

104599

04-0-19V3C2

那惠物理實驗

(第三冊)

聶超雄編譯

技術叢書出版社

那惠物理實驗

聶超雄編譯

技術叢書出版社

三年級實驗

目 錄

波

1a	課堂實驗	繩上橫波實驗.....	1
1b	示範	波動樣本脈波與連續波.....	3
1c	選做示範	波的模型.....	3
2	示範	一列學生所產生的波.....	4
3	示範	水波的剖視.....	5
4a	課堂實驗	水波槽的認識.....	6
4b	課堂實驗	水波槽中的簡單圓形脈動.....	10
4c	課堂實驗	簡單直線脈動.....	10
4d	課堂實驗	由直線障礙物所產生的反射波.....	13
4e	課堂實驗	曲線障礙物所產生的反射波.....	15
4f	課堂實驗	利用振動器產生連續波.....	17
5	課堂實驗	介紹閃光測頻器.....	19
4g	課堂實驗	利用閃光測頻器來「凍結」連續微波.....	23
4h	課堂實驗	利用閃光測頻儀來估計微波的波長.....	24
4i	課堂實驗	由障礙物所反射之脈波.....	25
4j	課堂實驗	障礙物對直線波的反射.....	27
4k	課堂實驗	拋物線障礙物的反射波.....	28
4l	課堂實驗	圓形障礙物的反射波.....	30
4m	選做示範	橢圓反射器.....	31
4n	課堂實驗	觀察一微波與另一微波相交的情形.....	33
4o	課堂實驗	用兩隻手指做兩波源的干涉實驗.....	34
4p	課堂實驗	利用振動器做兩波源的干涉實驗.....	35
4q	課堂實驗	雙狹縫干涉.....	37

4r	課堂實驗
4s	課堂實驗
4t	課堂實驗
4u	課堂實驗

波障寬開口所產生的繞射	38
窄開口的繞射及障礙物的繞射	39
微波進入淺水區的折射	41
估計波長、頻率和波速	43

光 學

6a	示範	牆上投影	44
6b	示範	牆上的光「線」	45
6c	示範	水中的光「線」	46
6d	選做示範	曲光「線」	48
6e	示範	反射的光「線」	49
6f	示範	橡皮球的「反射」	50
7	課堂實驗	針孔照相機與透鏡照相機	51
8	示範	利用煙霧盒來看大透鏡的成像	54
9	示範	成像：利用紙在光「線」路徑上移動	55
10	課堂實驗	透鏡的成像	56
11	課堂實驗	眼睛的適應範圍	60
12	課堂實驗	望遠鏡的首次觀測	60
13	選做課堂實驗	用望遠鏡成近距離之像	63
14a-o	課堂實驗	光「線」與圓柱形透鏡	64
15	課堂實驗	平面鏡所成的蠟燭像：用實驗法來標定像	77
14p	課堂實驗	圓柱面鏡的反射光「線」、像差及腐蝕曲線	78
16	示範	彈子在大球面鏡中的成像	80
14g-s	課堂實驗	光「線」與圓柱形透鏡	81
17	課外實驗	用光「線」條紋來做課外實驗	84
18	課堂實驗	利用望遠鏡所做的進一步實驗	85
19	課堂實驗	放大鏡	86
20	課堂實驗	複合顯微鏡	88
21a	課堂實驗	眼睛網膜上的影子	89
21b	選做額外實驗	用透鏡來說明網膜上的影子	90
22a	選做示範	可分解的眼睛模型	92
22b	示範	利用細頸瓶作眼睛模型的示範	93
22c	選做附加實驗	用金魚缸做成的眼睛模型	95

23	示範	可變焦距的「眼睛」	96
24	示範	解剖牛的眼睛	97
25	選做 課堂實驗	透鏡的距離公式	99

光的性質

26	課堂實驗	反射定律	101
27a	課堂實驗	水槽內的折射	102
27b	選做課堂實驗或示範	折射定律	105
28	示範及課外實驗	更多的折射實驗	106
29	課堂實驗和示範	光譜	109
30	課堂實驗	反射的粒子模型	112
31	課堂實驗	折射的粒子模型	113
32	選做的課堂實驗	折射的進行模型	114
33a	示範	單狹縫與雙狹縫的示範	114
33b	示範	繞射的影子	117
34	課堂實驗	水波槽的楊氏實驗	117
35a	示範	干涉的塑膠波模型	118
35b	選做的課堂實驗或 課外實驗	干涉的蠟紙板波動模型	119
36	課堂實驗	楊氏狹縫	121
37	電影	警告語	125
38	示範	肥皂膜的干涉形式	126
39a	課堂實驗	空氣楔的干涉	128
39b	選做的示範	用厘米波長的波產生干涉	129
39c	選做的示範	用聲波產生干涉	130

時間，速度和加速度

40	課堂示範	滾球的加速度	132
41	課堂實驗	量度時間間隔	133
42	課堂實驗	粗略地量度滑車滾下斜坡所需的時間	133
43	課堂實驗	振動器的介紹	135
44	課堂實驗	以振動器測時間間隔	137
45	課堂實驗	3秒內「滴答」的數目	137

46	示範
47	課堂實驗
48	課堂實驗
49	示範及課堂實驗
50	緩衝的課堂實驗
51	選做的實驗
52	緩衝的課堂實驗
53a	示範
53b	示範或課堂實驗
54	示範
55	選做的示範

量度運動的介紹	138
量度學生們自己的運動	139
自由落體的研究	140
微弱重力實驗(由斜面滾下的加速度)	141
輕微重力實驗	143
有關輕微重力或自由落體進一步的實驗	144
爬上山坡的滑車	145
伽利略滾球的實驗	146
伽利略的「釘」和「擺」實驗	147
無摩擦的運動	148
大氣墊盤	152

慣性，力和運動

56	課堂示範
57	選做的示範
58	課堂實驗
59	緩衝的課堂實驗
60a	選做的示範實驗
60b	選做的示範實驗
61	示範
62	選做示範
63	選做示範
64	課堂實驗
65	課堂實驗
66a	課堂實驗
66b	選做示範
67	示範
68a	緩衝示範
68b	選做示範
69a	示範
69b	選做示範
70	課堂實驗

慣性——兩個「錫罐」擺	153
慣性——進一步地示範	154
以滑車研究加速度	156
滑車質量的改變對加速度的影響	159
大型滑車的加速度實驗	160
大型滑車與摩擦力	164
以米架尺示範作用與反作用定律	165
滑車的作用與反作用力	165
自由落體的閃光攝影相片	166
落體實驗	169
金幣與羽毛	169
水平運動與垂直運動的獨立性	170
拋體運動的閃光攝影相片	171
規律噴灑的水滴	172
拋體軌跡與實際的拋物線的比較	174
噴水的軌跡與真實拋物線的比較	176
「猴子與獵人」實驗	176
向圓環噴射水流實驗	179
重力場強度	181

氣體動力論

71a	示範	氣體分子模型.....	181
71b	課堂實驗	在一定激動下二向度氣體運動的大理石模型	184
71c	選做影片	氣體的性質.....	185
72	課堂實驗	布朗運動.....	186
73	選做示範	氫分子在空氣中的擴散.....	188
74	示範	溴的擴散作用.....	189
75	示範	氣體壓力隨溫度增加的變化.....	193
76	選做示範	氣體壓力隨溫度增加的變化.....	194
77	課堂實驗	從壓力與溫度的關係來決定絕對零度...	195
78	課堂實驗	定壓下空氣的膨脹現象.....	196
79	示範	波義耳定律.....	197

電磁學

80a	課堂實驗	由電流感應生成的磁場.....	199
80b	課堂實驗	奧斯特實驗.....	201
80c	課堂實驗	線圈上通以電流感應而生的磁場.....	202
81	緩衝選做實驗	簡易電流計.....	203
80d	課堂實驗	螺線管周圍的磁場.....	204
80e	圖片展示	磁場.....	206
80f	課堂實驗	在線圈內的磁場.....	206
80g	課堂實驗	磁棒周圍的磁場.....	207
80h-k	課堂實驗	玩磁鐵.....	208
80l	課堂實驗	因擺設磁鐵位置而生的磁場.....	210
80m	課堂實驗	電磁鐵：場的形態.....	212
80n	課堂實驗	電磁鐵：磁力.....	213
80o	選做課堂實驗	電磁鐵：在蜂鳴器及電鈴上的應用.....	213
82	課堂實驗	載有電流的導線在通過磁場時所受的力	217
83	示範及課堂實驗	"石弩形"磁場.....	218
84	課堂實驗	可動線圈電表.....	221
85	課堂實驗	電動馬達.....	224
86	示範	部份馬力馬達.....	226

87a	課堂實驗	電磁感應：用馬達充作發電機.....	227
87b	選做課堂實驗	電磁感應：用馬達充作發電機（交流式）...	228
88a	課堂實驗	電磁感應：磁鐵和線圈.....	229
88b	課堂實驗	電磁感應：把電線由磁場縫隙間移過去.....	230
88c	課堂實驗	電磁感應：磁鐵和繞在鐵軸上的線圈.....	231
88d	課堂實驗	用電磁鐵所生的電磁感應.....	232
88e	課堂實驗	電磁感應：開關電磁鐵.....	233
88f	示範	電磁感應：用部份馬力馬達接往電流計.....	234
88g	示範/課堂實驗	雙輪發電機.....	235
89a	示範	雙輪發電機和示波器.....	237
89b	示範	示波器和交流電壓.....	238
89c	課堂實驗	課堂示波器.....	239
90b	課堂實驗	變壓器：交流供電.....	241
90c	示範	變壓器：與繞線圈數的關係.....	242
91	課堂實驗	伏特計的介紹：作為一個電池計數器.....	243
92a	示範	水流線路示範板.....	244
92b	示範	用伏特計來數電池.....	246
93	選做緩衝實驗	用伏特計量傳過的功率.....	249
94a	課堂實驗	直流的電功輸送線.....	250
94b	示範	高壓的直流輸送線.....	251
95a	示範	電場.....	253
95b	示範	用紙片來顯示電場.....	255
96	示範	靜電場中的力.....	256
97	示範	可見的密立根實驗裝置.....	258
98	選做課堂實驗	帶電塑膠小球所受的力：離子運動的模型...	260
99a	課堂實驗	靜電力.....	262
99b	示範	示範驗電器.....	264
99c	課堂實驗	金箔驗電器.....	266
99d	課堂實驗	靜電感應.....	267
100	示範	在靜電場中電子束的偏折.....	279
101	課堂實驗	折斷磁棒.....	272
102a	示範	磁鐵的模型.....	272
102b	選放電影	區域影片.....	273

103	選做示範	磁滯的示範.....	274
104	課堂實驗	折斷環形磁鐵.....	275

附 錄

1	示範示波器的操作.....	276
2	示範示波器的操作.....	279

波

1a. 課堂實驗

繩上橫波實驗

儀器

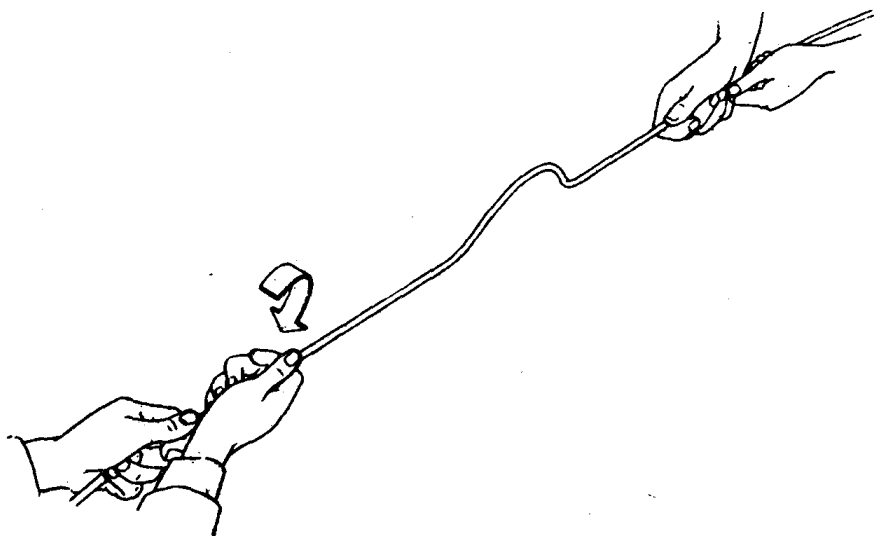
16根富有彈性的繩子。

在空間允許的範圍內，繩子愈長愈好，最短要有3公尺長。

步驟

學生兩人一組，一人握住繩子的一端，其中一人輕彈繩端，送出一上下震動的脈波。（這很容易做，只要利用另一隻手握住繩端做上下悸動即可。）

如果將繩子懸握空中，脈波可來回反射好幾次，但是還是在長檯子上或地上來做較好。



2 那惠物理實驗指導 (二)



1b. 示範

波動樣本：脈波與連續波

儀器

「彈性繩」一根

項目 101

橡皮管一根

橡皮管最短要 5 公尺長，直徑要在 8 毫米以下。

「彈性繩」未使用時之長度至少要有 10 公分。

步驟

1. 脈波：

將橡皮管平放於地板上，握其兩端輕扯，在其中一端做一次水平方向的迅速振動即可產生脈波，最容易的作法是：將手靠在足踝旁，然後向旁邊來回做一次悸動。可以試試看不同張力及較慢脈波的情形。〔要產生一個不同形狀的脈波可利用一個觸止物（例如椅子腳之類的物品）來限制橡皮管的運動。〕

上述示範也可以用「彈性繩」來做。有時利用「彈性繩」產生駐波是非常有趣的，但是如此會分散學生觀察脈波如何進行的注意力，所以應該避免去做。

2. 連續波：

將橡皮管或「彈性繩」置於地板上或長橙上。將一端固定，用手在另一端做連續的小幅度振動，頻率大約是每秒 5 次，如此可以觀察一連串有規則的衝振如何產生連續的進行波。如用橡皮管來做更明顯。用「彈性繩」還能產生縱波，然而現階段最好略去不做。

1c. 選做示範

波的模型

若當地實驗室擁有任何波的模型的話，在做實驗 1a 及 1b 以後示範給學

4 那惠物理實驗指導 (三)

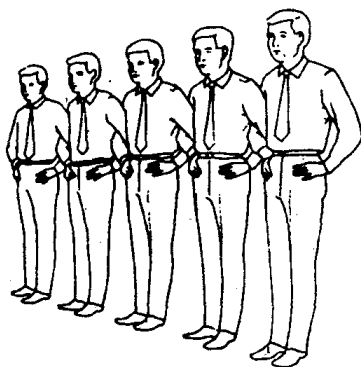
生看，當更有助益。

2. 示範

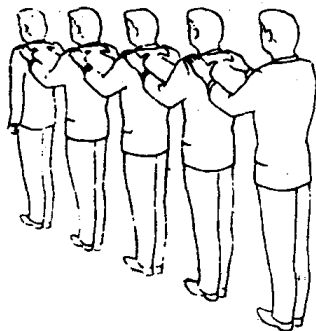
一列學生所產生的波

步驟

如果讓學生手臂圈手臂站成一列，可以產生橫波或橫向脈動由一端傳向另一端。



至於縱波及縱向脈動，可以讓學生將手搭於相鄰同學的肩膀上，使手肘彎曲。



更生動的辦法是讓學生站成一行，背向老師，將手搭在前面同學的肩膀

上。由老師猛推最後一名學生的背部，就可產生一個強的脈動傳下去，當學生們恢復原狀後，讓他們討論一下這脈動與前面所有的脈動不同之處：即在目前這種情況，介質中的粒子並未回到它們的原來位置。（這種情形發生在介質中的應力（strain）超過了它的彈性限度限度的時候。）然後值得再費神重複一次，這回用輕柔的推力，同時使學生們協力傳送這個波動而不致產生破壞。

3. 示範

水波的剖視

儀器

一個大的長方形透明水槽

項目 100/2

步驟

(a) 將水注入水槽至半滿為止，使學生們能看見水面線及其上之波。

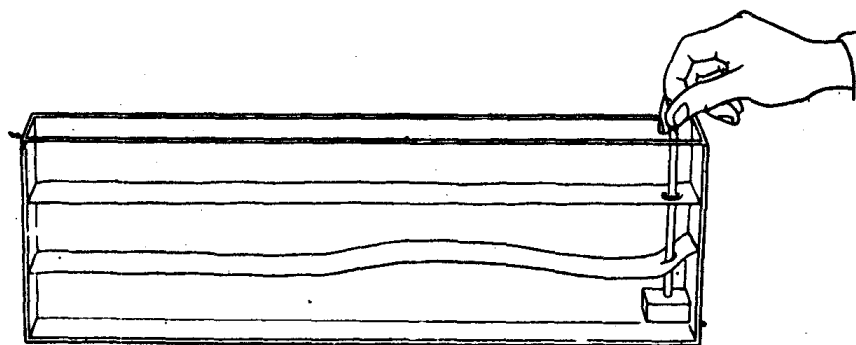
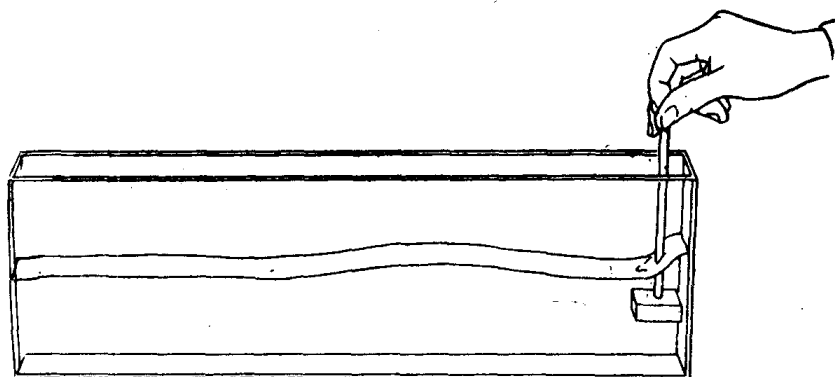
波的產生是利用一塊木頭在水槽的一端上下振動，或是像槳一樣前後擺動。讓學生們注意水的運動。

很顯然地，長的水槽較短的為佳，因為前者較能避免因另一端的反射而引起之複雜現象。

水槽不需要很寬——3 呎就足夠了，高度至少要有 6 吋，而長度則愈長愈佳——1 呎可能太短，3 呎則較佳，但是太昂貴了。

在水中滲入一些木屑，在近距離內，可觀察水波進行時，介質中質點運動的軌跡。然而因質點運動太快而不易觀察，不如利用(b)法。

(b) 將水槽的 $\frac{1}{2}$ 裝滿水，然後再加入石蠟油，使水槽滿至 $\frac{2}{3}$ 。（橄欖油亦可作為代用品，惟其阻尼較大且過於昂貴。）讓槳一直沒在水中擺動，以產生在交界面上的橫波。



4a. 課堂實驗

水波槽的認識

儀器

8 個水波槽

8 個照明燈

8 個變壓器

8 個水桶

8 個高燒杯 (1000 cm³)

項目 90

項目 47

項目 27

項目 533

項目 513

8 個海綿

項目 90R

在本實驗及以後的實驗中，水波槽需要腳架、棉紗（或者是其他可造成“淺灘”的裝置）等物，以及照明燈的支架。

有些製造廠商設有特殊的能源以供水波槽之用，可供應燈泡所需之電壓以及一個可變的電壓輸出以操縱馬達。部分老師們喜歡用這現成的能源裝置，其餘的則用變壓器供給燈泡所需之伏特（如本實驗所建議者），並用一個乾電池及可變電阻來控制馬達。

Esso-Nuffield 影片

本水波槽實驗有示範影片：Esso-Nuffield 影片「波與水波槽」。這部影片是供老師之用，不要放給學生看。這部影片可免費向 Esso Petroleum Co Ltd., Victoria Street, London, S.W. I. 貸用。

設置水波槽的一般注意事項

為了避免不必要的震動，水波槽宜設置在地上，槽內裝入深 5m.m. 的水，約 1000cm³——關於水深的進一步意見，請看底下的說明。水波槽要能作水平的上下調節，使能被波面及水面反射出來的光可相互配合。

將一大張白報紙置於水波槽底下以顯示出波來，或用一塊塗上白色顏料的硬板亦可。

燈的高度應調節在影像最清晰之處，大約是在水波槽上方 50cm 處。

將棉紗敷於水波槽的四緣以消滅反射波。

水的深度

上文所建議的水深是 5mm 左右，可用一個 1,000cm³ 的高燒杯來量水。

若深度在 3mm 以下（約 800cm³ 的水），則波在短距離內就因阻尼而消失，而好處是此時沒有反射波的問題。

若深度在 6mm 以上，則邊緣的反射波就成了麻煩，棉紗做成的「淺灘」會產生多重弱的反射波，可能比沒有棉紗所產生的較強而單純的反射波更討厭。

1 如果能使屋裏暗下來，則波看起來特別清楚；若無此設備，則最好用 48—瓦的電燈作為照明燈。

2 第一次向學生介紹水波槽，不要把以後實驗所需之附屬儀器一併介紹進來。反射器和馬達等會吸引學生以致於分散了他們對水波槽初步認識應有

