



哈尔滨工程大学

提高实验教师地位， 鼓励教师投入实验教学

物理实验教学中心

孙晶华

2014.7

辉煌的起点——哈军工



辉煌的起点 — 哈军工

陈赓受命担大任



1952年6月23日中南海怀仁堂

陈赓创建哈军工

- “三边并举”——边建、边教、边学
- 求贤若渴——苦心聘专家，专家20人，教授副教授62人
- 办学思想——教师炒菜，学生吃菜，干部端盘子。“善之本在教，教之本在师”
- 鼎力相助

陈赓创建哈军工

- 建设经费—开办费：1000万；宿舍和办公用房10万平方米：2000万；五座教学大楼18万平方米：3500万
- 苏联顾问进军工—空军中将奥列霍夫为组长，87人



瓦·依·奥列霍夫（1902—1957）

陈赓创建哈军工

工学新闻网



虎踞龙蟠，气势恢宏

陈赓创建哈军工



空军工程系 一系



炮兵工程系 二系



海军工程系 三系



装甲兵工程系 四系



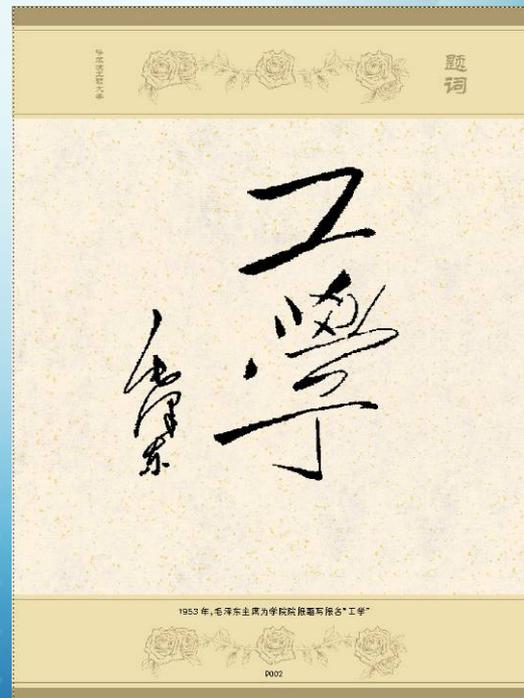
工兵工程系 五系

太有才啦！

开学大典—1953年9月1日

- 中国人民解放军军事工程学院—哈军工
- 我国第一所多军种、多兵种综合性高等军事技术院校—103部队
- 亚洲最大的军校，人称“中国的西点军校”
- 毛主席签署《训词》

工学新闻网

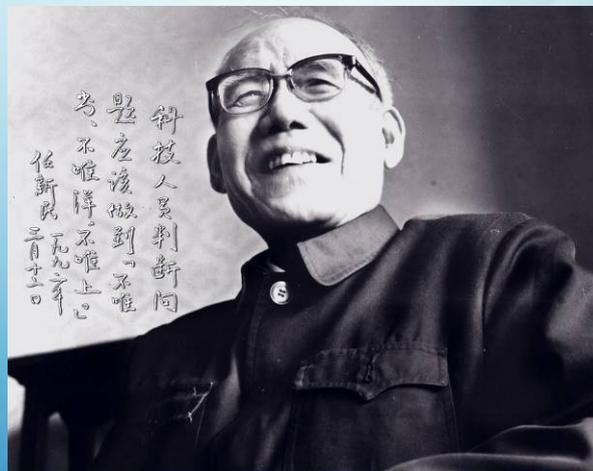


辉煌哈军工

- 义薄云天为“两弹”
- 凌晨起飞迎远客
- 1955年11月25日，中国航天第一个誓师会
- 四专家驰援五院（任新民、梁守槃、庄逢甘、朱正才）



钱学森



任新民

辉煌哈军工

- 敢立潮头唱大风-1959年增设导弹工程系（“机电系”），防化工程系
- 名师专家云集，优秀人才齐聚
- 两院院士：34人



辉煌哈军工

- 50位国家领导人视察指导工作
- 100人题词
- 1961年全国重点大学
- 将相之后—七位元帅的子女，六位大将的子女，五位老前辈革命家的子女，国家公检法三家最高领导人子女，中国四大烈士，有三位烈士的后裔，十八位上将子女
- 清华、北大齐名

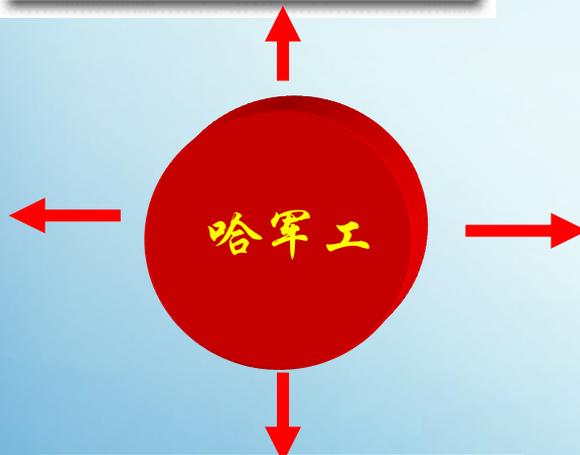
尖端集中 调整分建



装甲兵工程学院
61年西安→69年
北京卢沟桥



南京理工大学



解放军理工大学
工程兵工程学院
(南京)



防化指挥工程学院 (北京西郊)

彪炳青史大将军

- 将星陨落浦江畔 1961年3月16日上午8时45分
- 伟大的革命家、优秀的军事家、杰出的将军教育家



“哈军工之父”



老院长回来啦!

军工肢解 楼空人散

原子工程系→重庆工业大学
→国防科技大学1973.12



空军工程系→西北工大

3列火车，120节车皮
米格-19战机



电子、导弹、计算机
→长沙工学院→国防科技大学1978

10列火车，550节
车皮，2.5万吨
1447户

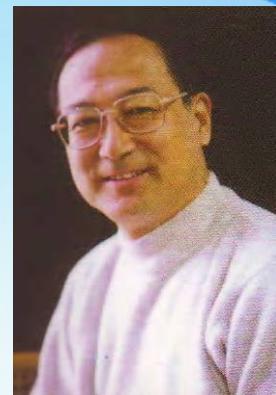
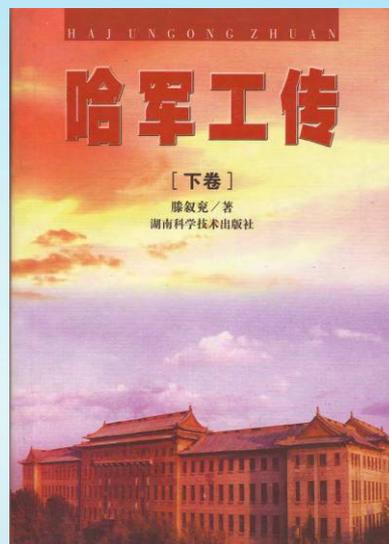
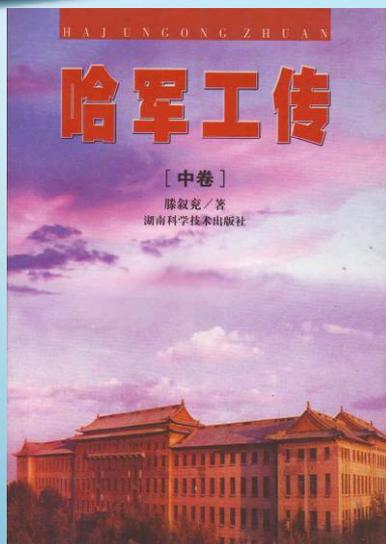
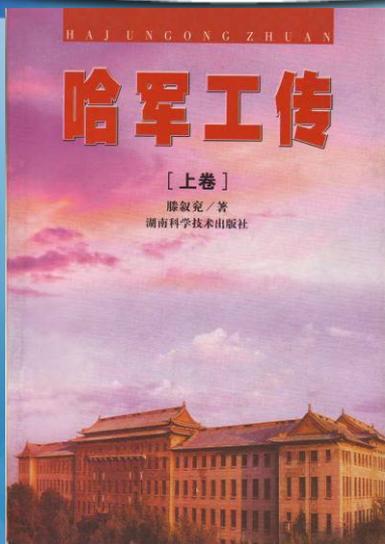
物理实验教学中心

学府浩劫



呜呼！

哈军工传



滕叙尧

1963-1968哈军工学生

- 获“五个一工程”奖
- “红色娘子军”吴琼花扮演者祝希娟策划和参演的《魂系哈军工》1998年获国家电视剧最高奖：“飞天奖”
- 陈赓大将



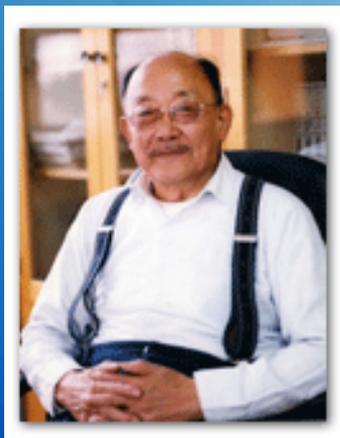
发扬哈军工精神 再创辉煌

- 1974年哈尔滨船舶学院
- 1978年被国务院确定为首批国家重点大学
- 1994年哈尔滨工程大学
- 1996年首批进入“211工程”
- 全国56所设有研究生院的高校
- 隶属工信部
- 2011年进入小“985”（第三批）
- 可靠顶用，就业率连续8年全省第一
- 学在工程



发扬哈军工精神 再创辉煌

- 科研经费7个亿
- 两院院士9名
- “中国水声元勋”杨士莪院士
-父子双院士，满门科教才



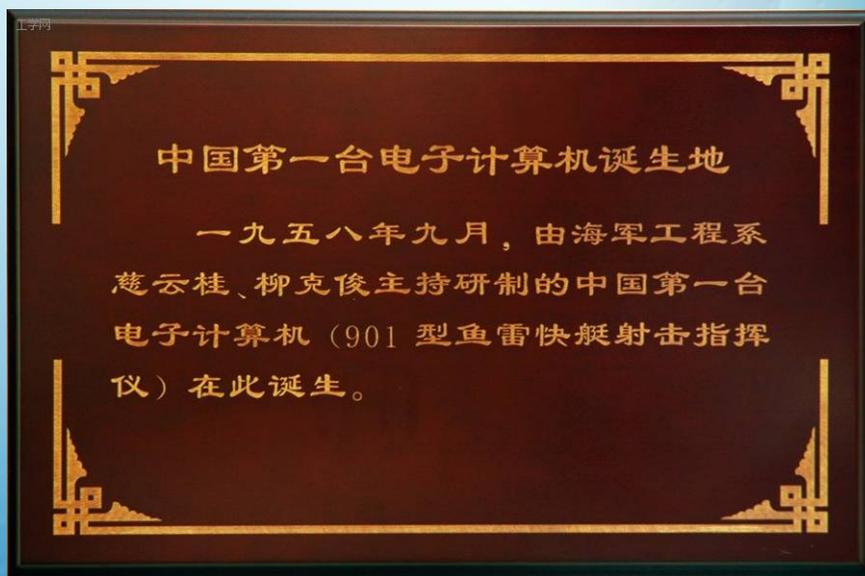
杨士莪院士



杨廷宝（1901-1982），
建筑学家，中国近代建筑
设计开拓者之一，中科院
院士

发扬哈军工精神 再创辉煌

- 第一艘小型快艇，第一艘炮艇，第一艘常规潜艇，第一艘核潜艇，第一艘护卫舰，第一条水翼艇，第一艘深潜救生艇，第一台舰用电子计算机



发扬哈军工精神 再创辉煌

- 深潜救生、水下探测、水声定位、舰船减摇、水下机器人、组合导航、核动力仿真



- “蛟龙”号载人潜水器



发扬哈军工精神 再创辉煌

- “三海一核”(船舶工业、海军装备、海洋开发、核能应用)领域重要的人才培养和科学研究基地
- 10所最具爆发力的大学之首



发扬哈军工精神 再创辉煌



50年校庆

一枝独秀

物理实验教学中心



哈尔滨工程大学

提高实验教师地位， 鼓励教师投入实验教学

物理实验教学中心

孙晶华

2014.7



教師崗位類型

- 教學為主型
- 教學科研型
- 科研為主型
- 實驗教學型
- 學生思政型
- 突破傳統觀念，創新運行機制
—— 實驗教學從後台走向前台



教师岗位分类的目的

- 打破“用一把尺子衡量不同类别的教师”的考评体系和标准
- 发挥绝大多数教师的积极性和创造性
- 实现“以人为本，人尽其才，才尽其用”
- “人人面前有通道，人人脚下有台阶，人人心中有愿景，人人身上有动力”



教师岗位分类的实施原则

- “先入轨，后晋升”
- 入口：一个聘期3年
- 出口：一个聘期3年



实验教学型教授岗位聘用条件

- 具有副高级专业技术职务并任职5年以上
- 已在专职实验教学岗位工作1个聘期以上（含1个聘期）
- 完整讲授过1—2门实验课程
- 完成实验教学一般每学年6000人时
- 以第一（或通讯）作者在核心期刊及以上级别的杂志上发表一定数量论文，其中实验教学改革、实验技术研究或实验室建设与管理研究论文至少5篇
- 作为主编、副主编（前3名）已正式出版实验教材或实验教学中心建设类著作至少1本（部）



实验教学型教授岗位聘用条件

- 主持（参与）（前2名）完成省部级及以上教育教学改革研究项目（含实验教学内容）1项，或主持完成校级教育教学改革研究重点项目（含实验教学内容）1项，或主持完成校级实验教学改革与实验技术研究项目2项
- 在实验教学、实验教学改革与实验技术研究或实验室建设与管理岗位累计工作30年以上，具备副高级技术职务并任职15年以上，工作业绩十分突出，经院系推荐、学校评审可做破格处理。



实验教学型副教授岗位聘用条件

- 具有中级职务并任职5年以上
- 已在专职实验教学岗位工作1个聘期以上（含1个聘期）
- 完整讲授过1—2门实验课程
- 完成实验教学一般每学年6000人时
- 以第一（或通讯）作者在核心期刊及以上级别的杂志上发表一定数量论文，其中实验教学改革、实验技术研究或实验室建设与管理研究论文至少3篇
- 参编（前4名）已正式出版实验教材或实验教学中心建设类著作至少1本（部）



教学研究

- 实验教学改革与实验技术研究立项
- 自研仪器
- 原则：源于教学，服务教学，提升教学
- 特点：
- 现象直观，过程清楚，内容充实，注重操作



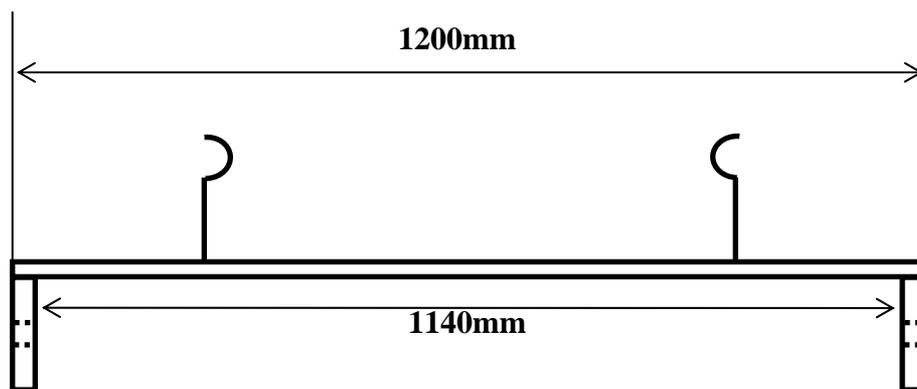
科学研究

- 优势：面广，后劲足，大有可为
- 最简单是最好用的

$$\lambda_m T = b = 2897.8 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

烟雾的浓度：

$$m = \frac{10}{d} \lg \frac{P_0}{P}$$





关于创新

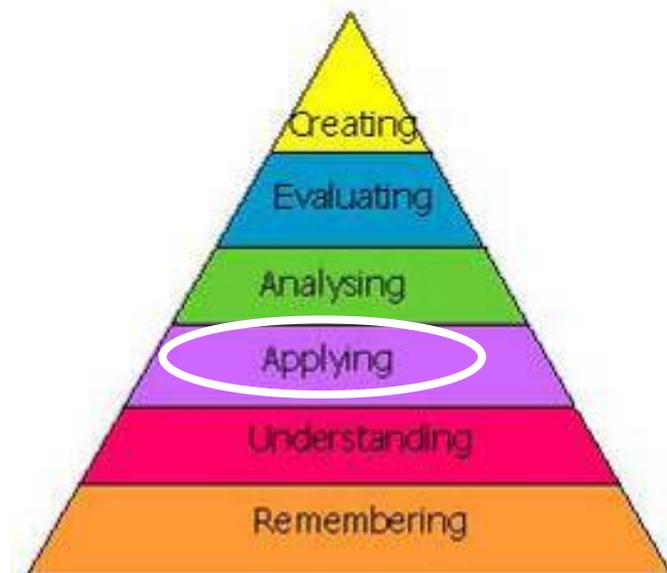
- 性质：基础课
- 目的：基本原理、基本方法、基本能力
把创新能力培养融入到教学中
- 前提：打好基础再创新， 否则 = 空中楼阁
- 对象：少数拔尖学生，
否则 = 大跃进 = 折腾



荀子儒效篇

不闻不若闻之，闻之不若见之，见之不若知之，知之不若行之。学至于行之而止矣。行之，明也；明之为圣人。

布卢姆教育目标分类学



认知范畴



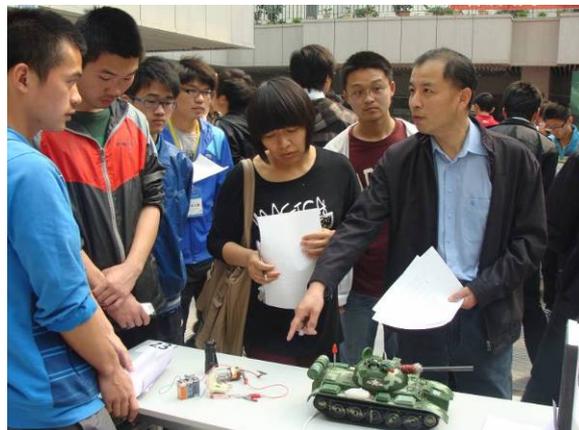
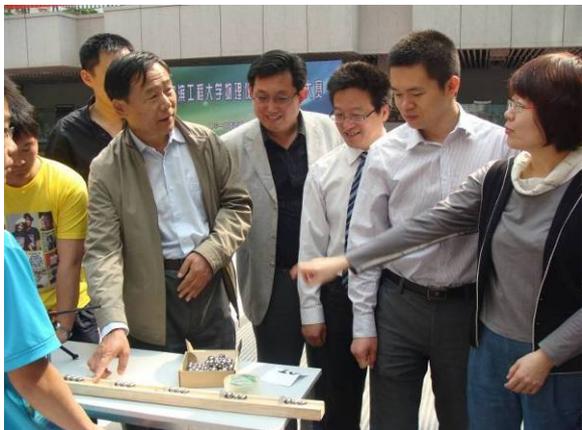
物理演示仪器创新设计大赛

- 激发学生的创新欲与求知欲
- 加深对物理原理的理解
- 学生的作品能够有效地补充演示实验教学，同时为理论课教学提供教具和新的授课思路。



哈尔滨工程大学

物理演示实验创新设计大赛





哈爾濱工程大學

鸡蛋撞地球结构设计大赛





为您做些什么？

最美的十大物理实验

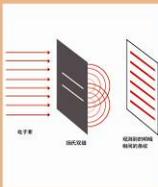
柏拉图曾说，美是很难界定的东西。对于什么样的事物是美的，不同的领域有不同的评判标准。就实验物理学研究而言，人们对美的阐释是这样的：用最简单的仪器和设备获得最根本、最直接、最精确的科学结论，这就是美。在去年的又一次民意调查中，由物理学家推举产生的历史上最美的十大物理实验正是对此最好的注解。

与那些消耗大量人力、物力并产生出大量数据的实验相比，这十大实验要简单得多，然而其结论却具有非凡的意义。这十大实验中大多数由个人独立完成，顶多只配备了几个助手协助其工作。所有的实验除了直尺或简单的计算器外，没有用到如电脑一类的大型计算工具。

第一名：运用托马斯·扬双缝演示的电子干涉实验

牛顿和托马斯·扬对光性质的研究所得出的结论都不完全正确。经过几十年发展的量子学说最终得出如下结论：光既不是简单的粒子，也不是一种单纯的波，光子和其他亚原子微粒（如电子等）既是粒子也是一种波，物理上称它们具有波粒二象性。

科学家发现，将托马斯·扬的双缝演示改进一下可以很好地说明这一点。他们用电子流代替光束来演示这个实验。将电子流分为两束，这两束电子流会产生波的效应，即产生类似托马斯·扬的双缝演示中出现的明暗相间的条纹。这说明微粒也有波的效应。



第二名：伽利略的自由落体实验

在16世纪末，大家都认为质量大的物体比质量小的物体落得快，因为伟大的亚里士多德是这样说的。当时在比萨大学数学系任职的伽利略却大胆地向权威观点提出了挑战。著名的比萨斜塔实验已经成为科学史上的一个经典故事：伽利略从斜塔上同时扔下一轻一重的两个物体，让大家看到它们同时落地。这一实验具有双重意义：一是证实了自由落体现象，二是证明了科学的最后仲裁者是事实而不是具有权威的某个人。



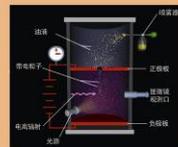
最美的十大物理实验

第三名：密立根的油滴实验

很早以前，科学家就在研究电。人们知道这种“无形的物质”可以从天上的闪电中得到，也可以通过摩擦头发获得。1897年，英国物理学家托马斯已经证实电流是由带负电的粒子运动即电子运动形成的。1909年，美国科学家罗伯特·密立根开始测量电荷的值。

密立根用一个香水瓶的喷头向一个透明的封闭箱里喷油滴。封闭箱的顶部和底部分别与电池相连，让一边成为正极，另一边成为负极。小油滴通过空气会吸附一些静电，油滴下落的速度可以通过改变电极间的电压来控制。

通过不断改变电压，密立根仔细观察着每一颗油滴的运动。经过反复试验，密立根得出结论：这些油滴带有的电荷的值总是某个固定常量的整数倍，那个固定常量就是单个电子的带电量。



第四名：牛顿的棱镜分解太阳光实验

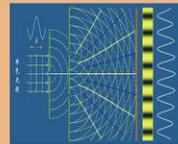
在牛顿生活的年代，人们都认为白光是一种纯的没有其他颜色的光，而彩色光是一种不知如何故发生了变化的光。

为了验证这一说法，牛顿把一面三棱镜放在阳光下，透过三棱镜，光在墙上被分解为不同颜色的光，后人将此称为光谱。人们原以为彩虹的五颜六色是一种不正常的颜色。牛顿的结论是：正是红、橙、黄、绿、青、蓝、紫这七种颜色的光共同形成了白色光。如果你深入地仔细观察，会发现白光是非常美丽的，它由多种颜色的光综合而成。



第五名：托马斯·扬的光干涉实验

牛顿使科学界接受了这样的观点：光是由微粒组成的，而不是一种波。1801年，英国物理学家托马斯·扬却用实验证明了光具有波效应。他在百叶窗上开了一个小洞，然后用厚纸片盖住，再在纸片上戳一个很小的洞，让光线透过，并用一面镜子反射透过的光线。然后，他用一张厚约1/30英寸（1英寸=2.54厘米）的纸片把这束光从中间分成两束。结果在屏幕上出现明暗相间的条纹。这说明两束光线也可以像波一样发生干涉。这一著名的光的双缝干涉实验对于一个世纪后量子学说的创立起到了至关重要的作用。





为您做些什么？

背景



Ibert Abraham Michelson
(1852-1931)
阿尔伯特·迈克尔逊是第一位获诺贝尔物理学奖的美国科学家。

非定域干涉

- 定域干涉
- 等倾干涉
- 等厚干涉

迈克尔逊干涉仪

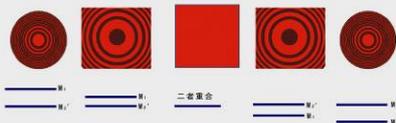
迈克尔逊干涉仪是典型的分振幅双光束干涉装置。它的特点是光源、两个反射面、接收器（观察者）四者在空间完全分开，东西南北各据一方，便于在光路中安插其它器件。利用它既可观察到相当于薄膜干涉的许多现象，如等倾条纹、等厚条纹，以及条纹的各种变化情况，也可方便地进行各种精密测量。

迈克尔逊干涉仪设计精巧，思想新颖，是许多现代干涉仪的原型。1887年迈克尔逊与美国化学家 E.W. 莫雷合作，进行了著名的迈克尔逊-莫雷实验，否定了“以太”的存在，为爱因斯坦狭义相对论的建立提供了实验证据，并且精确标定了标准米尺的长度。因此获得了1907年的诺贝尔物理学奖。

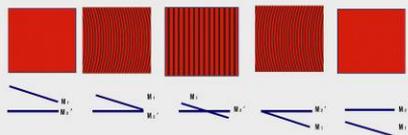
在100年后的今天，迈克尔逊干涉仪仍在被广泛地使用。一个发明，有如此强大而持久的生命力，在历史上也是罕见的。

干涉图样

若 M_1 与 M_2 相互精确地垂直，可观察到圆形的等倾干涉条纹，即两镜之间为薄膜干涉。



若 M_1 与 M_2 偏离相互垂直的方向，可观察到等厚干涉条纹，即两镜之间为劈尖干涉。



测量波长的方法

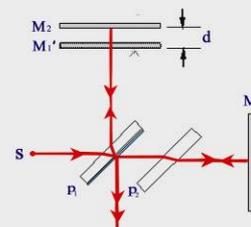
- 杨氏干涉法
- 牛顿环法
- 双棱镜干涉法
- 三棱镜散射法
- 法布里-珀罗干涉法
- 光栅衍射法
- 斐索干涉法
- 光电调制法
- 光谱仪法
- 单色仪法
- 摄谱仪法

迈克尔逊干涉仪的应用

- 研究谱线的精细结构
- 标定标准米尺
- 测定液体或气体的折射率
- 检测平板的光学质量

迈克尔逊干涉仪

测定 He-Ne 激光的波长



点光源 S 经反射后在纵向形成两个虚光源 S_1 、 S_2 ，在空间任何一点 P 的光程差为：

$$\Delta = r_1 - r_2 = k\lambda \quad k = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \quad \dots \text{干涉相长}$$

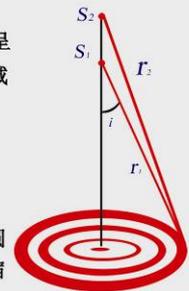
$$\Delta = r_1 - r_2 = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \quad \dots \text{干涉相消}$$

在垂直于 S_1 、 S_2 连线的平面上呈现同心圆的干涉图样，即非定域干涉图样。 P 点的光程差：

$$\Delta = r_1 - r_2 = 2d \cos i = k\lambda$$

若平面镜的间距改变，在干涉环圆心观察，条纹向外冒出（或向内缩进） N 环，波长为：

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{N}$$





为您做些什么？

光的干涉

分振幅干涉
等厚干涉

牛顿环
劈尖干涉

等倾干涉

薄膜干涉
迈克尔逊干涉仪

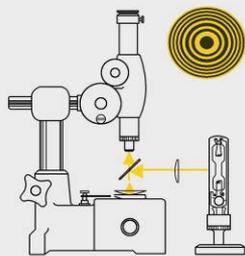
分波面干涉

杨氏双缝
菲涅尔双棱镜
洛埃镜

等厚干涉实验

测量透镜的曲率半径

$$R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$$



光程差: $\Delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$

相干条件: $\Delta = k\lambda$ $k=1,2,3 \dots$ 明纹

$\Delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ $k=1,2,3 \dots$ 暗纹

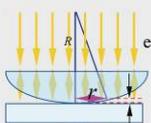
几何关系:

$$r^2 = R^2 - (R^2 - e^2) = 2Re - e^2 \approx 2Re$$

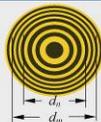
第 k 级暗条纹的半径:

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}$$

$$k=0,1,2,3,\dots$$



采用测量弦长代替测量半径可解决干涉环圆心位置与中心处级次不确定的问题。



应用

牛顿环

检测光学球面（或平面）的加工质量

已知曲率半径可测单色光波长

在牛顿环的透镜间充满透明液体，可测其折射率

$$n = \pm \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-k)R\lambda}$$

劈尖干涉

干涉膨胀仪

测膜厚

检验光学元件表面的平整度

测细丝直径

等厚干涉实验

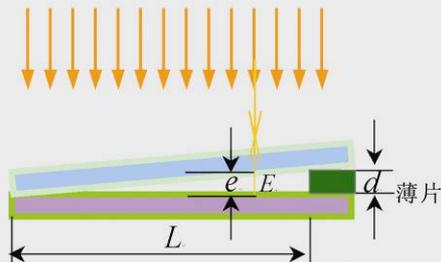
用劈尖测量薄片厚度

光程差: $\Delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$

$$d = \frac{50L\lambda}{l}$$

L : 劈尖交线到薄片处的总长度;

l : 50 条干涉条纹间隔





为您做些什么？

分光计测量：
 光谱
 光栅常数
 折射率
 棱镜顶角
 及各种涉及光线角度偏转的测量

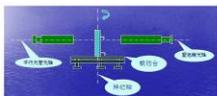
游标读数注意：
 左右游标读数差在 180° 上下。
 测量角度时，角度可能超过 360° 。
 为消除偏心差，左右游标应分别读出。

分光计的调整



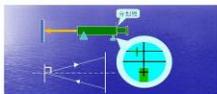
要求实现“三个垂直”：

- 望远镜光轴与转动轴垂直；
- 平行光管光轴与转动轴垂直；
- 载物台与转动轴垂直。



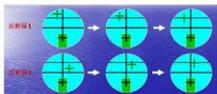
自准直条件：

正反两面的反射像都与光源关于光轴对称，则光轴与反射面垂直。



“减半”调节法：

- 调整载物台倾角，使反射面1的像到上横线的距离缩小1/4；
- 调整望远镜倾角，使反射面1的像到上横线的距离再缩小1/4；



然后通过上述方法调整反射面2，使正反两面反射像逐渐接近上横线，最终实现自准直状态。

游标读数：

先从游标零位读出主尺读数，再读游标对齐处的游标读数。



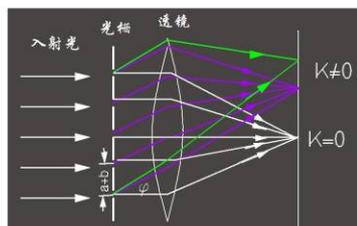
$80^\circ + 18' = 80^\circ 18'$



$30^\circ 30' + 15' = 30^\circ 45'$

分光计的使用

用衍射光栅测定光波波长



当波长为 λ 的平行光垂直入射光栅时，透过的衍射光相干叠加，在满足

$$(a+b)\sin\varphi = K\lambda$$

$$\text{其中 } K = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

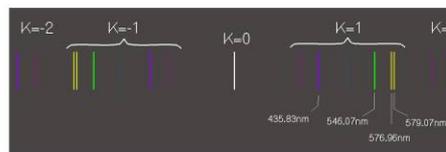
方向上形成亮条纹， $a+b$ 为光栅常数， φ 为衍射光的方向角。

[低压汞灯主要谱线] (nm)

黄：576.96, 579.07 绿：546.07

青(暗)：491.60 蓝：435.83

紫(暗)：407.78 404.66



光栅分类
 平面光栅
 闪耀光栅
 凹面光栅

光栅测量仪器
 光栅光谱仪
 喇曼光谱仪
 分光光度计

光谱测量应用
 星体的化学构成
 文物的成分测定
 食品、药品检测
 DNA 测定



为您做些什么？

开普勒望远镜



伽利略望远镜



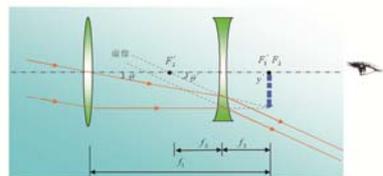
显微镜



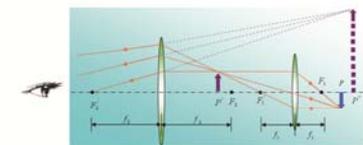
自组望远镜和显微镜



开普勒望远镜光路图



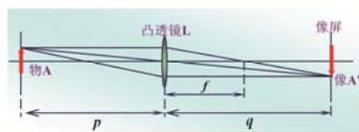
伽利略望远镜光路图



显微镜光路图

薄透镜成像公式

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$



薄透镜成像光路图

光学望远镜
折射望远镜
反射望远镜
折反射望远镜
空间天文望远镜

显微镜
光学显微镜
电子显微镜
其他显微镜

自组望远镜和显微镜

实验室提供的器材

光学导轨1根，透镜5只，十字分划板1只，物屏1只。



实验内容

- (1) 自组一台聚焦于无穷远处的开普勒望远镜；
- (2) 用自组的聚焦于无穷远处的望远镜测量另一凸透镜的焦距；
- (3) 用自组的聚焦于无穷远的望远镜测量凹透镜焦距；
- (4) 自组显微镜。

实验要求

- (1) 根据望远镜和显微镜的基本结构和原理，利用实验室提供的实验器材，分别组装一台结构简单的望远镜和显微镜；
- (2) 自己设计合理的光路图，测出凸透镜和凹透镜的焦距；
- (3) 设计实验数据记录表格。



为您做些什么？

世界著名望远镜



牛顿望远镜

1668年牛顿的第一架小型反射望远镜研制成功。它的物镜是用青铜磨制的凹面反射镜，直径2.54厘米，镜筒长15厘米，放大倍率40倍，牛顿反射望远镜消除了色差，制作容易，使用方便。



赫歇尔望远镜

18世纪晚期，德国天文学家威廉·赫歇尔开始制造大型反射式望远镜。图中显示的是赫歇尔所制造的最大望远镜，镜面口径为1.2米。此望远镜改变了牛顿的设计，把物镜斜放在镜筒中，物镜直接将会聚的光束送到靠近前方镜筒口的焦点处，从而省去了牛顿式的平面副镜，大大减少磨镜的工作量。



胡克望远镜

在富商约翰·胡克的赞助下，口径为100英寸的反射望远镜于1917年在威尔逊天文台建成。在此后的30年间，它一直是世界上最大的望远镜。1919年阿尔伯特·迈克尔逊为这架望远镜装了一个特殊装置——一架干涉仪，这是光学干涉装置首次在天文学上得到应用。



海耳望远镜

1928年海耳决定在帕洛马山天文台再架设一台口径为200英寸的巨型反射望远镜。新望远镜于1948年完工并投入使用。从设计到制造完成海耳望远镜经历了二十多年，它比胡克望远镜看得更远，分辨能力更强。当海耳望远镜从帕洛马山指向天空时，它将亿万个到那时还没有观察过的星辰和许多星系收入了人类的眼帘。



甚大阵射电望远镜

甚大阵射电望远镜座落于美国新墨西哥州索科洛，于1980年建成并投入使用。甚大阵望远镜是一组光学望远镜阵列。它包括了4个8.2米的望远镜，阵列中每个都是一个大型望远镜，而且每一个都能独立工作，并具有捕获比人类肉眼观测到的光线弱40亿倍的光线。甚大阵望远镜能够把最多3个望远镜集中在一起形成独立单元，通过地下的镜片将光线组合成一个统一的光束，这使得望远镜系统能够观测到比单个望远镜分辨率高25倍的图像。



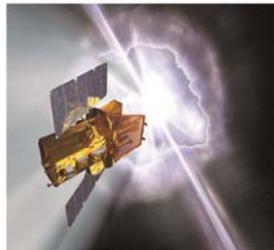
哈勃太空望远镜 (HST)

哈勃太空望远镜是由美国国家航空航天局和欧洲航天局合作，发射于1990年4月。它是人类第一座太空望远镜，总长度超过13米，质量为11吨多，运行在地球大气层外距离地面约600公里的轨道上。图像不受大气层扰动折射的影响，并且可以获得通常被大气层吸收的红外光谱的图像，因此它取得了其他所有地基望远镜从来没有取得的革命性突破。天文学家们利用它来测量宇宙的膨胀比率以及发生产生这种膨胀的确数量和神秘力量。



凯克望远镜

凯克望远镜位于夏威夷莫纳克亚山，口径为10米。凯克望远镜的镜面由36块直径为1.8米的六边形分片组合而成。凯克望远镜开创了基于地面的望远镜的新时代，它的规模是海耳望远镜的两倍。



“雨燕”(Swift)观测卫星

“雨燕”(Swift)观测卫星发射于2004年，主要是用来研究伽马暴现象。“雨燕”可在短短的一分钟内自动观测到伽马暴现象。到目前为止，它已经发现了数百次伽马暴现象。“雨燕”卫星实际上是一颗专门用于确定伽马射线暴起源、探索早期宇宙的国际化观测天文台。它主要由三部分组成，分别从伽马射线、X射线、紫外线和光波四个方面研究伽马射线暴和它的踪迹。在多年的运行中，“雨燕”卫星先后共10次捕捉到以极快速度运行的伽马射线暴，其中最短的伽马射线暴只持续了50毫秒。目前，“雨燕”卫星可以检测到120亿光年以外单独的恒星参数。



为您做些什么？

太阳能电池

太阳能电池 (Solar cells)，也称光伏电池，是将太阳光辐射能直接转换为电能的器件。把这种器件封装成太阳能电池组件，组合成一定功率的太阳能电池方阵，即构成太阳能电池发电系统也称为之光伏发电系统。

太阳能电池的种类

- 单晶硅
- 多晶硅
- 非晶硅

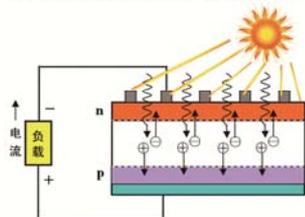
太阳能电池的优点

- 绿色
- 环保
- 寿命长
- 方便灵活

太阳能电池的特性

太阳能电池特性的测量

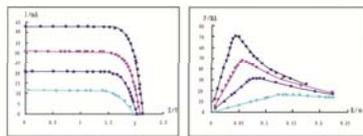
当光照射在距太阳能电池表面很近的pn结时，只要入射光子的能量大于半导体材料的禁带宽度 E_g ，则在p区、n区和结区光子被吸收会产生电子-空穴对。产生的电子-空穴对在内电场的作用下分别移向n区和p区。导致在n区边界附近有光生电子积累，在p区边界附近有光生空穴积累。它们产生一个与pn结的内建电场方向相反的光生电场，在pn结上产生光生电动势，其方向由p区指向n区。这一现象称为光伏效应 (Photovoltaic effect)。



太阳能电池工作原理



实验仪器



太阳能电池的伏安特性曲线

太阳能电池的P-R特性曲线

太阳能电池的应用



路灯



航标灯



计算器



天宫一号与神八



光伏电站



太阳能房屋



太阳能工厂



通信中继站



气象监测



为您做些什么？

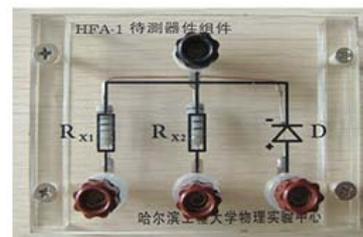
实验用附件（免费赠送）



改装表头



学生式检流计



待测电阻和二极管组件



长度测量待测件



导线架，让实验室更整齐



哈爾濱工程大學

室訓

勤奮好學
加深理解

獨立思考
手腦結合



为什么办会？

- 心结！-2009年全国高等学校物理基础课程教育学术研讨会
- 经验：办会无小事



原则：

- 与学术会议接轨
- 以会养会
- 不求有功，但求无过

THANK YOU