electrostatic Demonstrative Teaching Aids.....Deng Hongmo ( 57 )
- 1-21 A Series of Demonstration Apparatus in Optics.....Ma Zhikao ( 63 )
- 1-22 Model PNI-A Demonstrative and Measuring Apparatus for Newton's Ring  
.....Wu Zhongying ( 66 )
- 1-23 Mirage Demonstration.....Jiang Xiaoming ( 67 )
- 1-24 Demonstration of the Propagation of Light in a Graded Refractive Index



|                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Medium.....                                                                                   | Wu Weiyong ( 70 )     |
| 1-25 Phase Filters.....                                                                       | He Yongrong ( 72 )    |
| 1-26 Demonstration of Optical Communication and Mutual Induction Phenomenon<br>.....          | Liu Guixing ( 76 )    |
| 1-27 An Experimental Apparatus for Optical Fibre Communication.....                           | Ke Keyi ( 80 )        |
| 1-28 Liquid Crystal Display Devices for Demonstration of Phenomena in<br>Physical Optics..... | Tong Shousheng ( 83 ) |
| 1-29 A Characteristic and Parameter Measuring Instrument for Lasers<br>.....                  | Xi Mai ( 87 )         |

## 2 GENERAL PHYSICS LABORATORY INSTRUMENTS

|                                                                                              |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 2-1 Plano-Linear Air Cushion Track.....                                                      | Wang Yongle ( 94 )     |
| 2-2 A Magnetic Suspended Type Experimental Apparatus on Rotation of Rigid<br>Body.....       | Hu Yingdong ( 100 )    |
| 2-3 Model CL-1 Clean and Low Noise Double Path Air Supply.....                               | Huang Yiming ( 105 )   |
| 2-4 Model MUJ-II Computerized Counter in Common Use.....                                     | Yang Jian ( 107 )      |
| 2-5 Model PH-1 Multi-Functional Millisecond Meter.....                                       | Zhang Yinqian ( 111 )  |
| 2-6 A Computer Controlled Multipurpose Instrument used in Mechanics<br>.....                 | Shi Junqi ( 115 )      |
| 2-7 An Universal Digital Measuring Instrument for Temporal Quantities<br>.....               | Ji Zhonghua ( 120 )    |
| 2-8 A Photoelectric Timing Interface of Model MCP-1 Single Board Computer<br>.....           | Zhao Mingjian ( 123 )  |
| 2-9 Measuring Instrument for Small Vibrational Displacements<br>.....                        | Luan Guidong ( 128 )   |
| 2-10 Pohl Resonator.....                                                                     | Fei Ding Yao ( 132 )   |
| 2-11 A Dynamic Heat Conductivity Measuring Instrument.....                                   | Wan Chunhua ( 137 )    |
| 2-12 A Demonstration Instrument on the First Law of Thermodynamics<br>.....                  | Ye Ruiying ( 142 )     |
| 2-13 A Gaseous Heat Conductivity Measuring Instrument.....                                   | Zhu Xingguo ( 148 )    |
| 2-14 A Liquid Surface Wave Interferometer.....                                               | Hou Kai ( 152 )        |
| 2-15 A Demonstration Instrument for Acousto-optic Effect.....                                | Wu Zhongying ( 156 )   |
| 2-16 A Measuring Apparatus for Supersonic Doppler Effect and Flow Rate Measure-<br>ment..... | Jiang Tianshi ( 159 )  |
| 2-17 Model WF Measuring Instrument for Work Function.....                                    | Pan Renpei ( 163 )     |
| 2-18 Model DSQ-2 Student D. C. Bridge.....                                                   | Tian Tao ( 167 )       |
| 2-19 Model EF-4S Instrument for Experiments on Electron and Field<br>.....                   | He Baorong ( 172 )     |
| 2-20 Model DP-II Dielectric Spectrometer.....                                                | Zhang Guanghua ( 177 ) |
| 2-21 Model JD-1 Measuring Instrument for Dielectric Constant.....                            | Wang Liangcai ( 181 )  |
| 2-22 Model SI-1 Multifunctional Digital Testing Instrument of Superconducti-<br>vity.....    | Gao Zhishuang ( 185 )  |

- 2-23 A Demonstration Apparatus for Electric Hysteresis Curve.....Zhang Jinduo (191)
- 2-24 Multi-functional Testing Instrument in Electrostatics.....Zhang Hongrun (194)
- 2-25 Model LM201 Measuring Instrument for Real Time Measurement of Light  
Intensity Distribution.....Peng Zhiping (196)
- 2-26 A Simplified Holographic Apparatus.....Guan Chengxiang (203)
- 2-27 Improvements of the Model WPL Small-sized Spectrograph .....Yang Mingzhen (206)
- 2-28 Model SDY Colorimeter.....Chen Ruiyu (210)
- 2-29 Model RG-A Digital Spectrometer.....Ouyang Wanli (214)
- 2-30 A Multiple Beam Instrument for Thin Film Thickness Measurement  
.....Zhou Peiyao (219)

### 3 MODERN PHYSICS LABORATORY INSTRUMENTS

- 3-1 Instrument for Verifying the Relativistic Effect.....Chen Lingyan (224)
- 3-2 Apparatus for Determination of  $\gamma$ - $\gamma$  Angular Correlation.....Liu Bingzhang (228)
- 3-3 Model MZ-9 Sealed-off Neutron Generator.....Dong Aiping (234)
- 3-4 Model MSD-1 EPRS with A Self-Detecting Microwave Marginal Oscillator  
.....Wang Kuixiang (237)
- 3-5 Model BP-1 EPR Spectrometer.....Cui Haifeng (241)
- 3-6 Nuclear Quadrupole Resonance Spectrometer.....Fang Dehui (245)
- 3-7 Instrument for Dynamical Measurements of Interference Fringes.....Pu Jiaming (252)
- 3-8 Model LP-1 Laser Power Meter.....Yang Chengqing (257)
- 3-9 Model EDM-II Electrooptic Modulator.....Jin Guangxu (261)
- 3-10 Apparatus for Radio Frequency Low Temperature Plasma Generation  
.....Liu Zuli (265)
- 3-11 Instrument for Measuring Composite Characteristics of Semiconductor  
Lasers .....Fu Zhuxi (269)
- 3-12 A Fourier Transform Infrared Photoacoustic Detector.....Zhang Fuyuan (275)
- 3-13 Model JB-1 Boxcar.....Ning Xinbao (279)
- 3-14 Interfacing Cards of Apple II Microcomputer for the Input and Output of  
Digital and Analog Quantities.....Long Chuanan (284)

### 4 ELECTRONIC CIRCUITRY LABORATORY INSTRUMENTS

- 4-1 EE Serial Logic Analyzer.....Wu Shunjun (288)
- 4-2 Model SZF-1 Storage Unit for Oscilloscope.....Li Minren (291)
- 4-3 Model LFD-1 IC Logic Function Tester.....Zhai Shenghui (295)
- 4-4 Model AIC-1 Instrument for Experiments on Analog Integrated Circuit  
.....Wang Shujing (297)
- 4-5 Apple II Interface Design Board.....Wang Minti (302)
- 4-6 Learning Aids for Studying a Single-chip Microcomputer.....Cheng Yuchang (307)

### APPENDIX..... (313)

# **1. 演示实验仪器**

## **DEMONSTRATION LABORATORY INSTRUMENTS**

## 1-1 回转力矩效应演示仪（刚体力学演示仪）

### Apparatus for the Gyroscopic Moment of Force Demonstration

#### 【研制单位及主要研制人员】

复旦大学物理系 施伟达

#### 【组织鉴定单位及时间】

1989年12月由复旦大学组织鉴定。

#### 【概述】

回转力矩效应演示仪是供学生自己操作、观察和理解以角速度 $\omega$ 绕自转轴转动的陀螺。当自转轴以角速度 $\Omega$ 绕另一根轴转动时，产生回转力矩 $\tau$ 。此回转力矩将驱使陀螺的自转轴绕第三根轴转动，而这第三根轴与前两根轴垂直。回转力矩的数学表示式为：

$$\tau = I_s \omega_s \times \Omega,$$

式中 $I_s$ 为陀螺对自转轴的转动惯量。

本仪器还可使学生看到，当自转轴绕另一根轴转动时，作用在轴承（弹簧秤）上的附加力。

为了加深理解回转力矩的物理实质，本仪器设置了转动参照系，以便从转动参照系中的惯性力来说明回转力矩实为作用在陀螺转动部分上的一个惯性力矩。

#### 【主要技术指标】

用线拉转陀螺（飞轮）后，可供做实验的时间大于1分钟。

高 0.42m，直径0.22m

重量 1.5kg

#### 【结构与原理】

回转力矩效应演示仪如图1-1-1所示。图中，1. 陀螺（飞轮）。2. 陀螺自转轴，该转轴与飞轮之间用24号轴承相连，轴端有一孔，由销钉与立杆连接，销钉水平，且与自转轴相互垂直，连接点O为支点。3. 弹簧秤，秤框下端有一段锦纶线。4. 弹簧秤悬梁，其高度可调。5. 立杆，可绕其自身的中心线转动，中心线即坐标系的铅直轴。6. 圆板，上面刻有 $o'x'y'$ 坐标，作为转动参照系，圆板中心有一孔，在 $x'$ 轴上有一根垂直于圆板的轴杆，当把此轴杆穿在陀螺自转轴上的圆孔中，并把圆板中心孔套在销钉上时，圆板就能随着陀螺的自转轴同步地在铅直面内，绕销钉上下转动，此时销钉即为转动参照系的 $z'$ 轴，此参照系可按需装卸。7. 与立杆固定一体的圆板，上面刻有 $x''、y''$ 坐标系，作为另一个转动参照系。8. 圆形底座，上面刻有 $x、y$ 坐标线，其中心装有E101号轴承，立杆与底座通过轴承连合。

本仪器的这种结构能使陀螺同时绕自转轴、水平的销钉和竖直的立杆中心线转动，成为一个具有三个转动自由度的陀螺。

#### 【在物理实验中的应用】

I. 演示自转轴水平陀螺作规则进动时的回转力矩。

1. 把陀螺自转轴上的悬线挂在弹簧秤钩上, 再把挂在秤框下端的一段锦纶线卡在秤钩下端的小凹口中, 调节秤悬梁的高度, 使陀螺的自转轴处于水平. 此时秤上有一示值, 设为  $F$ . 陀螺在重力矩  $\tau_w$ 、秤拉力  $F$  的拉力矩  $\tau_1$  和秤框下端锦纶线拉力的铅直分力的力矩  $\tau_2$  的作用下, 平衡在水平位置上. 撤去  $\tau_2$  后, 由于  $\tau_w$  的值大于  $\tau_1$  的值, 陀螺便向下转动, 并在另一个新位置上达到平衡. 此时秤上有另一示值, 设为  $F_0$ .  $F_0 > F$ .

2. 抬平自转轴, 再卡上锦纶线, 捻转立杆上端, 使陀螺绕立杆中心线 ( $z''$  轴) 转动, 设转动角速度为  $\Omega$ , 方向沿  $z''$  轴向上. 在转动中, 自转轴仍水平, 秤的示值为  $F$ , 说明没有新力矩出现.

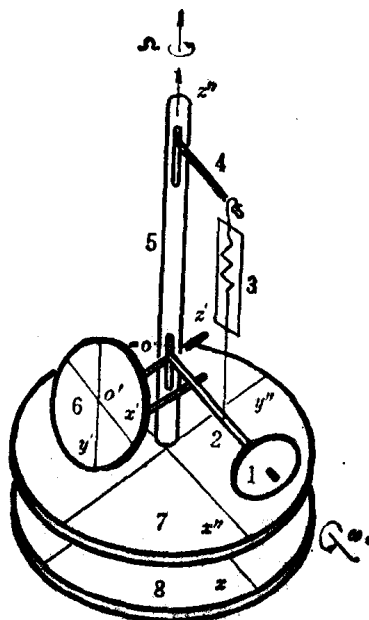


图 1-1-1 回转力矩演示仪

3. 把拉线绕在陀螺中部的凸颈上, 拉转陀螺, 使自转角速度  $\omega_s$  的方向沿自转轴向外 (如果此时锦纶线已从凹口中脱出, 则再把它卡进凹口). 此时自转轴仍水平, 秤示值仍为  $F$ , 说明没有新力矩出现.

4. 在 3 的状态下, 沿操作 2 中的  $\Omega$  方向捻转立杆, 立刻可见陀螺向上转动, 锦纶线也从凹口中脱出, 控制  $\Omega$  的大小, 陀螺又能平衡在原来的水平位置上绕  $z''$  轴转动. 虽然此时由锦纶线拉力产生的力矩  $\tau_2$  已消失, 但秤的示值仍为  $F$ , 即秤的拉力矩仍为  $\tau_1$ , 说明这个以自转角速度  $\omega_s$  绕自转轴转动的陀螺, 在自转轴以角速度  $\Omega$  绕铅直轴转动时, 除了仍受原来的  $\tau_w$  和  $\tau_1$  的作用外, 一定还受着一个由于陀螺既自转又绕铅直轴转动而产生的新力矩的作用. 这个新力矩 ( $\tau$ ) 称为回转力矩, 回转力矩  $\tau$  显然与  $\omega_s$  和  $\Omega$  有关.

#### I. 演示在重力矩作用下, 陀螺自转轴在铅直面中向下转动时的回转力矩.

1. 把陀螺自转轴上的悬线从秤钩上脱出, 用手支住自转轴外端, 使自转轴沿水平. 另一手握住立杆中部. 当突然撤去手的支承力, 陀螺就在重力矩作用下绕支点  $O$  在铅直面内向下转动. 在向下转动的过程中, 握住立杆的手不感觉有力矩的出现.

2. 用线拉转陀螺, 使  $\omega_s$  的方向沿自转轴向外, 重新使自转轴水平. 另一手握住立杆中部, 再使陀螺在重力矩作用下向下转动. 这次, 自转轴在从水平位置转到被立杆搁住的过程中, 握住立杆的手就明显地感到有力矩出现, 这是因为立杆受到了一个力矩而要转动所致. 然而一当自转轴被搁住而停止向下移动后, 虽然陀螺仍在自转, 但握住立杆的手再也不感觉有力矩的存在了. 这说明一个作自转的陀螺在重力矩作用下, 当自转轴向下转动时就产生一个回转力矩, 这个回转力矩沿立杆的分量将驱使自转轴绕立杆中心轴线作加速转动.

#### II. 回转力矩效应演示仪的其它应用.

1. 演示回转力矩  $\tau = I_s \omega_s \times \Omega$  中  $\tau$ 、 $\omega_s$ 、 $\Omega$  之间的关系.

2. 演示外力矩对陀螺运动的影响.

3. 演示规则进动.

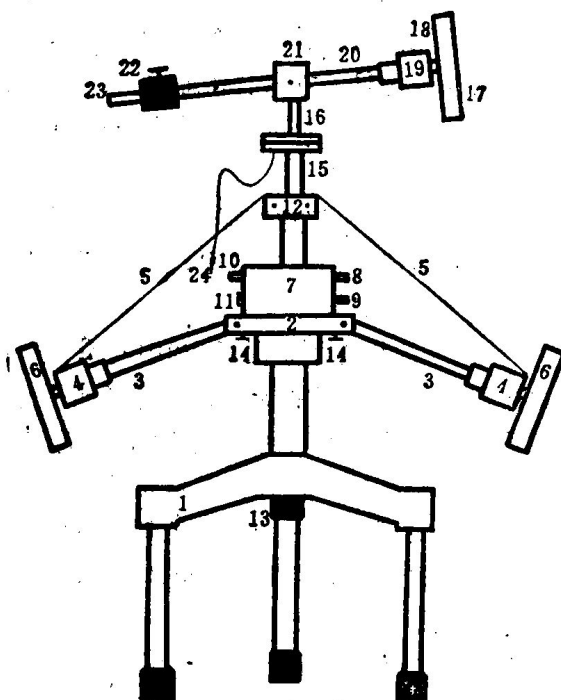


### 【检验、维修及注意事项】

本仪器中的轴承都有防尘罩保护,若转动不灵活而影响实验时,可拆开防尘罩,把轴承浸在火油中清洗,然后加缝纫机油。

## 1-2 角动量综合演示仪

### A Composite Apparatus for Angular Momentum Demonstration



### 【研制单位及主要研制人员】

南京通信工程学院理化教研室 张未央  
王岳安

### 【组织鉴定单位及时间】

1989年5月由南京通信工程学院组织鉴定。

### 【概述】

角动量(或称动量矩)是力学中一个重要的物理量,在质点力学、刚体力学和其它内容中都将涉及,这些对大学生来说是全新的概念。该演示仪有助于学生对这些概念的理解。它可演示:1.角动量守恒定律;2.角动量的矢量性;3.进动;4.陀螺的定轴性。

该仪器演示现象清晰、概念准确、重复性好、便于操作和携带,既可用于大班课堂演示,也可用于自学实验。

1. 仪器支架 2. 转盘 3. 转臂 4. 电机 5. 拉线  
6. 圆盘 7. 电池盒 8. 开关 9. “守恒”换向开关  
10. “进动”换向开关 11. 双芯插座 12. 滑轮架  
13. 限位重物 14. 定位片及螺钉 15. 固定轴  
16. 转轴 17. 圆盘 18. 电机 19. 电机套 20.  
电机套轴 21. 销钉 22. 配重 23. 轴杆 24. 双芯  
插头

图 1-2-1 角动量综合演示仪。

## 【主要技术指标】

主轴摩擦系数小 当两个分角动量的夹角在一定范围内改变时,系统绕竖直轴的转速也能明显地随之改变。

进动现象明显 高速自转圆盘进动十圈以上无明显垂落。

系统的角动量改变能通过机械的和电的控制来实现。

无论是高速自转圆盘的转动,还是仪器绕竖直轴的转动,均无明显晃动现象。

## 【结构与原理】

### I. 结构

仪器结构如图1-2-1所示,两个自转圆盘6分别由小电机带动,可绕各自的轴作高速转动,转盘2可带动整个系统绕竖直轴转动。拉动限位重物块13,可使穿过空心轴的两条拉线5带动两根轴臂3作左右对称的上、下偏转,以改变系统的质量分布或分角动量矢量。滑轮架12以上的部件可演示进动及陀螺的定轴性。

### II. 原理

1. 角动量守恒定律 通过改变轴臂位置(见图1-2-2)使系统的转动惯量改变,即可观察到系统角速度的明显变化,从而定性地验证了角动量( $M$ )守恒定律。

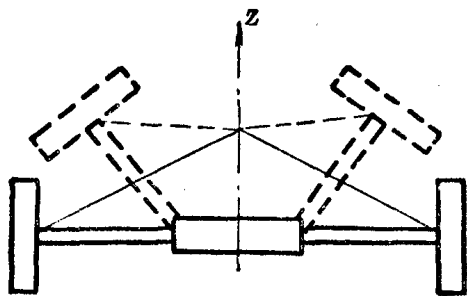


图 1-2-2

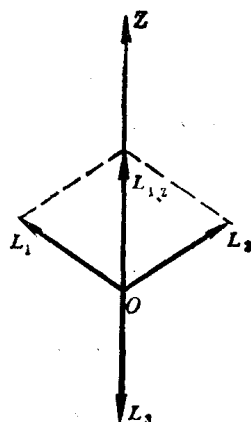


图 1-2-3

2. 角动量的矢量性 当两圆盘无自转,两轴臂成某一夹角(见图1-2-3)时,由于系统所受合外力矩为零,所以系统的合角动量为零,且满足角动量守恒。若使两圆盘6自转,将发现系统沿某确定方向绕Z轴开始转动,产生角动量 $L_z$ ,以保证系统的角动量守恒,且合角动量仍为零,即应有 $(J\omega_1 + J\omega_2) + J_z\omega_z = 0$ 。(如图1-2-3所示)从而表明角动量具有矢量性。

3. 进动 当圆盘绕自转轴高速旋转时,它在重力矩 $M$ 作用下产生进动,如图1-2-4所示,

$$M = \frac{dL}{dt}.$$

4. 陀螺的定轴性 当转轴及圆盘保持平衡时(图1-2-5),由 $M = \frac{dL}{dt} = 0$ ,则 $L = J\omega_z$ 为常矢量,从而 $\omega_z$ 及Z'轴均保持不变,即表明在此条件下,陀螺具有定轴性。

## 【使用方法】

### I. 角动量守恒

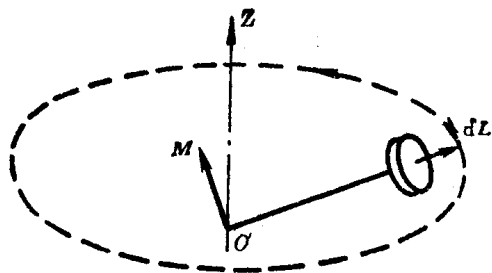


图 1-2-4

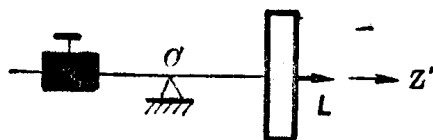
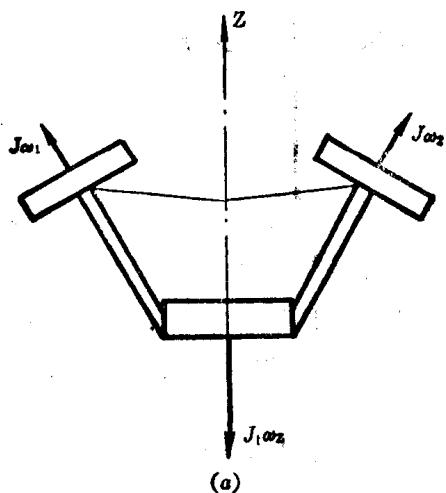


图 1-2-5

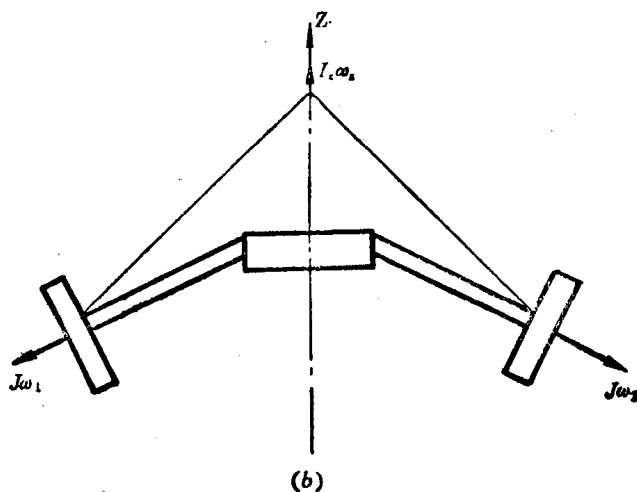
1. 卸去滑轮架12以上的部件,使两个轴臂3处于水平位置,如图1-2-2所示。
2. 当开关8拨向“进动”档(即电机断路),这时两个圆盘不转动,沿水平方向推动轴臂,使系统绕竖直轴缓慢转动。
3. 向下拉限位重物13,由于两轴臂向上偏转,使系统的转动惯量减小,则系统的转动加快。若使两轴臂重新回到水平位置,系统的转动又变慢。

### I. 角动量的矢量性

1. 在电机未启动时向下拉线,使两轴臂向上偏转一定角度,此时系统所受合外力矩为零,其角动量亦为零。
2. 当两个轴臂3在上述位置时,将开关8拨向“守恒”档,两圆盘分别开始自转,同时系统绕OZ轴作顺时针(或逆时针)转动,即系统有了向下(或向上)的角动量 $J_z\omega_z$ (图1-2-6a),以此平衡两个分角动量。
3. 放松拉线,使两个轴臂向下偏转某一角度(图1-2-6b),则系统的转向与上述相反。



(a)



(b)

图 1-2-6

4. 再向下拉线,使轴臂处于水平位置,则系统不转动。

### II. 进动

1. 将固定轴15旋入滑轮架12上,再将带有“进动”装置的转轴16插入固定轴15。
2. 将双芯插头24插入插座11,并将开关8拨向“进动”档,圆盘17即转动,用手扶住轴臂的末端,使圆盘17微微上偏,等电机达到稳定转速时再放手,可观察到圆盘17在自转的同时还绕竖直轴作“进动”。

3. 拨动开关10可改变圆盘17的转向, 进动转向也随之改变。
4. 从上述演示中, 可看到“进动”总是使角动量矢量向外力矩的方向靠拢。

#### IV. 陀螺的定轴性

1. 将轴杆23旋入电机套轴20内, 把配重22套在轴杆上, 并适当调整其位置, 使轴杆处于水平的静平衡状态, 这时所受合外力矩为零。
2. 将双芯插头24插入插座11内, 并将开关8拨向“进动”档。当圆盘17达到稳定的高速转动时, 改变演示仪在空间的方位, 可观察到圆盘转轴的方向保持不变。

#### 【在物理实验中的应用】

该仪器可在大班随堂演示, 还可作课后复习巩固使用, 也可给学生作自学实验。

#### 【检验、维修及注意事项】

##### I. 检验

1. 检查仪器转动部分是否灵活, 连接部分是否牢固。
2. 拉线是否对称; 两轴臂下偏时, 两分角动量夹角通过拉线是否能有效限位。
3. 电源及换向开关是否正常。

##### II. 维修及注意事项

1. 不要碰击自转圆盘, 否则电机轴易被碰弯, 致使圆盘自转时晃动。若晃动明显, 必须及时更换电机。换电机时要注意保持引线与电机套的绝缘, 而且要保持原来转向。
2. 拉线长度应以保证圆盘不碰仪器支架为限。使用中应视拉线13磨损情况及时更换, 更换后的线长应使之保持限位功能。
3. 开关11能控制“守恒”和“进动”的换档, “进动”档又是“守恒”的断路档。
4. 如发现圆盘转速较低, 应更换电池, 否则影响演示效果。
5. 固定轴15孔内有一颗 $\phi 5\text{mm}$ 的钢珠, 切勿丢失, 以免影响进动及定轴性的演示效果。

### 1-3 GTY型刚体平面运动演示仪

## Model GTY Instrument for Demonstration of the Planar Motion of Rigid Body

#### 【研制单位及主要研制人员】

山东大学物理系 段吉辉 张承璐 王燕

#### 【组织鉴定单位及时间】

1987年12月由国家教委教学仪器研究所委托山东大学组织鉴定。现由济南机械职工大学实验工厂生产。

#### 【概述】

GTY型刚体平面运动演示仪是演示刚体平面运动的一种新仪器。该仪器由四种演示装置组成。整个仪器放置在一个手提包内, 使用、携带方便。