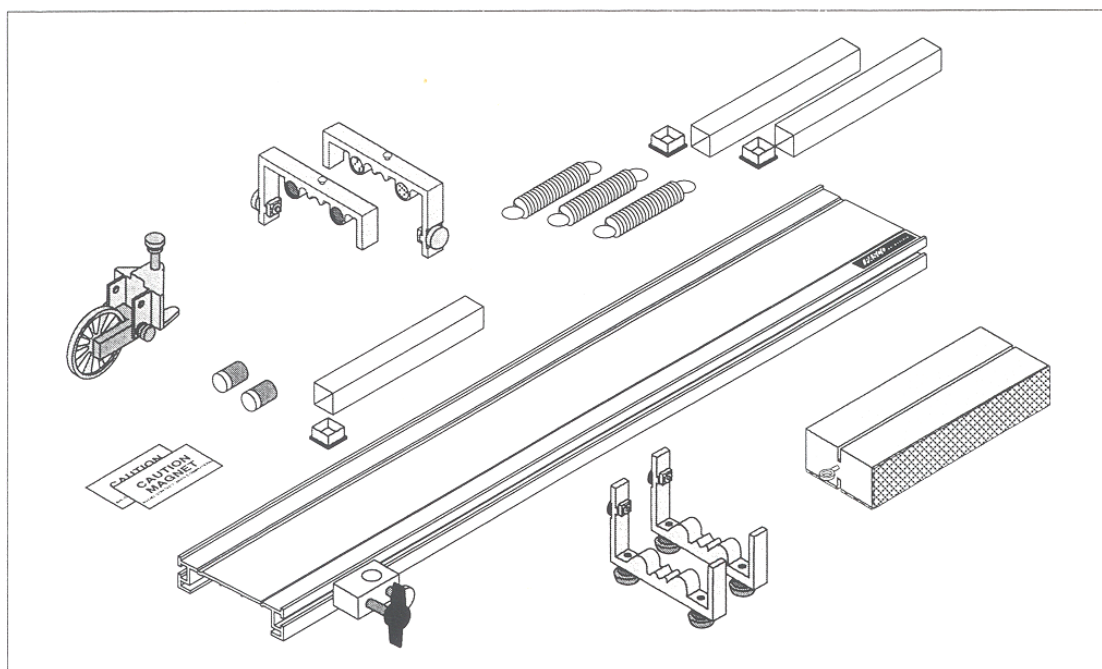


PASCO 物理组合实验系列

动力学组合实验

朱良铨 白志刚 编译



上海交通大学物理实验中心

目 录

实验 3	简谐振子.....	3
实验 4	斜面上的振动.....	6
实验 5	弹簧的串、并联.....	8
实验 8	简谐振动——小车与弹簧系统.....	9
实验 9	能量守恒.....	10

实验3 简谐振子

实验设备

带质量块的力学小车 (M E-9430)	力学小车轨道
2 根弹簧	支架轻滑轮
砝码架和砝码	停表
细线	天平 (S E-8723)

实验目的

测量一个弹簧和质量系统的振动周期，并与理论值比较。

实验原理

理论上弹簧振子的振动周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ，式中 T 为一个完整的往复运动时间， m 为振子的质量， k 为弹性系数。

根据虎克定律，对弹簧的作用力与弹簧压缩或伸长的距离成正比， $F=kx$ ，这里 k 是弹性系数。因此弹性系数可以用实验来确定，即加不同的力使弹簧伸长不同的距离，然后绘制力与距离的关系曲线，得到的直线的斜率等于 k 。

实验步骤

I 计算理论上周期的测量

- ① 用天平称出小车的质量，填入表 3.1 表端。
- ② 用静止放在轨道上的小车看它如何滚动来调轨道水平。调节轨道端部水平调节脚的升降，直到静止放置的小车不会在轨道上滚动为止。将带有桌式夹座的轻滑轮安装在轨道一端。
- ③ 将小车放在轨道上，在小车两端各装一个弹簧，弹簧的一端插在小车的小孔内，另一端装在轨道端部止动架上（见图 3.1）

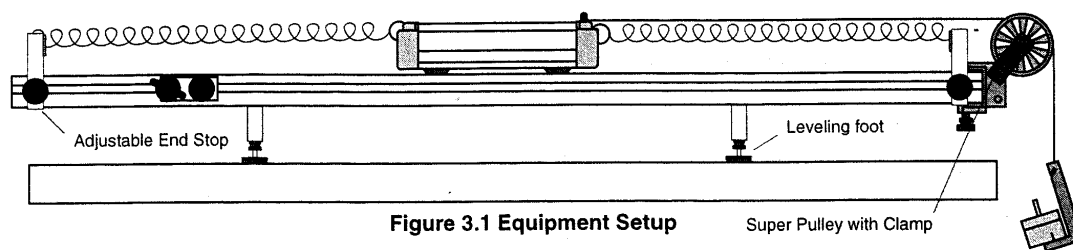


图 3.1

- ④ 缚一根细线在小车的端部，并绕过滑轮挂一砝码架如图。
- ⑤ 在表 3.1 中记下平衡位置。

- ⑥ 增加砝码架上砝码，记下新的位置。对 5 次不同的砝码量重复做这项工作。小心不可超过弹簧的弹性限度。由于有两根弹簧作用在质量上，这种方法给出的是两根弹簧的总弹性系数。

表 3.1

小车质量 = _____ 平衡位置 = _____

增加的质量	位置	相对平衡位置的位移	作用力 (mg)

II 实验周期的测量

- ⑦ 将小车从平衡位置移开一个特定的距离，测量振动 5 次的时间，并记在表 3.2 中。
 ⑧ 对同一初位移（振幅），至少重复 5 次测量。
 ⑨ 在小车上增加 500 g 质量，测量 5 次 5 个振动的时间。将这些数据记录在表 3.2 中。

表 3.2

实验次数	振动 5 次的时间	周期
1		没有附加质量
2		
3		
4		
5		
平均值		
1		带有附加质量
2		
3		
4		
5		
平均值		

数据处理

I 理论的周期

- ① 利用表 3.1 的数据绘制力与位移的关系曲线，通过实验数据点画出最适当的直线，并求出直线的斜率，该斜率等于实际的弹性系数 k 。

$k =$ _____。

- ② 利用小车的质量和弹性系数，用理论计算式计算出周期。再计算对装有 500 克质量块的小车系统的理论周期。

只有小车时 $T = \underline{\hspace{2cm}}$

小车上加质量时 $T = \underline{\hspace{2cm}}$

II 实测的周期

- ① 利用表 3.2 的数据，计算在小车内装和没装 500 克质量块时，振动 5 次的平均时间。
② 用 5 来除这些时间得到周期，并填入表 3.2 中。
③ 比较以上结果，计算实测值和理论计算周期值的百分误差。

只有小车时 $E = \underline{\hspace{2cm}}$

装有质量块时 $E = \underline{\hspace{2cm}}$

问题：

- ① 当质量增加时，振动的周期是增加还是减少？较重的小车振动是较快，还是较慢？
② 如果对平衡位置的初位移（振幅）发生变化，其振动周期改变吗？试一下。

实验 4 斜面上的振动

实验设备

带质量块的力学小车 (M E-9430)

弹簧

底座及支杆 (M E-9355)

天平 (S E-8723)

附止动端架和旋轴架的力学小车轨道

砝码及吊架 (M E-9348)

停表

实验目的

测量在不同倾角斜面上的弹簧和质量系统的振动周期，并将它与理论值比较。

实验原理

弹簧振子振动周期的理论值计算式为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ，式中 T 是一个完整的往复运动所需的时间， m 是振子质量， k 是弹性系数。

根据虎克定律 $F=kx$ 。因此测量作用力 F 与弹簧变形量 x 的对应关系，便可作图求得直线的斜率 k 。

实验步骤

I 计算理论上周期的测量

- ① 用天平称出小车的质量，将它记录在表 4.1 端部。
- ② 将小车放在轨道上，在小车一端的专用小孔上挂一弹簧，弹簧的另一端挂在轨道的端部档架上（如图 4.1）。
- ③ 升高挂有弹簧的轨道尾端，使轨道倾斜，由于弹簧被拉伸，注意轨道倾角不能太大，使弹簧的伸长不要大于轨道长度的一半，测量这个倾角并记入表 4.1 上方。
- ④ 记录平衡位置在表 4.1 中。
- ⑤ 在小车上加一质量块并记录新的位置。用 5 个不同的总质量重复上述实验。注意决不能超过弹簧的弹性限度。

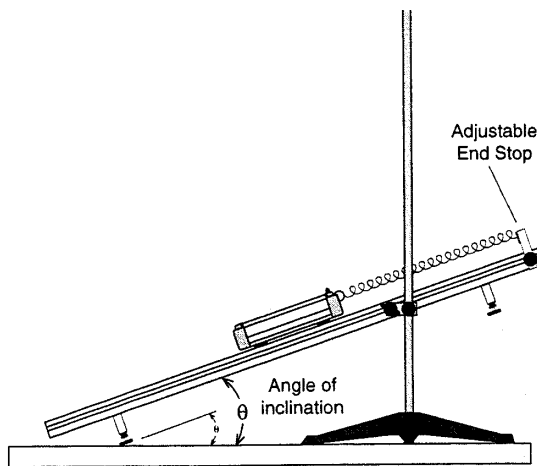


图 4.1

II 测量实验周期

- ⑥ 将小车从平衡位置移开一特定的距离让它运动。测量振动 3 次的时间并记在表 4.2 中。

⑦ 用相同的初位移（振幅），至少 5 次重复这一实验。

⑧ 改变斜面的倾角，重复步骤⑥和⑦。

表 4.1

小车质量 = _____ 平衡位置 = _____ 倾角 = _____

附加质量	位置	离平衡点的位移	力 ($mg \cdot \sin\theta$)

表 4.2

振动 3 次的时间

角度	次数 1	2	3	4	5	平均	周期

数据处理

I 理论的周期

① 利用表 4.1 的数据，计算由小车上附加质量所引起的力 $F = mg \sin\theta$ ， θ 角为斜面的倾角。绘制力与位移的关系曲线。通过实验数据点画出最合适的直线，并求出斜率。该斜率等于等效的弹性系数 k 。

$$k = \underline{\hspace{2cm}}$$

② 利用小车的质量和弹性系数，计算由理论公式算出的周期。

$$T = \underline{\hspace{2cm}}$$

II 实测的周期

③ 利用表 4.2 的数据，计算振动 3 次的平均时间。

④ 将这些时间除 3，计算出周期，并记入表 4.2。

问题

① 改变倾角时，周期变化吗？

② 实测值与理论计算值比较如何？

③ 倾角改变时，平衡位置变化吗？

④ 如果倾角是 90° ，周期该是多少？

实验 5 弹簧的串、并联

实验设备

带质量块的力学小车 (ME-9430)

底座和支杆 (ME-9355)

带停止端的力学小车轨道

天平

2 根弹簧

计时表

实验目的

测量弹簧串、并联时的振动周期，并和单个弹簧的振动周期比较。

实验原理

弹簧振子理论上的振动周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ，如果测得振动的周期，则弹性系数

$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ 。当两个弹簧串联或并联时，其弹性系数将发生变化。一种情况下，将增加另两

倍，即 $k_{\text{等效}} = k + k = 2k$ ；另一种情况下为 $\frac{1}{k_{\text{等效}}} = \frac{1}{k} + \frac{1}{k} = \frac{2}{k}$ ，即 $k_{\text{等效}} = \frac{1}{2}k$ 。

实验步骤

I 测量单个弹簧的 k

- ① 用天平称出小车的质量，将数值记在表 5.1 的上部。
- ② 小车放在轨道上，在小车一端的小孔上挂上弹簧，再将弹簧的另一端挂在轨道的端部，如图 5.1。

注意：本实验应拿掉水平调节脚。

- ③ 抬起挂有弹簧的轨道一端，使轨道倾斜，弹簧将被拉长。注意使轨道的倾角较小，弹簧的伸长不可大于轨长的一半。
- ④ 将小车从平衡位置移开一个特点的距离后，让它运动。记录振动 2 次的时间在表 5.1 中。用相同的初位移（振幅），至少 5 次重复这一测量。

II 测量一对弹簧的等效 k

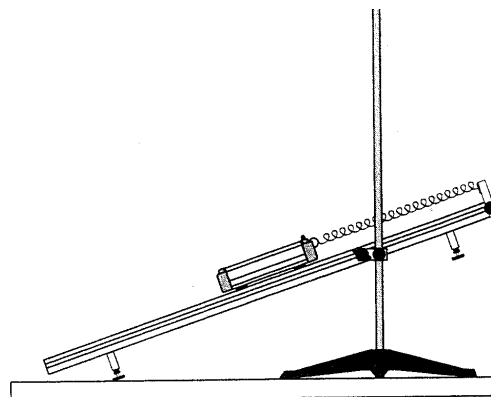


图 5.1

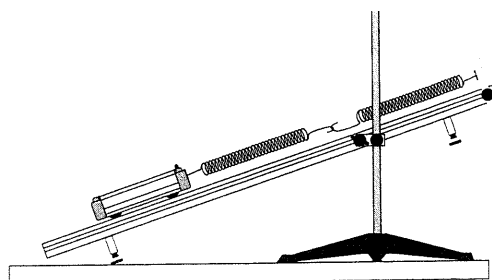


图 5.2

⑤加上串联第 2 个弹簧，如图 5.2 所示。并重复步骤④。

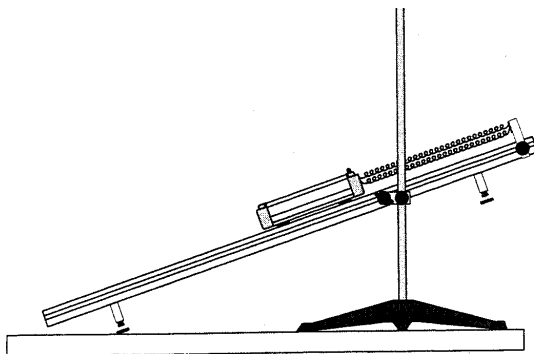


图 5.3

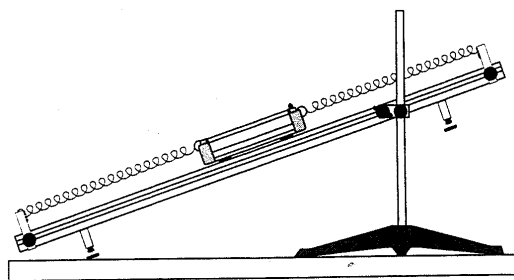


图 5.4

⑥如图 5.3，并联两个弹簧，重复步骤④。

⑦按图 5.4 装配弹簧，并重复步骤④。

数据处理

- ① 利用表 5.1 的数据，计算振动 2 次的平均时间。
- ② 用 2 除以这个时间，计算周期，并记入表 5.1 中。
- ③ 利用周期和小车的质量，计算等效弹性系数。

表 5.1

振动 2 次的时间

小车质量 = _____

弹簧	次数 1	2	3	4	5	平均	周期	K
一个								
串联								
并联								
最后								

问题

- ① 是串联时，还是并联时 $k_{\text{等数}} = 2k$?
- ② 是串联时，还是并联时 $k_{\text{等数}} = \frac{1}{2}k$?
- ③ 最后一种安装弹簧方式，是串联还是并联?

实验 8 简谐振动——小车与弹簧系统

实验设备

科学工作站 TM700 接口	转动位移传感器 RMS (CI-6538)
IDS 安装配件 (CI-6692)	力传感器 (CI-6537)
力学轨道 (ME-9435A)	力学小车 (ME-9430)
带缓冲器的附属支架 (CI-6545)	可调停止终端
2 根弹簧	细线

实验目的

实验的目的是研究作振动的小车的位移、速度和加速度与弹性力的关系。

实验步骤

1. 按图 8.1 将力传感器和 RMS 安装在力学轨道上。用一根细线缚在力传感器的挂钩上，将线绕过 RMS 的滑轮后再把线的另一头缚在弹簧上。
2. 将弹簧挂在一辆力学小车的端部，在小车的另一端挂上第二根弹簧，第二根弹簧的另一端固定在可调停止终端上。
3. 设置科学工作站绘制位移、速度、加速度和力的函数。RMS 的分辩率设置为 360 分度/转。
4. 在小车处于它的平衡位置时开始记录。然后推动小车并让它运动。

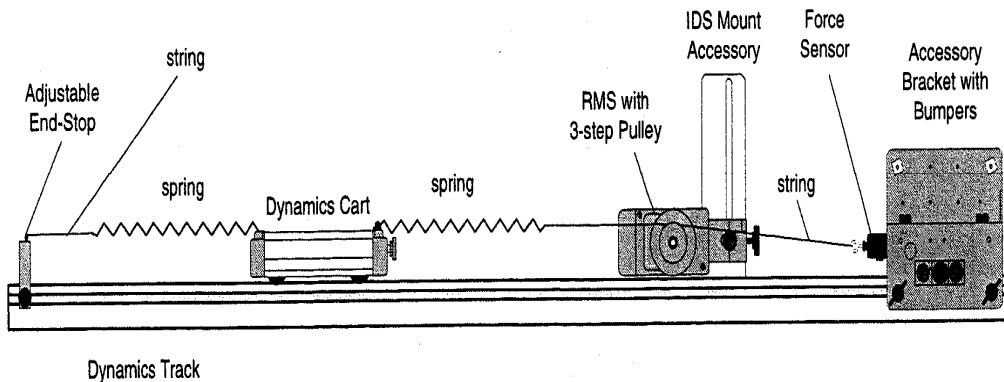


图 8.1

实验 9 能量守恒

实验设备

带质量块的力学小车 (ME-9430)	天平
计算机	力学小车轨道
底座及支杆 (ME-9355)	米尺
细线	力学传感器 (CI-6537)
转动位移传感器 RMS (CI-6538)	科学工作站 TM700 接口
IDS 装配附件 (CI-6692)	

实验目的

通过实验观察弹性势能和重力势能，并显示怎样的能量是守恒的。

实验原理

一个从平衡状态被压缩距离 x 的弹簧具有势能 $P_E = \frac{1}{2} kx^2$ ，这里 k 是弹性系数。根据虎克定律，弹簧的力与弹簧被压缩或拉伸的距离成正比， $F=kx$ ，此处 k 即弹性系数。因此弹性系数可以用实验决定，即用不同的力拉或压弹簧产生不同的距离，绘出力与距离的函数关系图，得到直线的斜率，等于 k 。

小车沿斜面升高而增加的重力势能 $P_E = mgh$ ，这里 m 是小车的质量， g 是重力加速度， h 是小车升高的垂直高度。如以沿斜面的 d 来表示，则高 $h = d \sin \theta$ 。

如果能量守恒，被压缩的弹簧的弹性势能将全部转变为重力势能。

设置 Science workshop:

1. 将连接到小车的转动位移传感器的数字插头接口盒的 1、2 数字通道。
2. 如果没有打开转动位移传感器的设置窗口，可双击 RMS 图标，将分度/转设置于 1440，并确认在线性校准下拉框中，选中大滑轮（凹槽），单击 OK。
3. 双击取样选择按钮并设置取样周期为 50HZ，单击 OK。
4. 拖动图表显示图标到 RMS 图标位置，并从弹出的菜单“计算结果显示”中选择位置 (LINPOS)
5. 力学传感器的设置

实验步骤

- ① 调节轨端的水平调节脚的升降，观察静止放置在轨道上的小车是否滚动，将轨道调成水平。
- ② 用天平称出小车的质量，数据记在表 9.2 中。

- ③ 先测弹性系数。将带弹性柱塞的小车，按图 9.1 靠着止停挡板放在轨道上。利用附属托架将力学传感器装在导轨的一端
- ④ 利用 IDS 装配附件将转动位移传感器安装在轨道另一端
- ⑤ 从 science workshop 操作中得到弹性柱塞的小车位移和相应力学传感器的力的大小两张图，测量出位移与力的关系记录在表 9.1 中，求 k。

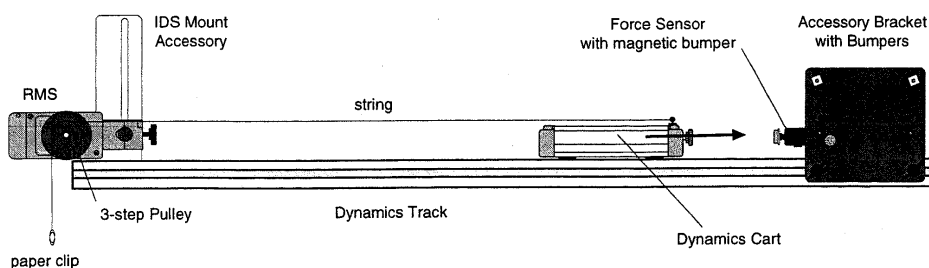


图 9.1

表 9.1

加的质量	位置	离平衡位置的位移	力(mg)

- ⑥ 测量势能前，先拿掉水平调节脚。
- ⑦ 拿去小车上的细线，将小车的弹性柱塞旋至最大位置。使小车紧靠止停端架，测量弹性柱塞压缩的距离并记入表 9.2 下端。
- ⑧ 使轨道倾斜，并测量高和斜边（见图 9.2），计算轨道的倾角，倾角 = $\arcsin\left(\frac{\text{高}}{\text{斜边}}\right)$ ，

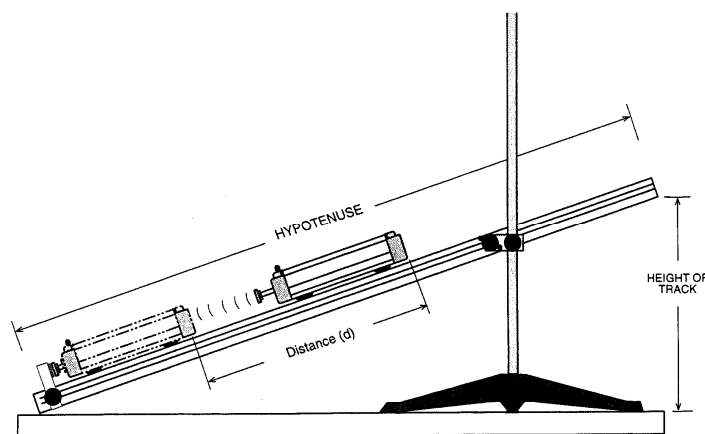


图 9.2

- 记入表 9.2 中。
- ⑨ 将小车的起始位置记入表 9.2 下端。
 - ⑩ 扣击柱塞上的小柱而释放柱塞，并记录小车沿斜面上升的位置。重复做五次。将小车的最大位置记入表 9.2 中。
 - 改变倾角，并重复测量。
 - 增加小车的质量，并重复测量。

表 9.2

倾角	质量	次数 1	2	3	4	5	最大值	$h=d\sin\theta$

弹簧被压缩的距离(x)=_____,小车的初位置=_____.

数据处理:

- ① 用表 9.1 的数据绘制力和位移的关系曲线，画一条通过这些数据点的最合适的直线，并计算这条直线的斜率。此斜率等于弹簧的有效的弹性系数 k 。

k =_____

- ② 计算弹簧的势能，并记入表 9.3。
- ③ 计算每种情况下的重力势能，并记入 9.3。
- ④ 计算弹性势能和重力势能之间的百分误差。

表 9.3

倾角/质量	弹性势能 $P_E (\frac{1}{2}kx^2)$	重力势能 $P_E (mgh)$	百分误差%

问题

- ① 哪一项势能较大？少掉的那部分能量到哪里去了？
- ② 当小车的质量加倍时，为什么重力势能仍然大约相同？