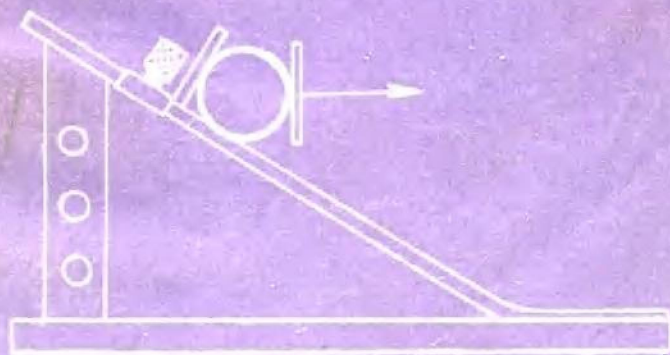


中央电视台电视教育节目用书

中学物理实验

王兴乃 王 庚 主编
李伯明 刘云起

上册



广播出版社

中央电视台电视教育节目用书

中学物理实验

Zhōngxué Wùlǐ Shíyàn

上册

王兴乃 王 庚 主编
李伯明 刘云起

广播出版社

教育部审定 人民教育出版社出版

物理实验 上册

王兴乃 王庚 李伯明 刘云起 主编

中学物理实验

上册

王兴乃 王庚 李伯明 刘云起 主编

广播出版社出版

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开 7.5印张 156(千)字

1983年9月第1版 1983年9月第1次印刷

印数:1—120,000册

统一书号: 7236·028 定价: 0.65元

• 182 •

108

前 言

物理学是一门以实验为基础的自然科学，物理学中的理论、定律都是人们通过实验总结出来的。学习物理也必须通过实验、观察、研究，才能懂得透、记得牢、用得上。

目前，有许多同志正在学习中学物理。但由于受各自条件的限制，没能或者没全能看到或进行现行教学大纲中所规定的全部演示实验或分组实验，给学习带来困难，使学习质量受到影响。因此，迫切希望将中学物理的重点实验，集中地讲一讲、做一做，向大家提供一个“看”的机会。

中央电视台的《中学物理实验》讲座主要是为满足这个要求而举办的。讲座的教材分为上、下两册。上册介绍高中力学的部分实验，下册介绍高中电学和光学等的部分实验。其中有分组实验，也有演示实验。对每一实验所使用的仪器、实验原理、实验方法、数据处理和实验误差等，都做了较为详细的介绍和分析。

由于时间仓促与水平所限，缺点或错误谅所难免，请读者和观众批评指正。

本书由中国教育学会物理教学研究会理事、北京市中学物理教学研究会理事王兴乃、王庚、李伯明、刘云起主编，李安福、陈湘华、卢诗勇、辛保林、李若由、邓福端、高志英等共同编写。

编 者

一九八二年十二月

目 录

| | |
|---|--------|
| 第一章 研究匀变速运动的规律 | (1) |
| 一、用斜面小车配合打点器研究匀加速直线运动的规律 | (1) |
| (一) 实验装置 | (1) |
| (二) 实验纸带的数据处理 | (4) |
| (三) 判断小车是否做匀加速直线运动 | (7) |
| (四) 匀加速直线运动的规律 | (9) |
| (五) 初速为零的匀加速直线运动的规律 | (15) |
| (六) 注意事项 | (17) |
| 二、用斜槽轨道配合简式计时器研究匀加速直线运动的规律 | (19) |
| (一) 实验装置 | (19) |
| (二) 实验原理 | (19) |
| (三) 实验方法 | (20) |
| (四) 整理和分析实验结果研究运动的规律 | (22) |
| (五) 实验误差与实验条件的选择 | (27) |
| (六) 注意事项 | (33) |
| 三、用气垫导轨配合数字计时器研究匀加速直线运动的规律 | (36) |
| (一) 滑块在砝码牵引下沿水平导轨做匀加速直线运动 | (36) |

| | |
|--------------------------------------|------|
| (二) 滑块在倾斜的导轨上自由下滑时做匀加速 直线运动 | (42) |
| 第二章 测定重力加速度 | (45) |
| 一、用电磁打点计时器测定重力加速度 | (45) |
| (一) 实验装置 | (45) |
| (二) 纸带处理 | (47) |
| (三) 自由落体运动的规律 | (47) |
| 二、用斜槽轨道和筒式计时器测定重力加速度 | (47) |
| (一) 实验装置 | (47) |
| (二) 实验原理 | (51) |
| (三) 实验方法 | (51) |
| (四) 数据处理 | (52) |
| (五) 实验误差与实验条件的选择 | (52) |
| (六) 注意事项 | (56) |
| 三、用气垫导轨和数字计时器测定重力加速度 | (56) |
| 四、用单摆和数字计时器测定重力加速度 | (58) |
| 第三章 研究平抛物体的运动 | (63) |
| 一、实验装置 | (63) |
| 二、实验原理 | (64) |
| 三、实验方法 | (65) |
| 四、数据处理 | (67) |
| 五、误差分析 | (68) |
| 六、注意事项 | (69) |
| 第四章 验证牛顿第二定律 | (70) |
| 一、用斜面小车配合打点器验证牛顿第二定律 | (70) |
| (一) 实验装置 | (70) |

| | |
|--|-------|
| (二) 实验方法 | (73) |
| (三) 实验纸带的处理 | (77) |
| (四) 实验结论 | (79) |
| (五) 实验误差 | (86) |
| (六) 注意事项 | (88) |
| 二、用气垫导轨配合数字计时器验证牛顿第二定律..... | (89) |
| (一) 验证 $a \propto F$ 和 $a \propto \frac{1}{M}$ | (91) |
| (二) 验证 $a = F/M$ | (99) |
| (三) 实验误差 | (99) |
| 第五章 验证向心力公式..... | (103) |
| 一、用向心力实验器与打点器验证向心力公式..... | (103) |
| (一) 实验装置 | (103) |
| (二) 实验原理 | (106) |
| (三) 实验方法 | (107) |
| (四) 数据处理 | (108) |
| (五) 误差分析 | (110) |
| (六) 注意事项 | (111) |
| 二、用向心力演示器验证向心力公式..... | (112) |
| (一) 实验装置 | (112) |
| (二) 实验原理 | (113) |
| (三) 实验方法 | (113) |
| (四) 注意事项 | (118) |
| 第六章 验证机械能守恒定律..... | (119) |
| 一、用斜面小车和打点器验证机械能守恒定律..... | (119) |

| | |
|--------------------------------------|-------|
| (一) 物体自由下落时的机械能守恒 | (119) |
| (二) 物体在重力作用下沿斜面下滑时的机械能 守恒 | (122) |
| (三) 物体在砝码牵引下沿水平方向运动时的机 械能守恒 | (123) |
| (四) 讨论 | (126) |
| 二、用斜槽轨道和简式计时器验证机械能守恒 | |
| 定律 | (128) |
| (一) 实验装置 | (128) |
| (二) 实验方法 | (128) |
| (三) 数据处理 | (129) |
| (四) 注意事项 | (129) |
| 三、用气垫导轨和数字计时器验证机械能守恒 | |
| 定律 | (129) |
| (一) 滑块在倾斜的导轨上自由下滑 | (131) |
| (二) 滑块在砝码牵引下沿水平导轨做匀加速运 动 | (133) |
| (三) 滑块在砝码牵引下从倾斜导轨的低端向高 端运动 | (135) |
| 第七章 证明动量定理 | (138) |
| 一、用斜面小车和打点器证明动量定理 | (138) |
| 二、用气垫导轨和数字计时器证明动量定理 | (142) |
| 第八章 验证动量守恒定律 | (145) |
| 一、用斜面小车配合打点器验证动量守恒定律 | (146) |
| (一) 完全非弹性碰撞 | (146) |
| (二) 弹性碰撞 | (151) |

| | |
|-----------------------------|--------------|
| (三) 非弹性碰撞 | (158) |
| 二、用气垫导轨配合数字计时器验证动量守恒定律..... | (163) |
| (一) 完全非弹性碰撞 | (163) |
| (二) 弹性碰撞 | (166) |
| (三) 实验注意事项 | (168) |
| 第九章 研究弹性碰撞 | (173) |
| 一、实验装置..... | (173) |
| 二、实验原理..... | (173) |
| 三、实验方法..... | (176) |
| 四、作图验证..... | (177) |
| 五、误差分析..... | (179) |
| 六、注意事项..... | (180) |
| 七、两点建议..... | (183) |
| 第十章 用冲击摆测弹丸的速度..... | (186) |
| 一、实验装置..... | (186) |
| 二、实验原理..... | (189) |
| 三、实验方法和数据处理..... | (191) |
| 四、误差分析..... | (195) |
| 五、注意事项..... | (197) |
| 附 录..... | (198) |
| 一、电磁打点计时器..... | (198) |
| 二、斜面小车..... | (205) |
| 三、简式计时器..... | (206) |
| 四、斜槽轨道..... | (210) |
| 五、数字计时器..... | (214) |

| | |
|--------------|-------|
| 六、气垫导轨..... | (219) |
| 七、波动演示器..... | (223) |

第一章

研究匀变速运动的规律

物体在恒力作用下将做匀加速直线运动，如自由落体运动、物体在重力作用下沿斜面向下运动等。

研究匀加速直线运动的实验装置有斜面小车配合电磁打点计时器（下面文中简称为打点器）、斜槽轨道配合简式计时器和气垫导轨配合数字计时器等。这些装置用不同的方法把做匀加速直线运动物体的运动情况记录下来，根据这些记录来研究它的运动规律。下面分别做些介绍。

一、用斜面小车配合打点器研究匀加速直线运动的规律

（一）实验装置

1. 斜面木板水平放置，砝码牵引小车做匀加速直线运动

实验装置如图 1-1 所示。1 为 J 2108 型斜面木板，平放在实验桌上。3 为 J 0203 型打点器，固定在斜面的一端。纸带 4 穿过打点器后夹持在小车 2（J 2108 型）的纸带夹上。小车前端系一细绳，跨过斜面顶端的定滑轮后下吊质量为 m 的砝码 5（可用 J 2106 型勾码组）。为了使纸带移动时不受到意外的障碍，打点器后面搁一块普通木板 6，纸带平放

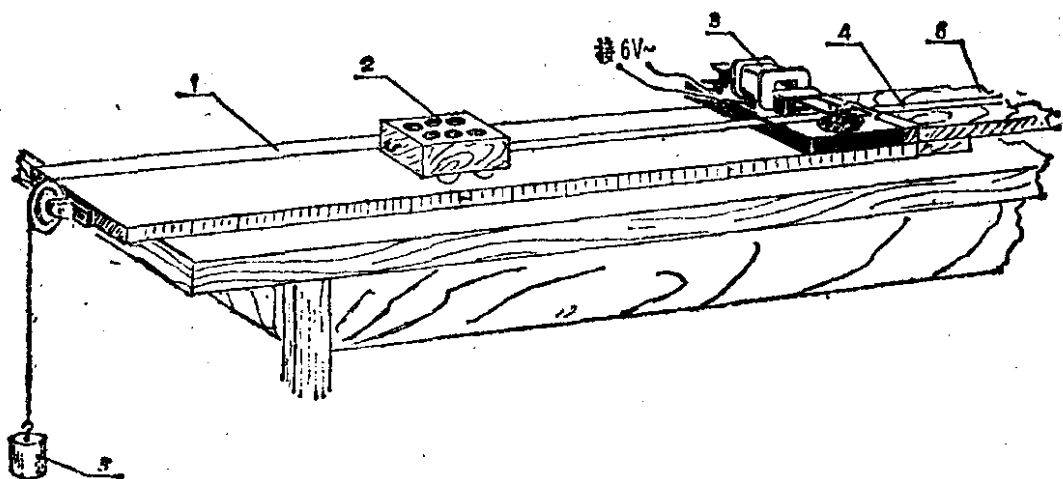


图 1-1

在此木板上面。打点器的工作电源为 50 赫兹、6 伏交流电，由 J 1202、J 1202-1 型学生电源或 J 1201、J 1201-1 型低压电源供给。

实验开始时，小车靠近打点器放置。待打点器工作后放开小车，小车即在砝码重力 mg 的牵引下拖着纸带一起运动。打点器在纸带上打出一列小圆点，记录下小车的运动情况。图 1-2 所示的第一号纸带就是这样打下来的。实验条件为：小车质量 $M=300$ 克 (J 2108 型小车加上 100 克砝码)，砝码质量 $m=100$ 克。纸带上段最后一点与下段最前一点是

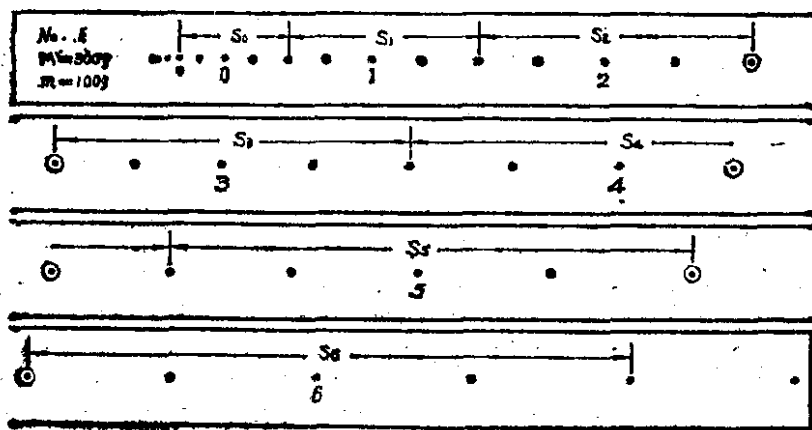


图 1-2

重叠的，在图上用小圆标出。

2. 斜面木板倾斜放置，小车在其重力沿斜面方向分力的作用下做匀加速直线运动

实验装置见图 1-3。1 为 J 2108 型斜面木板，其一端用垫

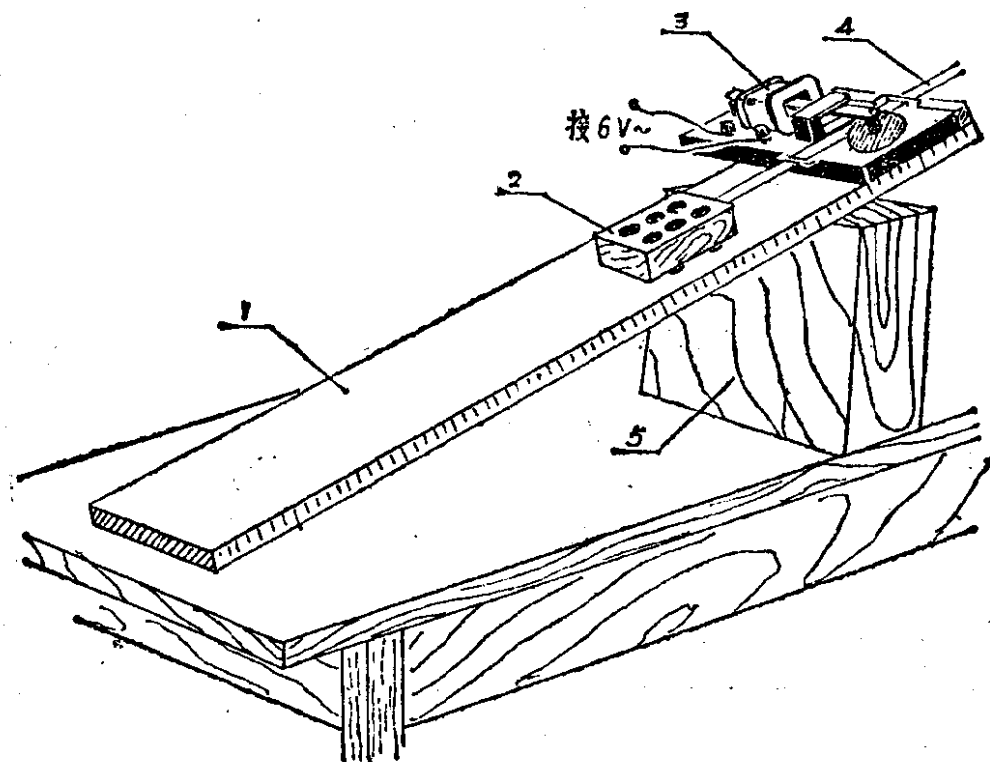


图 1-3

块 5 垫高，木板的倾斜角为 θ 。3 为 J 0203 型打点器，固定在斜面的上端。纸带 4 通过打点器后夹在小车 2 上。若忽略小车与木板间的摩擦阻力，小车 2 在斜面木板上的受力情况如图 1-4 所示。小车受到的重力 Mg 可以分解成垂直木板方向的力 N ($Mg \cos \theta$) 和沿斜面方向的下滑力 F ($Mg \sin \theta$)。小车还受到木板对它的作用力 N' 。 N 和 N' 彼此平衡。因此，小车在恒力 F 的作用下沿斜面匀加速地向下运动。

实验开始时，小车静止在靠近打点器的地方。待打点器

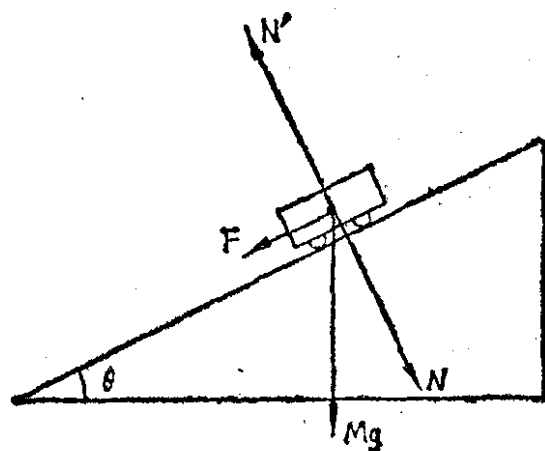


图 1-4

工作后放开小车，则小车拖着纸带沿斜面向下运动，打点器打下一条纸带。实验时可用手掌托住纸带，以防移动时受阻。图 1-5 所示的第 2 号纸带就是这样得到的，打该纸带时，小车的质量 $M = 500$ 克，木板的倾斜角 θ 约为 30° 。

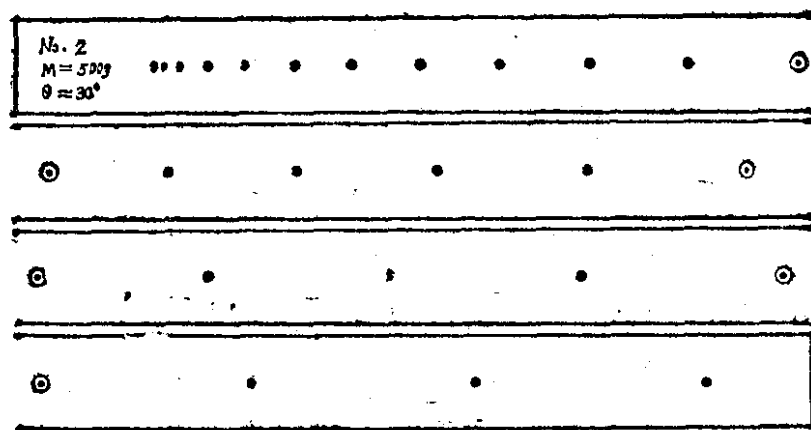


图 1-5

(二) 实验纸带的数据处理

在研究小车的运动规律之前先要熟悉处理实验纸带的方法。

1. 标注计数点号码

为便于处理，要把纸带上的点标上计数号码，取靠近第一点的任意一点作为处理纸带数据的起始点，并标以0。点0以后逐点或间隔相同点数的点顺序标上号码1, 2, …… n , $n+1$, ……。标上计数点号码的点称为计数点。如1号纸带，每间隔3点（不包括计数点本身）顺序标上计数点号码。

2. 测定运动时间

J 0203 型打点器的打点频率 f 为 50 赫兹，即每隔 $1/50$ 秒打一个点。因此，纸带上任意相邻两点（除第一、二点以外）间所表示的时间间隔就是打点器的打点周期 T_0 。 $T_0 = 1/f = 0.02$ 秒。纸带上任意相邻的两个计数点间所表示的时间间隔称为计数周期 T ， $T = (b_0 + 1)T_0$ ， b_0 为相邻两计数点间的点数（不包括计数点本身）。1号纸带的 $b_0 = 3$ ， $T = (3 + 1)T_0 = 0.08$ 秒。

小车从某一计数点运动到另一计数点所需的时间可以这样来计算：数出这两点之间的点数 b （不包括这两点在内），则：

$$t = (b + 1)T_0 \quad 1-1 (1)$$

或者 $t = (n - i)T \quad 1-1 (2)$

n 、 i 为这两点的计数点号码。例如在1号纸带上，小车从点2运动到点5时， $b = 11$ ，则 $t = (11 + 1)T_0 = 12 T_0 = 0.24$ 秒。或者按 1-1 (2) 式计算， $t = (5 - 2)T = 3 \times 0.08 = 0.24$ 秒。

3. 测量位移

1号或2号纸带的第一个点相应于小车静止的位置，第2点以后的各点相应于每隔0.02秒小车的位置。因此，纸

带上任意两点间的距离等于小车在相应的时间里发生的位移。如1号纸带，小车从计数点2开始，经过0.16秒到达计数点4处，计数点2、4相距12.93厘米，就是小车在这段时间里发生的位移。

测量时，位移量小于15厘米时用游标卡尺测量，大于15厘米时可用毫米刻度的直尺测量。

4. 计算速度

当小车做匀加速直线运动时，可以证明，小车在某一段时间里的平均速度等于它在这段时间中间时刻的即时速度。如1号纸带，小车从计数点2运动到计数点4，所需时间为 $2T=0.16$ 秒，发生的位移 $S_{2,4}=12.93$ 厘米，小车在这段时间里的平均速度为：

$$\bar{v}_{2,4} = \frac{S_{2,4}}{2T} = \frac{12.93}{0.16} = 80.8 \text{ 厘米/秒}$$

计数点3为这段时间的中间时刻点，因此 $v_3 = \bar{v}_{2,4} = 80.8$ 厘米/秒。

如果计数周期 T 为打点周期 T_0 的偶倍数，计数点号码可以标在每个计数周期的中间时刻点上，如1号纸带，若以标有“*”号的点作为计数起始点，则计数点就是各计数周期的中间时刻点。小车在各计数点处的即时速度就等于它在各计数周期里的平均速度，即： $v_0 = S_0/T, v_1 = S_1/T, \dots, v_n = S_n/T$ 。 S_0, S_1, \dots, S_n 为小车在相应的计数周期里发生的位移。

5. 计算加速度

根据实验纸带计算加速度的方法是：在纸带上任找两点*i*、*n*，按1-1(1)式 $t = (b+1)T_0$ 或1-1(2)式 $t = (n-i)T$

计算小车从点 i 运动到点 n 所需的时间。根据上面所述计算即时速度的方法算出小车在点 i 、 n 处的速度, 即 $V_i = S_i/T$, $V_n = S_n/T$ 。则:

$$a = \frac{V_n - V_i}{t} = \frac{S_n - S_i}{(b+1)T_0 T} \quad 1-2 (1)$$

或
$$a = \frac{S_n - S_i}{(n-i)T^2} \quad 1-2 (2)$$

例如在 1 号纸带上任找两计数 1、6。量得 $S_1 = 3.47$ 厘米, $S_6 = 11.01$ 厘米, 数得点 1、6 间有 19 点。 $T_0 = 0.02$ 秒, $T = 0.08$ 秒。按上面两式计算, 均得 $a = 236$ 厘米/秒²。

(三) 判断小车是否做匀加速直线运动

小车在恒力作用下是否做匀加速直线运动, 可用下面的方法来判断:

1. 测量计算法

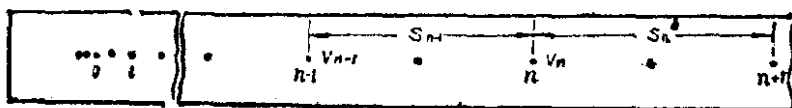


图 1-6

假如图 1-6 是一条记录小车做匀加速直线运动的纸带, 计数周期为 T 。 $V_0, V_1, \dots, V_{n-1}, V_n, \dots$ 为小车在相应的计数点处的即时速度。 $S_0, S_1, \dots, S_{n-1}, S_n, \dots$ 为小车在各计数周期里发生的位移。小车的加速度为 a 。根据匀加速直线运动的位移公式, 小车在任意两个连续计数周期 $n-1$ 和 n 里的位移为:

$$S_{n-1} = V_{n-1}T + \frac{1}{2}aT^2$$