

浙江省普通高中知识拓展类选修教材

基于数字传感器的 物理创新实验

目 录

课时	课 题	页码
第一课时	“DIS” 简介 体验传感器	2
第二课时	测量平均速度 理解瞬时速度	4
第三课时	自选传感器 设计多种方案 求解加速度（1）	6
第四课时	自选传感器 设计多种方案 求解加速度（2）	6
第五课时	作用力与反作用力 实时记录和对比	8
第六课时	最大静摩擦与滑动摩擦 设计与研究	10
第七课时	描绘多种电学元件的伏安特性曲线	11
第八课时	探究电容器的充放电	13
第九课时	磁感应强度传感器的应用	15
第十课时	用磁感应强度传感器探究生活中的“磁” 探讨人体与磁性	16
第十一课时	用光强传感器定量研究双缝干涉和单缝衍射实验（1）	17
第十二课时	用数字化实验定量研究双缝干涉和单缝衍射实验（2）	17
第十三课时	测量多种电池的电动势和内阻	18
第十四课时	自选角度，探究电动机电路	19
第十五课时	[置身物外，趣味实验三]巧用大量程力传感器测体重	20
第十六课时	[置身物外，趣味实验四]巧用单体式位移传感器测身高	24
第十七课时	[置身物外，趣味实验一] 利用地磁场、人体发电	25
第十八课时	[置身物外，趣味实验二] 微电流传感器的多种用途	27

第一课时 “DIS” 简介 体验传感器

【实验器材】数字化实验系统：传感器、数据采集器、计算机等。



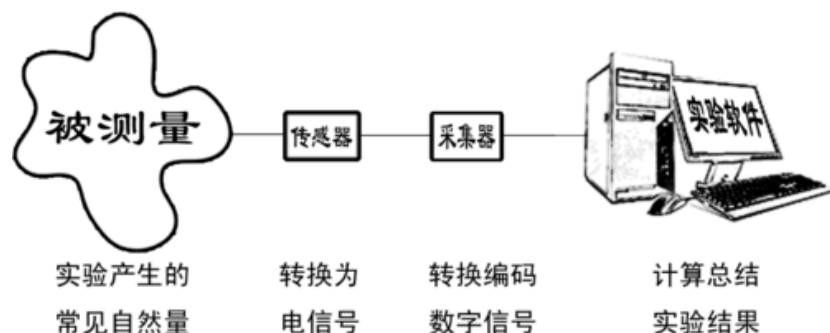
【实验目的】

了解“DIS”实验系统，认识最基本的几种传感器及使用；体验传感就在身边。

【实验原理及说明】

数字化实验室要有被测量的自然量，比如“温度、湿度、电源、力、长度、压力”等等，通过传感器的转换，统统转换为电信号并通过放

大或缩小到合适的电压，再通过采集器进行编码为可被计算机利用的数字信号，最后通过计算机实验软件，进行计算和总结，形成最后的实验结果文档。



数字化实验原理示意图

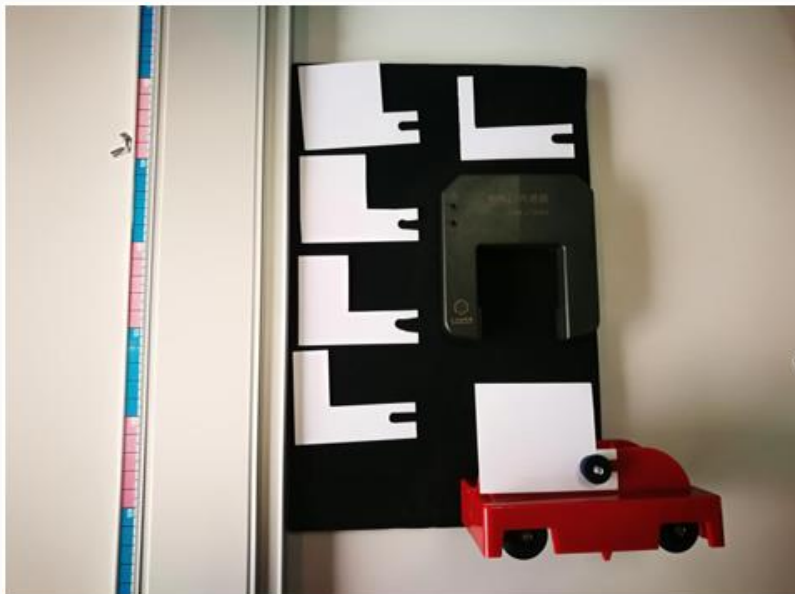
传感器的应用方法与传统仪器仪表基本相同。比如力传感器的使用与传统的测力计相类似，电流传感器和微电流传感器串连于电路中，而电压传感器则并联于电路中。

传感器名称	量程	分 度	对应的中学实验仪表、器材
力传感器	$\pm 20\text{N}/\pm 10\text{N}$	0.1N	测力计
温度传感器	$-10^{\circ}\text{C}\sim+110^{\circ}\text{C}$	0.1 $^{\circ}\text{C}$	温度计
电流传感器	$-1\text{A}\sim+1\text{A}$	10mA	电流表
电压传感器	$-10\text{V}\sim+10\text{V}$	10mV	电压表
微电流传感器	$-1\mu\text{A}\sim+1\mu\text{A}$	--	灵敏/镜式电流计
压强传感器	0~300kPa	$\pm 0.1\text{kPa}$	压强计

表. 中学 DIS 常用传感器

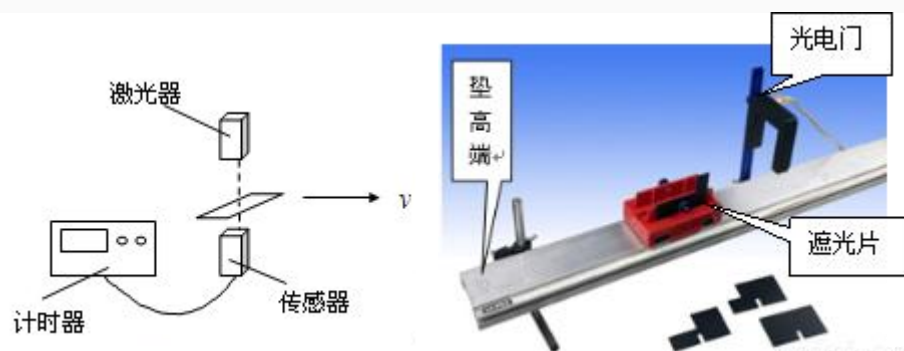
第二课时 测量平均速度 理解瞬时速度

【实验器材】光电门传感器（时间传感器）1 个、运动轨道、小车（1 个）、不宽度的遮光片等。



【实验目的】学会安装并使用光电门传感器，知道光电门传感器测速原理，理解从平均速度到瞬时速度的极限思维方法。

【实验原理及说明】



当物体通过光电门时光被挡住，计时器开始计时，当物体离开时停止计时，这样就可以根据物体大小与运动时间计算物体运动的速度；若计时装置具备运算功能，使用随机配置的挡光片（宽度一定），可以直接测量物体的瞬时速度。光电门是由一个小的聚光灯泡和一个光敏管组成的，聚光灯泡对准光敏管，光敏管前面有一个小孔可以接

收光的照射。光敏门与计时仪是按以下方式连接的。即当两个光电门的任一个被挡住时，计时仪开始计时；当两个光电门中任一个被再次挡光时，计时终止。计时仪显示的是两次挡光之间的时间间隔。

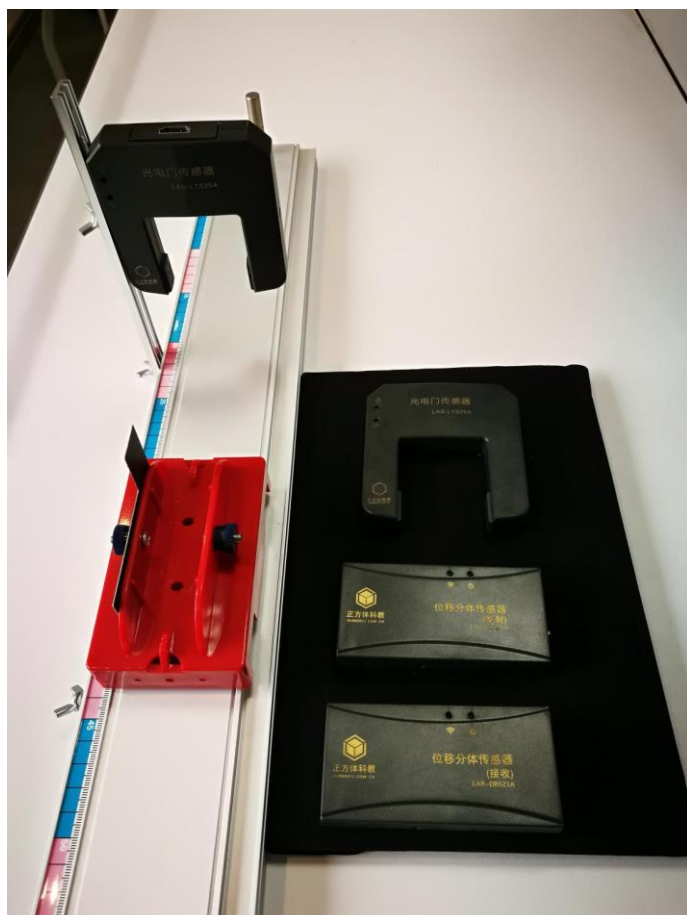
其工作原理是光照度改变使光敏电阻阻值的改变，而引起光敏电阻两端电压的改变。电压变化信号通过传感器传到计数器上计数计时。光电门一端有个线性光源，另一端有个光敏电阻，门中无物体阻挡时光照射到光敏电阻上。有光照时光敏电阻阻值减小，光敏电阻两端为低电压。当门中有物体阻挡时，光敏电阻受到光照度减小，电阻增大，光敏电阻两端为高电压。换言之，当光电门传感器之间没有物体阻挡时，其内部电路断开；当光电门传感器之间有物体阻挡时，其内部电路接通。

光电门主要应用于计数，计时，测速等方面当光电门计数时，传感器将高低变化的信号传到计数器上，计数器进行计数。电压升高再恢复原值计数器计数一次。当计数器计时时，计数器获得高电压时计时开始，获得低电压时计时停止。测得时间为物体完全通过光电门的时间。光电门测速也是根据计时的原理。光电门原理应用很广泛，现在已经不局限于门的形状，如点钞机，生产线计数器，光控路灯等。

第三、四课时 自选传感器 设计多种方案 求解加速度

【实验器材】

光电门传感器、位移传感器、数据采集器、计算机、小车、轨道等。

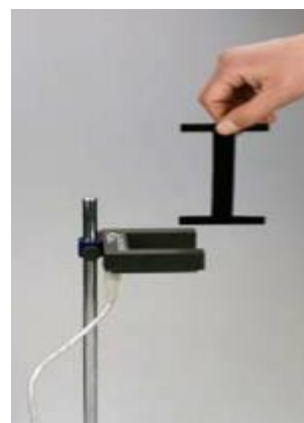


【实验目的】

综合运用运动学知识，利用光电门传感器、分体式位移传感器、小车、轨道，设计实验方案并测量加速度。

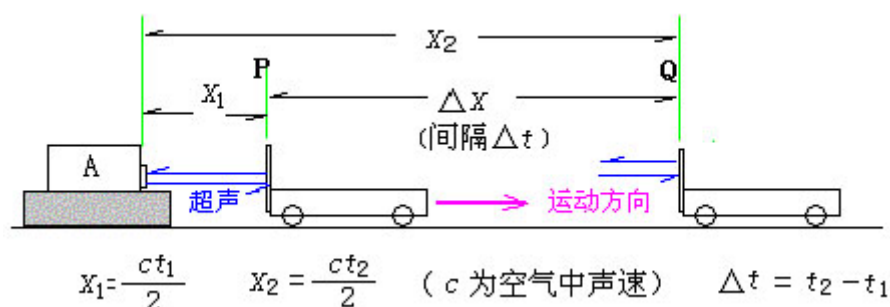
【实验原理及说明】

1. 光电门测加速度原理：光电门是一种可以测量物体瞬时速度的器材，它利用的基本原理是：极短时间内的平均速度大小可以近似认为是该时刻的瞬时速度大小 $v=d/\Delta t$ 。用刻度尺测出 A B 两点间的距离 L 根据



$$v_B^2 - v_A^2 = 2aL \quad \text{得出} \quad a = [(d/\Delta t_1)^2 - (d/\Delta t_2)^2] / 2L。$$

2. 距离传感器测量距离的原理如下：距离传感器既能发射又能接受超声波脉冲，并且是每隔一段相等的时间 Δt 发射一次。当探测的目标较小时，可以安装反射板。超声波脉冲从传感器 A 发出，经过反射又回到 A，数据采集器测出这个超声波脉冲往返所用的时间 t_1 ，依据声速就能计算出超声波脉冲到达目标的时刻此目标与 A 的距离 x_1 ，如此连续进行下去，就在计算机屏幕上显示出运动目标的 $x-t$ 图像，从而再分析 $v-t$ 及 $a-t$ 图像。



本实验发挥空间比较大，实际安装操作时需解决较多细节问题，建议：20 分钟学生演示、互动交流。

第五课时 作用力与反作用力 实时记录 and 对比

【实验器材】

力传感器（2 个）、数据采集器、计算机等。

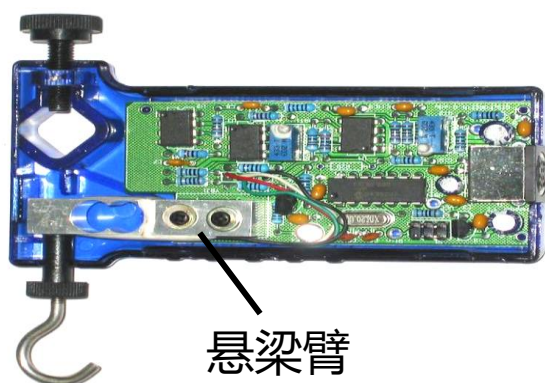


【实验目的】

分别运用有线传感器和无线传感器演示作用力和反作用力的对称关系。

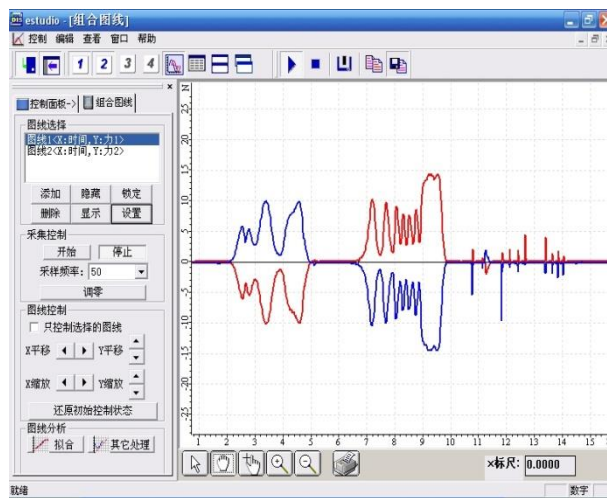
【实验原理及说明】

1. 力传感器工作原理示意图



2. 传感器可以同时演示拉力和推理。静止或运动时。注意确保一条直线，建议用绳套。注意不要超出力传感器的测量范围。

3. 演示效果

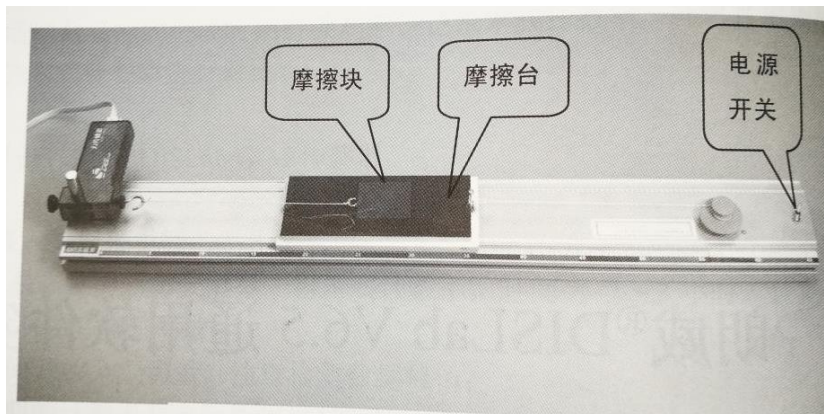


4. 拓展实验 超重和失重并分析

第六课时 最大静摩擦与滑动摩擦 设计与研究

【实验器材】

力传感器、数据采集器、计算机、导轨、摩擦块、摩擦台等。



【实验目的】

1. 通过实验了解一个物体在另一个物体上滑动时,能够影响滑动摩擦力大小的因素。
2. 研究滑动摩擦力与最大静摩擦力的关系。

【实验原理及说明】

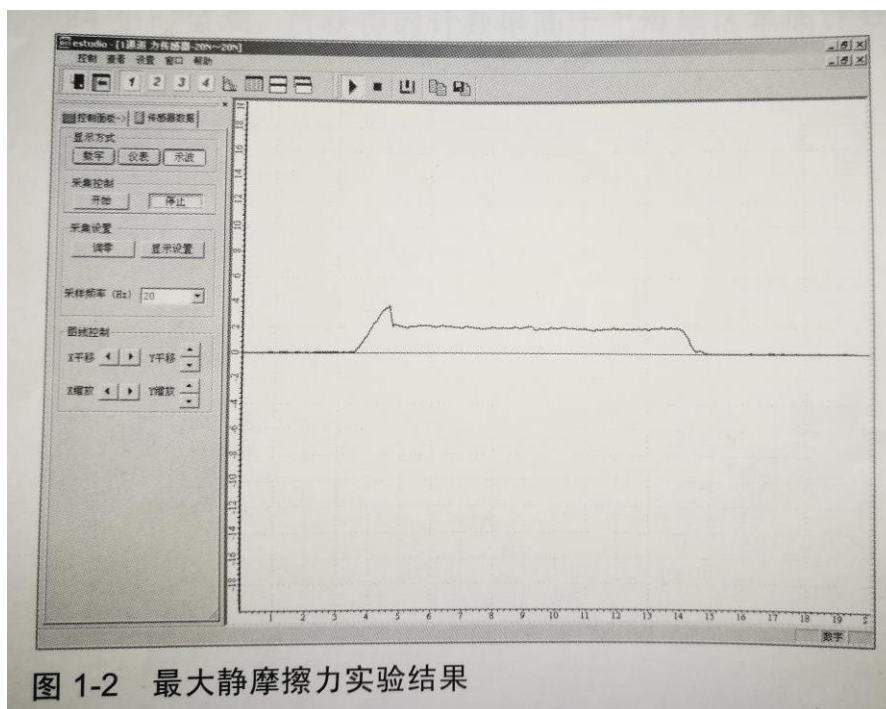


图 1-2 最大静摩擦力实验结果

第七课时 描绘多种电学元件的伏安特性曲线

【实验器材】

小电珠、发光二极管、光敏电阻、热敏电阻、恒温电阻标准电阻等电学元件、数字化实验系统等等。



【实验目的】

1. 熟悉电流传感器和电压传感器。
2. 探究小灯泡的 U - I 关系曲线。
3. 探究小灯泡电阻率随温度升高而变大的特性。

【实验原理及说明】

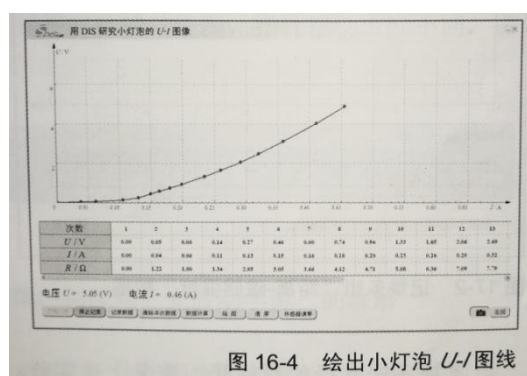
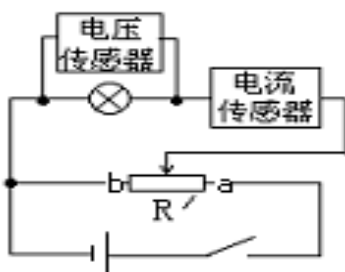
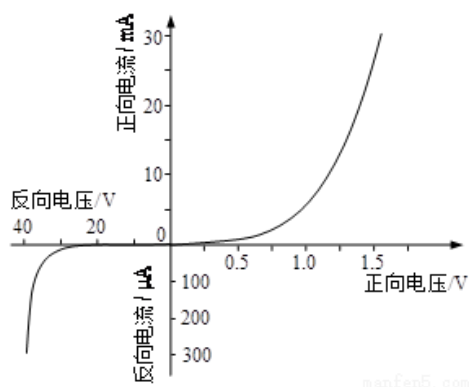


图 16-4 绘出小灯泡 U - I 图线

按图所示组装仪器。将滑动变阻器的滑片置于图中所示的 b 位置，开关处于断开状态，此时小灯泡两端的电压和通过的电流都为 0。单击“开始采集”按钮，“电压”和“电流”数字表窗口中都显示为 0，单击“记录数据”按钮，则表格中第一组 U、I 自动记入“0，0”，同时坐标图中自动描出一个对应的点。滑动变阻器滑片向 a 移动一些，使电压数值变化不要太大（一般小于 0.2V）， “电压”和“电流”数字表窗口中都显示对应此状态的 U、I，单击“记录数据”按钮，则表格中第二组 U、I 自动记入，同时坐标图中自动描出一个对应的点。逐渐增大电压，重复步骤 4 的操作，共测出十几组不同的数据，单击“停止采集”按钮。

利用数字化实验室的设备设计一个二级管的 U-I 关系曲线的实验方案。同学们讨论修订后，按照你的方案探究二级管的 U-I 关系曲线。



第八课时 探究电容器的充放电

【实验器材】

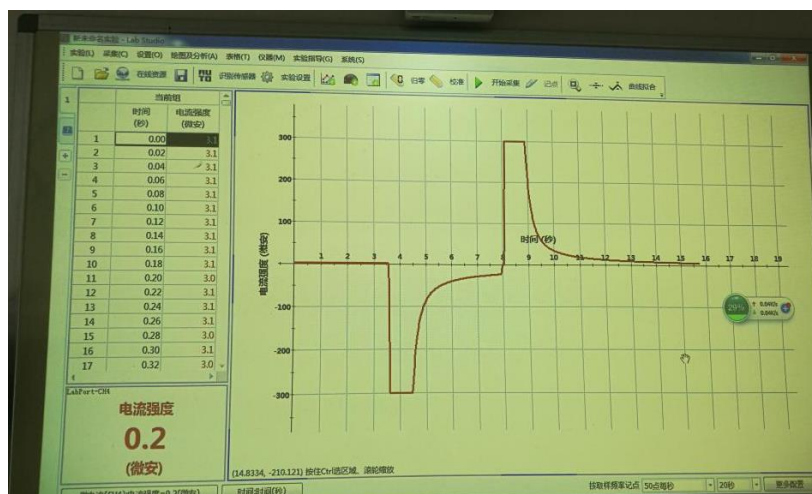
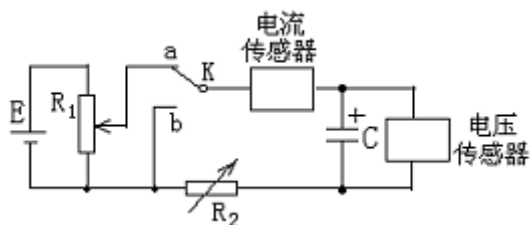
数据采集器、电流传感器、电压传感器、计算机、电容充放电电学实验板等。



【实验目的】

1. 熟悉电流传感器和电压传感器。
2. 探究电容器的充放电的规律。

【实验原理及说明】



电容器的充放电时，电流、电压大小随时间发生变化，用我们高中实验室的电流表、电压表不能研究电容器的充放电的规律。有了电流传感器、电压传感器和计算机后，我们就能很方便的得到电容器在充放电过程电流随时间变化的图像和电压随时间变化的图像。

第九课时 磁感应强度传感器的应用

【实验器材】

数据采集器、磁传感器、电传感器、计算机、螺线圈、电源等。



【实验目的】

用磁感应强度传感器描绘通电螺线管内部及强磁铁外部的磁感应强度，探究通电螺线管内部磁感应强度和电流大小的定量关系。

【实验原理及说明】

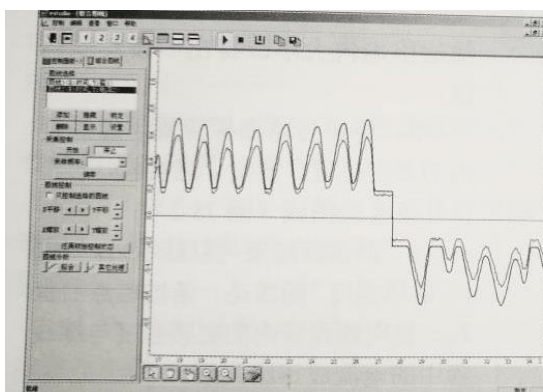


图 79-2 磁感强度与电流同步变化

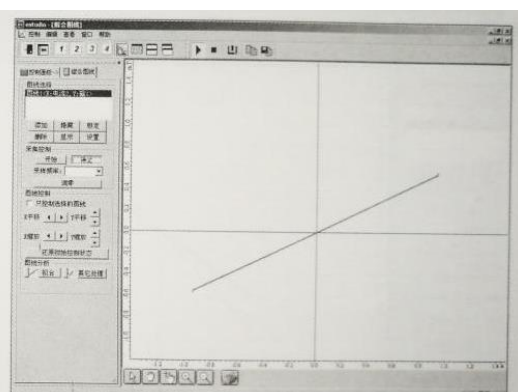


图 79-3 磁感强度与电流关系图线

第十课时 用磁感应强度传感器探究生活中的“磁”

【实验器材】

磁传感器、数据显示模块、各种磁铁等。



【实验目的】

探讨人体与磁，用磁感应强度传感器探究生活中的“磁”。

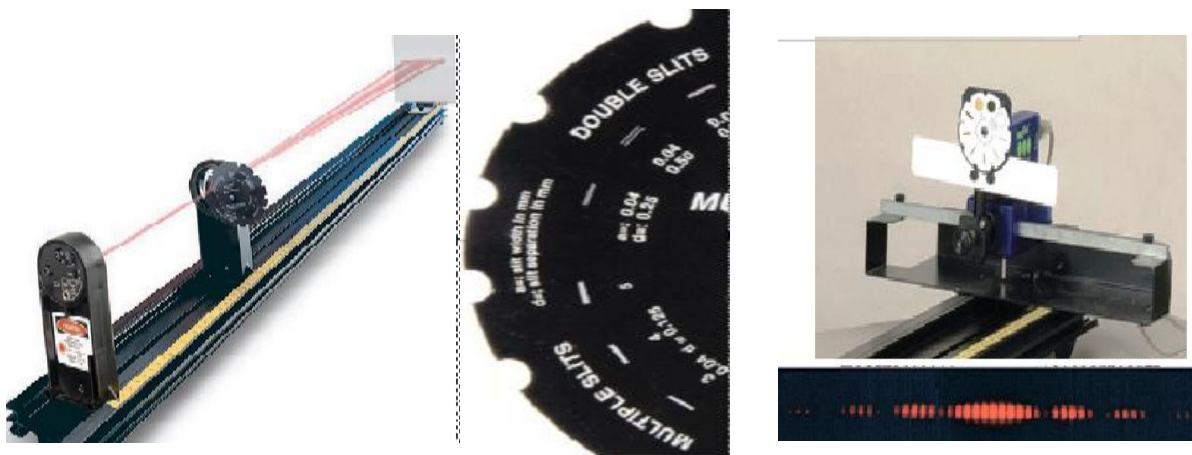
【实验原理及说明】



第十一、十二课时 研究双缝干涉和单缝衍射实验（2 课时）

【实验器材】

光强传感器、转动传感器、光轨、齿条、光缝支架、激光源（650nm）

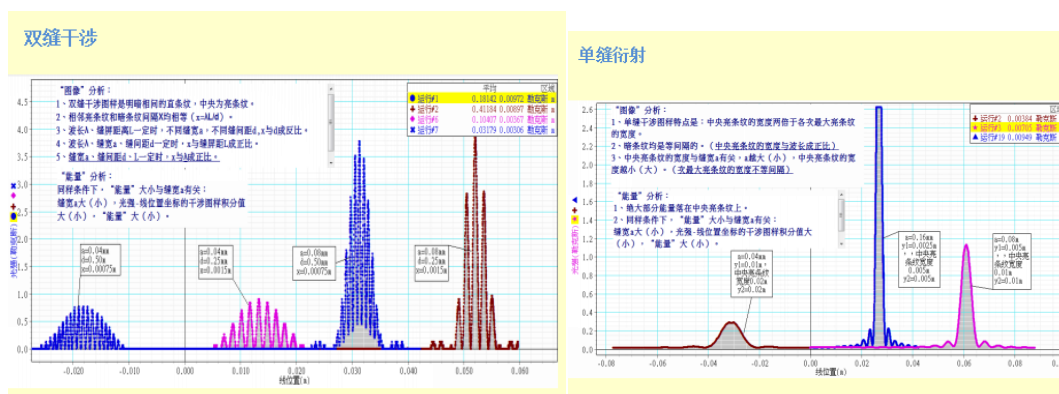


【实验目的】

精准操作光学实验，定量分析和测量，求出光的波长

【实验原理及说明】

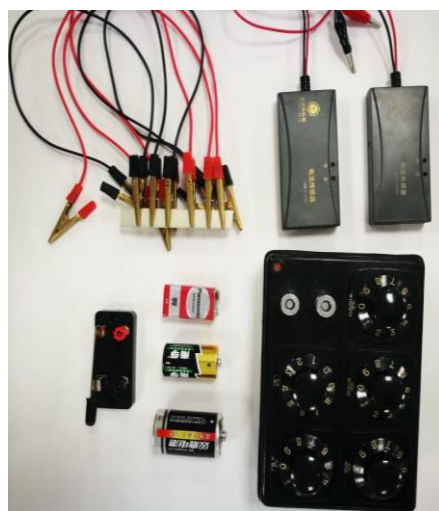
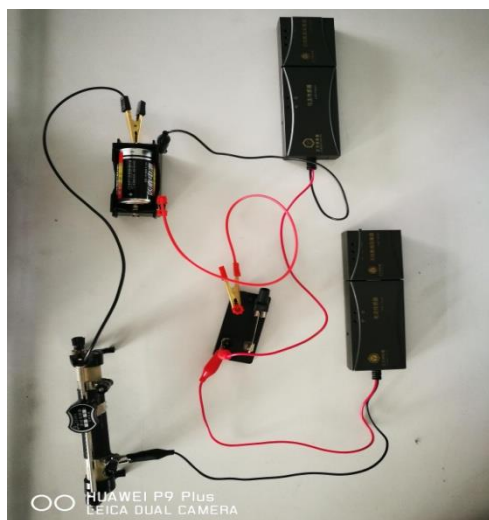
1. 建议四个人分两组，同时做传统实验和数值化实验。建议用美国的 PASCO 数字化实验配套装置效果好。
2. 良好实验效果展示



第十三课时 测量多种电池的电动势和内阻

【实验器材】

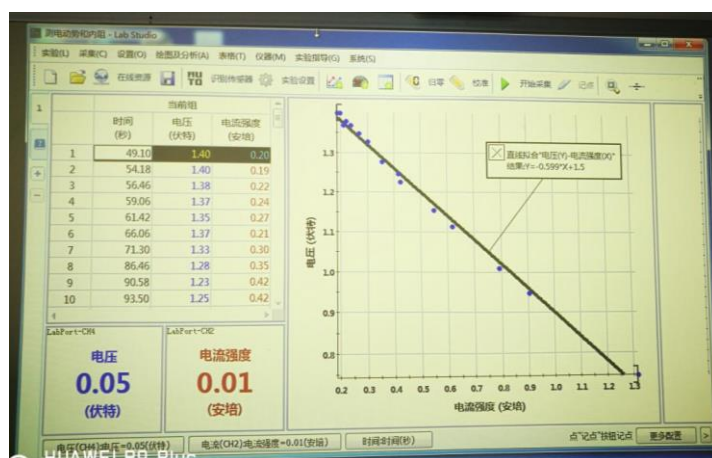
电压传感器 1 个，电路传感器一个，变阻器或电阻箱一个，开关一个，导线若干，待测电源各一个（1.5V, 9.0V）



【实验目的】

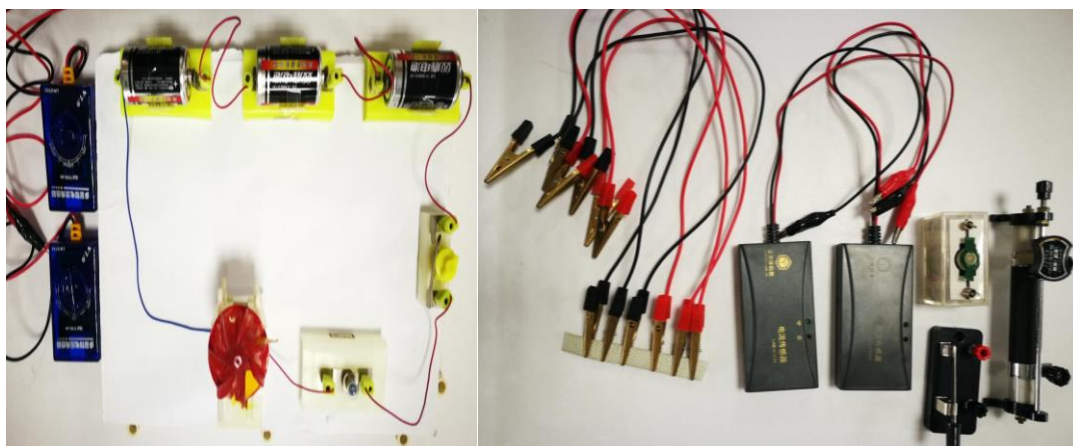
会用伏安法测不同电池的电动势和内阻。

【实验原理及说明】 考虑设计电路、变阻器阻值的选择、误差分析、手动取点、拟合线性函数、不同电池的性能。分享时间 20 到 30 分钟。



第十四课时 自选角度探究电动机电路

【实验器材】



【实验目的】

自主开发式探究电动机电路，深入理解纯电阻与非纯电阻电路。
通过测量说明电动机工作时的能量关系

【实验原理及说明】

是否纯电阻电路就在电动机的动与不动的区别，这点学生难以理解。

当电动机不动时， $I-t$ 图像显示电流明显增加，所以电动机应该避免频繁启动，或者强按不动，延迟电动机的使用寿命，也是一种低碳举措。

通过测量数据说明电动机的能量关系是：电动机输入的电功率=输出的机械功率+内阻热功率。

第十五课时 巧用大量程力传感器测体重

【实验器材】

大量程传感器（5000N），微电流传感器，蓄电池 9V, 导线若干



【实验目的】

读懂大量程传感器（英文版），阅读相关文章，配合微电流传感器搭建电路，设置测量人体体重的装置。

【实验原理及说明】

学会阅读中英文参考资料，提取有效信息，并用于实践，是科研人员的重要素质。难度越大，成就感越强，挑战出精英。

【相关论文】

如何将大量程力传感器与物理数字化实验系统相结合？

——以牛顿第三定律数字化实验为例

陈显盈 温州中学 325000

摘 要：高中物理数字化实验中的力传感器量程一般只有几十牛，而在实际实验中往往需要大量程力传感器。笔者对如何将自选的大量程力传感器与数字化实验系统相结合总结出了一种有效可行的解决方案，并对牛顿第三定律数字化实验进行了实例介绍。

关键词：大量程力传感器 数字化实验 牛顿第三定律

1 发现问题——需大量程力传感器

力传感器在高中物理数字化实验中的应用比较普遍，其中力传感器输出信号可以由数据采集器直接读取并传给计算机及软件进行显示和分析，但是现有配套的力传感器量程较小，一般只有几十牛。实际上，数字化力学实验往往会碰到上百牛、上千牛的力，本文以牛顿第三定律数字化实验为例进行分析。

如图 1 所示，现有牛顿第三定律数字化实验只能让一个同学轻拉，正是由于受力传感器量程的限制。另外，在牛顿第三定律的教学中我们常对拔河比赛时赢方对输方的拉力是否大于输方对赢方的拉力、马拉车的力是否大于车拉马的力等问题只进行理论分析，缺少实验研究。如图 2 所示，若用现有力传感器让多个同学相互拉往往会超出其量程，需要另外选用市场上的大量程力传感器（如磅秤中的力传感器，量程有上百牛到上万牛不等）。若将该大量程力传感器直接与数据采集器连接是否就可行了呢？两者参数匹配是否匹配

呢？于是，笔者该问题进行了理论分析和实践研究。



图 1. 现有牛顿第三定律数字化实验

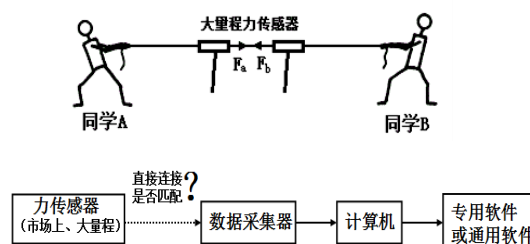


图 2. 改进的牛顿第三定律数字化实验

2 分析问题——参数如何匹配问题

如图 3 所示，力传感器是能够感测各种动态、静态力的大小并转换为电信号的器件，一般是以电压信号输出。可以得知：该力传感器输出电压 U_o 与力传感器供电电压 U_i 、所受拉力大小 F 成正比，其计算公式为输出电压 $U_o = KU_i F / F_m$ ，其中 K 为拉力满载时输出电压 U_o 随供电电压 U_i 变化的灵敏度， F_m 为满载拉力值。将该传感器与数字化实验系统相结合需要考虑以下几个问题：

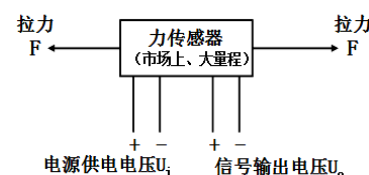


图 3. 力传感器的基本原理示意

2.1 供电电压是否匹配问题？

原配套的力传感器供电电压和输出信号都由一个 USB 接口与数据采集器连接。为了解决供电电压是否与数据采集器提供电压匹配的问题，自备的大量程力传感器供电电压可以由数据采集器提供，而是由外接蓄电池或学生电源提供。

2.2 输出信号如何识别问题？

力传感器输出信号一般是电压信号，直接接到数据采集器不一定能识别而且参数不一定匹配。为了保险起见，可以用原配套的电压或电流传感器、微电压或微电流传感器对力传感器的电压输出信号进行识别。

2.3 电压输出信号参数是否匹配问题？

力传感器输出信号参数大小如何调节，一般有以下几种方法：1. 调节供电电压。根据公式 $U_o = KU_i F / F_m$ 可知，可以改变供电电压 U_i ，从而调节输出电压 U_o 的大小。由于供电电压 U_i 调节范围有限，一般改变 1-3 倍左右。2. 选用相匹配的电压或微电压传感器。对于电压输出信号参数一般是 V 或 mV 数量级，如果是 V 数量级一般用电压传感器；如果是 mV 数量级一般用微电压传感器。3. 选用信号放大器。如果输出信号参数只有 mV 数量级，可以选用一个信号放大器（厂家一般有匹配的放大器）将电压放大到 V 数量级再用电压传感器测量即可。4. 转化为电流信号。可以将电压信号转化为电流信号，再用电流传感器或微电流传感器来测量其大小。若已知力传感器输出内阻 R_L 、电流传感器或微电流传感器的内阻 R_A 和外接串联电阻 R ，则可得所测电流 $I = U_o / (R_L + R_A + R)$ ，所以可通过改变外接串联电阻 R 来调节电流的大小。

2.4 电压或电流信号如何转化为力的大小显示值问题？

由于计算机显示值为力传感器的输出电压 U_o 或电流 I 的值，并不是所受拉力的大小 F ，如何将电压或电流值转化为力的大小呢？根据 $U_o = KU_i F / F_m$ 、 $U_o = I / (R_L + R_A + R)$ 可得 $F = U_o F_m / KU_i = I (R_L + R_A + R) F_m / KU_i$ ，其中 U_o 或 I 由计算机显示，其他量都是已知常量。再通过数字化系统“通用软件”中的“自定义变量”或“自定义公式”功能中输入该公式即可得到“变量 F ”（像朗威、友高等知名品牌的“通用软件”都有该功能）。

3 解决问题——确定方案及关系式

如图 4 所示，综合分析可得到一种将大量程力传感器与数字化实验系统相结合的解决方

案:大量程力传感器供电电压由外接蓄电池或学生电源提供;用原配套的电压或电流传感器、微电压或微电流传感器对力传感器的电压输出信号进行识别;可以通过调节供电电压、选用相匹配的电压或微电压传感器、增加信号放大器或转化为电流信号等方法来调节力传感器输出信号参数大小从而与数字化实验系统相匹配;通过数字化系统的“自定义变量”功能输入该关系式便可得到“变量F”,从而可以显示F的大小,又可以通过“图像”功能设置动态显示F-t图像。

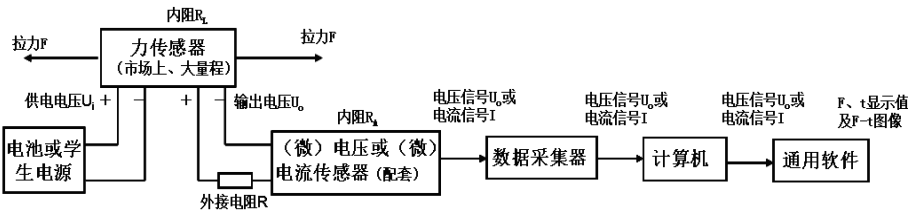


图 4. 解决方案原理示意图


该方案的实施需要得到 F 与 U_o 或 I 的关系式，具体有理论计算和实验测算两种方法：
方法一：当用电压或微电压传感器时： $F=U_oF_m/KU_i$ ，其中 U_o 由计算机显示， F_m 、 K 、 U_i 都是已知量，可以通过力传感器的性能说明书查得。当用电压或微电压传感器时： $F=I(R_L+R_A+R)F_m/KU_i$ ，其中 I 由计算机显示，其他值都是已知量， F_m 、 K 、 U_i 、 R_L 可以通过力传感器的性能说明书查得， R_A 通过电流或微电流传感器的性能说明书查得， R 是外接串联电阻。方法二：可采用实验方法测算出 F 与 U 或 I 的关系式。连接好线路好后挂一个已知重量为 G 的重物，测得此时的电压为 U_0 或电流为 I_0 。已知 $F \propto U$ 或 $F \propto I$ ，则可得 $F=GU/U_0$ 或 $F=GI/I_0$ ，其中 G 、 U_0 及 I_0 都是已知量。

4 应用实例——器材选择、实验过程和结果

笔者以一种 S 型大量程拉力传感器演示牛顿第三定律实验为例进行实例说明。

4.1 器材选择

表 1. 选用器材及相关性能

选用仪器	实物图	性能名称(符号)	性能说明
力传感器		满载拉力值 F_m	约 5000N
		供电电压 U_i	直流稳压 5~15V
		满载灵敏度 K	2mV/V
		输出内阻 R_L	350 Ω
		输出电压 U_o	$U_o=KU_iF/F_m$
蓄电池		电源电动势 E	9V
微电流传感器		输出内阻 R_A	1K Ω
		有效量程 I_A	-1 $\mu A \sim 1 \mu A$ 或 -10 $\mu A \sim 10 \mu A$

(1) 大量程力传感器。现在市场上有一种 S 型大量程拉力传感器^[1]，其量程在 500N 到 30000N 不等。笔者选用了量程为 5000N 的 S 型拉力传感器，其实物图及相关性能如表 1 所示。(2) 蓄电池。由于力传感器的供电电压要求是直流稳压 5~15V 范围，所以笔者选用 9V 蓄电池进行供电，可得输出电压 $U_o=KU_iF/F_m=18F/5000mV$ ；满载时输出电压 $U_{om}=18mV$ 。此时显然不能直接用电压或电流传感器，可以选用与之配套的信号放大器，也可以直接用微电压或微电流传感器。(3) 微电流传感器。笔者选用内阻 $R_A=1K \Omega$ 的微电流传感器，其有效

量程有 $-1\mu\text{A}\sim 1\mu\text{A}$ 或 $-10\mu\text{A}\sim 10\mu\text{A}$ 两档。为了电路简单，没有外接串联电阻（即 $R=0$ ）。此时， $F=I(R_L+R_A+R)F_m/KU_i=375I$ ，其中 I 以为 μA 单位， F 以 N 单位。当选择 $-10\mu\text{A}\sim 10\mu\text{A}$ 档位时，其拉力不能超过 3750N ；若要其拉力可在 3750N 到满量程 5000N 之间，需减小供电电压 U_i 或增加外接串联电阻 R 。

4.2 实验过程及结果

（1）准备好实验器材（其中力传感器和微电流传感器各两个），安装好数字化实验软件，根据实验原理图连接器材。（2）接通电源并打开数字化实验通用软件界面。（3）设置软件参数。传感器：微电流传感器每秒采集2次；自定义变量：自定义变量 $F_a=375I_1$ ，同理自定义变量 $F_b=-375I_2$ ；图像：设置 F_a-t 、 F_b-t 图像；传感器调零设置。（4）开始采集：开始做实验，传感器开始测量并记录数据在表格中，并动态显示 F_a-t 、 F_b-t 图像。（5）停止采集，分析数据及图像（如图5所示）。（6）结束实验，整理器材。

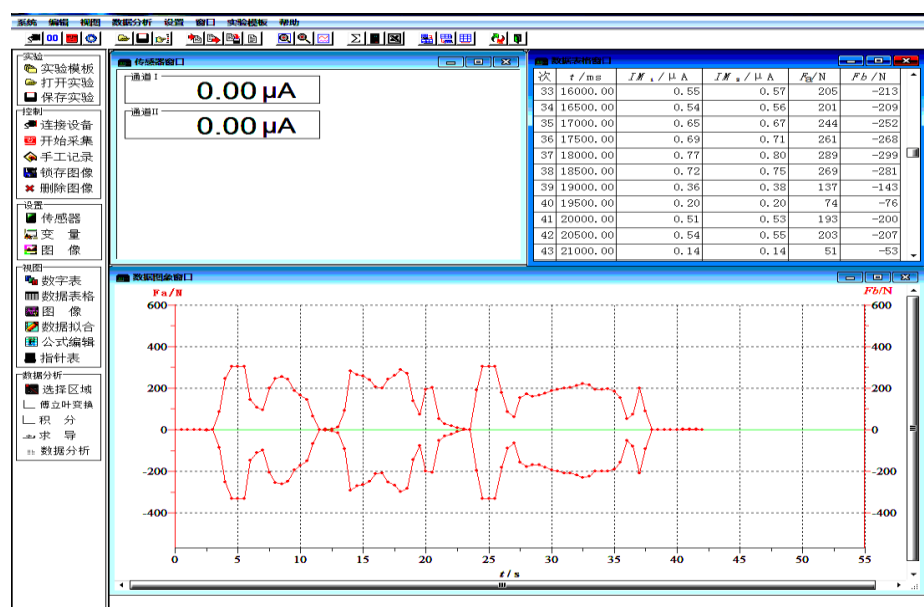


图 5. 大量程力传感器演示牛顿第三定律实验结果

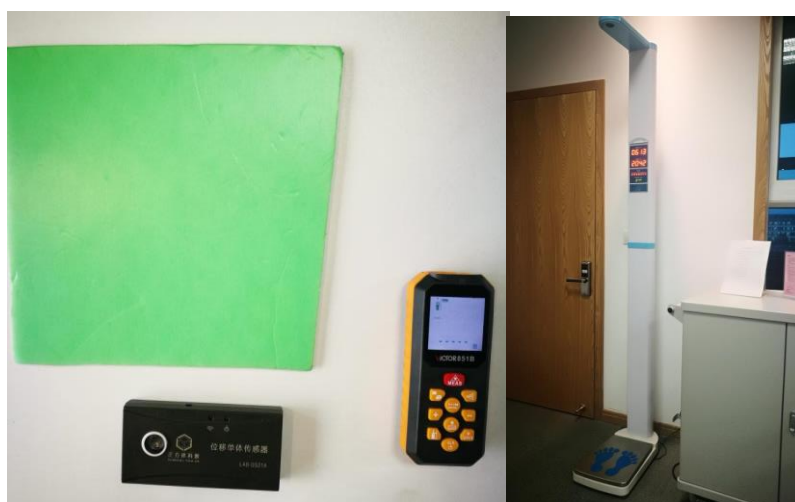
5 总结——优点、应用范围

总之，将大量程力传感器与物理数字化实验系统相结合，可以实现显示 F 的大小及动态显示 $F-t$ 图像功能，有效解决了现有力传感器量程不足的问题，可以将该大量程力传感器应用到各相应的物理数字化实验中，如牛顿第三定律实验、研究超重和失重实验、研究摩擦力实验等一些需要大量程力传感器的研究实验。另外，该大量程传感器也可以应用到课外大型的探究实验中，如拔河绳受力分析实验、大力士或马拉车实验、荡秋千实验等；还可以当电子秤应用到实际生活中，如可以对拔河比赛队员的称重等。

第十六课时 巧用单体式位移传感器测身高测顶高

【实验器材】

单体式位移传感器、轻遮光板 1 个（20cm*20cm），便携式测距产品，升高测量仪



【实验目的】

用单体式位移传感器设置实验装置，快速准确测量每一位同学的身高

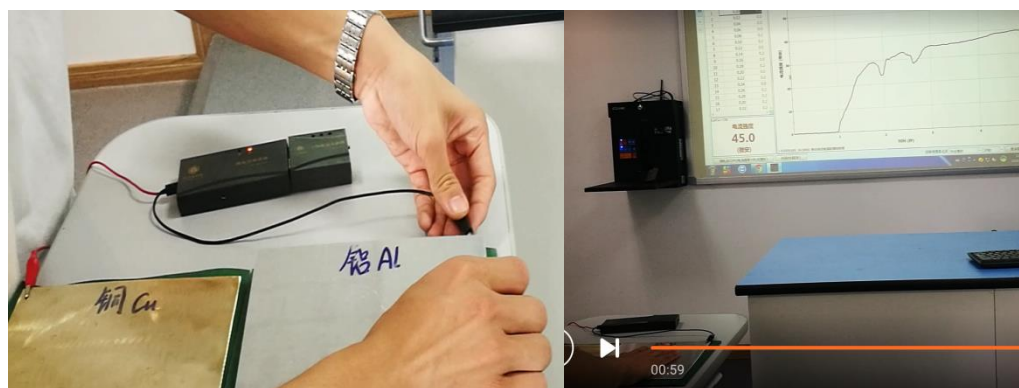
【实验原理及说明】

通过体验对比，知道市场上的传感产品源于实验仪器，同时知道从实验室的传感器到进入市场应用的传感产品要考虑哪些因素，要做什么工作，比如精确度，便捷性，体验感。增强在校生的学习动力和市场意识。

第十七课时 利用地磁场发电，利用人体发电

【实验器材】

微电流传感器，软粗导线（长度 2 米）共三根，铜板铝板各一个（20cm*20cm. 厚度 1mm）配绝缘橡胶垫



【实验目的】

感受人体的物理，地球的物理

【实验原理及说明】

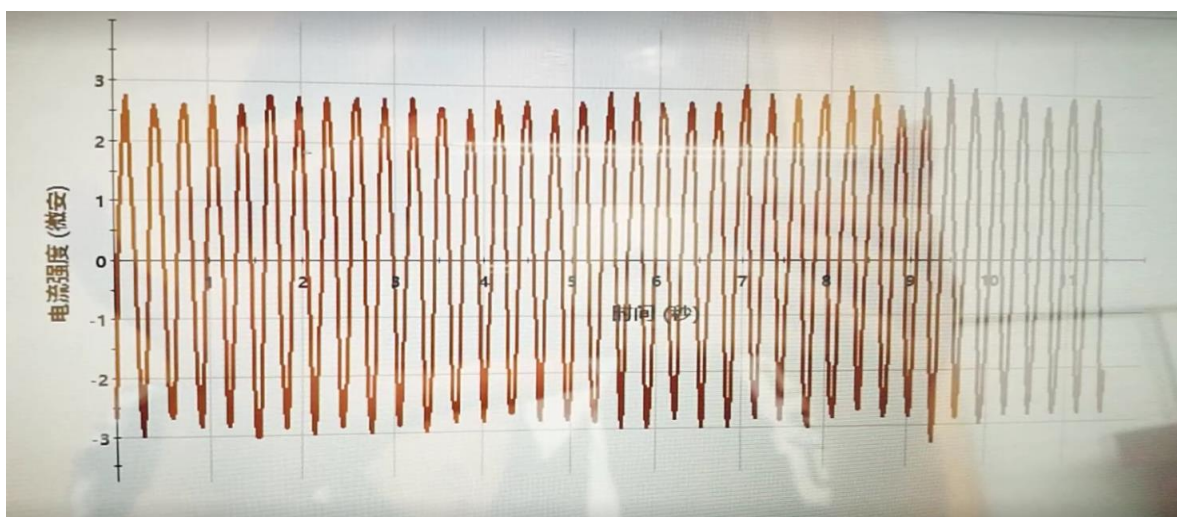
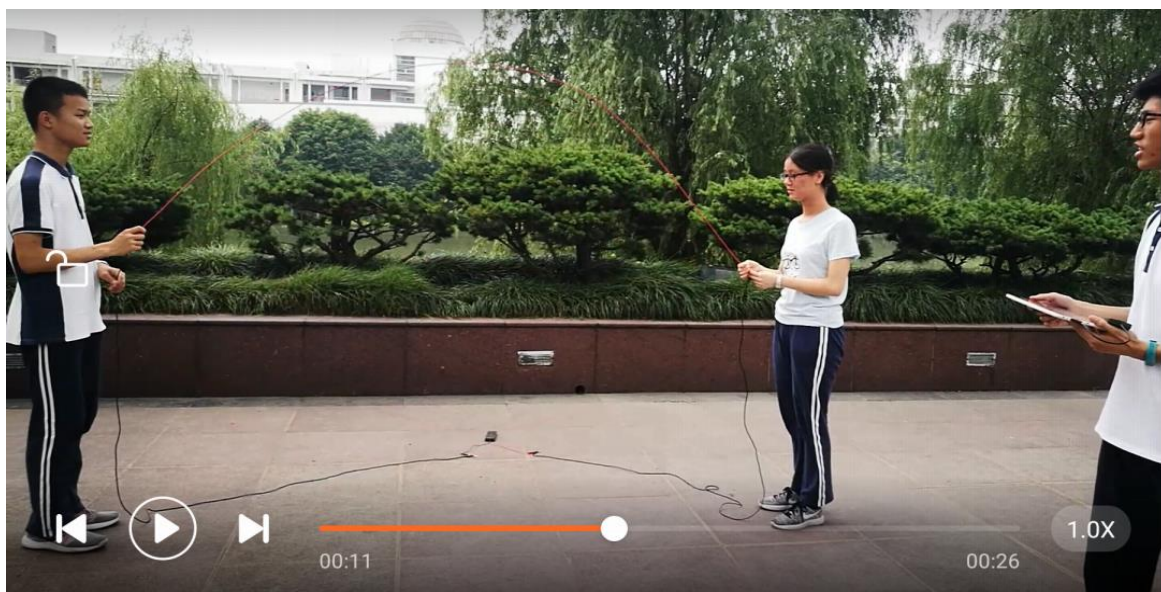
微电流传感器的出场，放大微小量，大大降低了探索的难度。

人体发电的原理是原电池。只要人体搭建两种活泼程度不同的金属，就构成电源。人体相当于电解质，所以接触部位保持一定湿度效果好

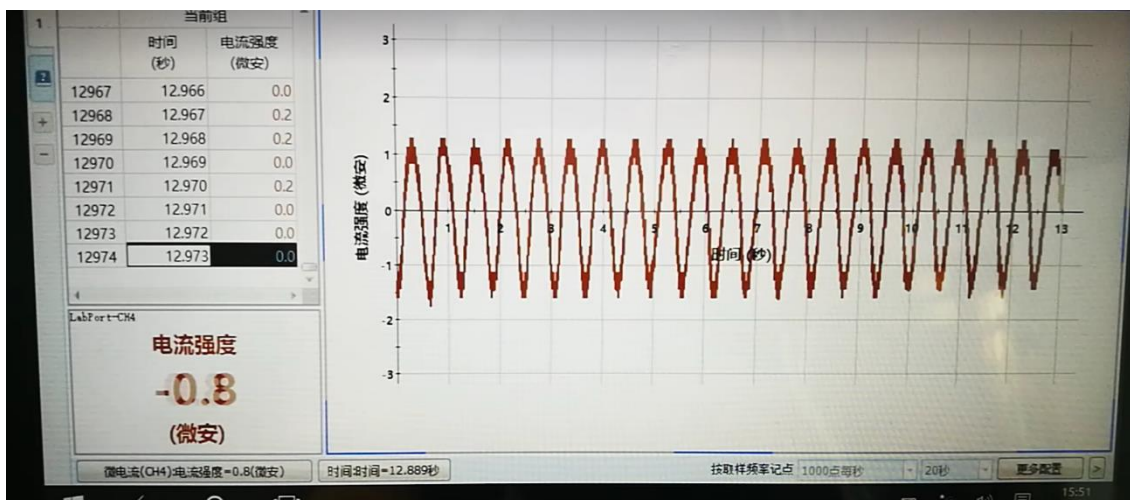
思考：不同的人产生的微电流不同，能反应人体的某些特点？

户外实验有一种特别的魅力。开阔的场地？新鲜的空气？实地的挑战？都有吧！

控制摇动的频率要等待靠机器手的出现。原以为东西站位摇绳发电会比南北站位发电大的多，结果是只多一点，不超过 1 微安，出乎大家的意料，有多种可能，还没找到最合理的解释。



快速摇动金属绳



慢速摇动金属绳

第十八课时 实际操作加设想微电流传感器的多种用途

【实验器材】

微电流传感器及配套数字化系统，自主携带实物和分享资料

【实验目的】

发学生兴趣、联系生活实际，培养创新应用能力，并学会鱼骨思维
维导

【实验原理及说明】

1. 鱼骨思维导图由“干”和“支”两部分组成，层次分明。

“干”由鱼头、主骨和鱼尾组成，鱼头代表传感器、鱼主骨代表相应配套的实验器材、鱼尾骨代表 DIS 软件（包括计算机）。“干”体现了 DIS 实验是由传感器通过实验装置采集信息，传至计算机进行信息处理与加工。

“支”由各鱼刺骨组成，每一条鱼刺骨分别代表了一个创新实验，而每个创新实验都是在 DIS 信息技术与传统实验的整合基础上开发出来的。

2. 举例。设想。探讨。自创。课程考核的重要部分。

