

物理教学表演

第 六 册

普通力学 振动与波

A. B. 蒙洛塞也夫斯基

P. B. 傑列斯寧 著

M. A. 格拉博夫斯基

商 务 印 书 馆

3.047
74

物 理 教 学 表 演

第 六 册

普通力学 振动与波

A. B. 蒙洛塞也夫斯基
P. B. 傑列斯寧 著
M. A. 格拉博夫斯基
龍燕初 張季达 江自应 譯

商 務 ★ 書 館

本書系根据苏联國家技術理論書籍出版社（Государственное издательство Технико-теоретической литературы）出版的 А. Б. 蒙洛塞也夫斯基主編“物理教學表演”譯出的。可以作为高等學校及中等學校物理教師和工作人員的參考書。

原書共分八冊，內容是分子物理與熱力學（第一冊）、液體與氣體力學（第二冊）、磁學（第三冊）、幾何光學（第四冊）、物理光學（第五冊）、電學（第六冊）、振動與波（第七冊，1952 年版）、普通力學（第八冊，1954 年版）。

譯本分六冊出版，除將原書第四、五兩冊合為第四冊，原第六冊改為第五冊，原第七、八兩冊改為第六冊外，其餘各冊的冊次與原書同。

本冊是譯本的第六冊，其中包括普通力學的表演 82 個，振動與波的表演 89 個。

本冊第一部分（普通力學）表演 1——41 為張季達譯龍燕初校，表演 42——82 為龍燕初譯張季達校；第二部分（振動與波）表演 1——42 及表演 85、86、87 為龍燕初譯張季達校，表演 43——84 為張季達譯龍燕初校，表演 88、89 為江自應譯龍燕初校；并由龍燕初張季達作最後校訂。

物 理 教 學 表 演

第 六 冊

普通力學 振動與波

蒙洛塞也夫斯基等著

龍燕初 張季達 江自應譯

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

（上海市書刊出版業營業許可証出字第〇二五號）

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 北 京 廠 印 刷

（13017·14）

開本 850×1168¹/₃₂ 印張 8⁷/₁₆ 字數 196,000

1956 年 7 月初版 印數 1—5,000 定價(10) 1.30

原 序^① (一)

在这次出版的“物理教学表演”第八册中包括有这样一些力学表演,这些表演是在國立莫斯科大学物理實驗室都作过的,它們并不包括在第二册和第七册之中。第二,七册中講的是力学特殊部門的表演。本書所列举的表演,大約有四分之三是 P. B. 杰列斯寧教授編寫的,約有四分之一是 A. B. 蒙洛塞也夫斯基教授編寫的。和以前所編寫过的那些表演一样,物理實驗室的工作人員科耳巴諾夫(М. В. Колбанов)、伍薩金(С. И. Усагин)和叶戈洛夫(В. С. Егоров)都参加了这些表演的裝置。

莫斯科

A. 蒙洛塞也夫斯基

① 此为“物理教学表演”原書第八册“普通力学”的原序——譯者注。

原 序^① (二)

本書是“机械振动”和“声学”兩部門的教学表演彙編。与以前出版的“物理教学表演”集相似，本彙編基本上包括闡明大学物理学教程兩個單獨部門的實驗。在本書中，也和前几册一样，我們首先反映出一些表演技術的經驗，这种經驗是國立莫斯科大学物理實驗室成立后多年累積起來的。除此以外，本彙編还包括一些新的表演，这些表演是在編輯本書的过程中作成功的。

当裝置新的實驗或把旧的改裝成为现代化的實驗时，國立莫斯科大学物理實驗室，在自己技術的可能範圍內，力求利用近代电声学所用的新的方法。这在本彙編中已獲得了一定程度的反映。当討論个别的表演时，我們曾企圖研究这样一些實驗的方法，这些實驗是可以利用电子管放大器、电子管声頻發生器和电子式示波器等等來作的。特別是我們認為在物理實驗室的實驗中，电子式示波器的运用是很必要的，因为电子式示波器能使表演實驗的方法相当多样化。本彙編应作为我們在这一方面的初次的嘗試。

本彙編中各个表演的描述是按照大綱的章節而排列的。在描述每个實驗以前，对所表演的物理現象都有一簡短的說明。在这样一些情形中，即当描述新的或不大著名的表演时，在說明部分給以較詳細的描述。

限于本書的篇幅，我們不可能將某些旧的實驗都加入在本彙編中，鑒于同样的原因，本彙編中也不能引入屬於錄音技術等的許多問題。

当裝置新的表演及討論物理實驗中原先做过的實驗时，我曾

① 此为“物理教学表演”原書第七册“振动与波”的原序——譯者注。

經接受过我的工作同志—M. B. 卡兒巴諾夫(他曾長时期主持國立莫斯科大学物理實驗室)、C. H. 伍薩金和 B. C. 叶戈洛夫的意見, 現在利用这个机会向他們致謝。

“物理教学表演”的主編 A. B. 蒙洛塞也夫斯基教授, 对本書的原稿, 曾提供許多宝貴的意見, 在这里謹向他表示衷心的謝意。

M. 格拉博夫斯基

目 錄

原序	xii
----------	-----

第一部分 普通力学

I. 平动动力学的定律	1
1. 动量的变化	1
2. 双槌	2
3. 物体沿竖直方向与具有水平分速度时的落下	3
4. 水流	4
5. 抛体运动	4
6. 在外力的作用下偏离于直綫的运动	6
7. 彈簧上的球和磁鉄(物体在外力作用下的运动)	6
8. 物体在加速运动时的形变	7
9. 砵碼慣性的实验	8
10. 木棒在紙环中的折断	8
11. 在紙条上的燒瓶	9
12. 物体在真空中的落下	9
13. 紙圓盤及金屬圓盤的落下	10
14. 动力学第三定律	10
15. 利用軌道上的小車表演动力学第二定律和第三定律	11
16. 波利小車	13
17. 两个擺的实验	13
18. 气炮	14
19. 人在小車上	15
II. 轉动	16
20. 平动和轉动	16

1464027

21. 轉動的瞬時軸	17
22. 自由度	17
23. 角速度的表演	18
24. 角速度的合成	18
25. 平行轉動的合成	19
26. 向心力的發生	20
27. 在常平架中的迴轉器	20
28. 陀螺	21
29. 力矩	22
30. 順從的和不服從的卷軸	24
31. 非對稱性的炮彈由氣炮中發射	24
32. 用奧別爾別克的十字形擺表演轉動慣量	25
33. 用奧別爾別克擺表演力矩	26
34. 動量矩守恒定律(茹科夫斯基台)	26
35. 電動機的轉動子和固定子的轉動	27
III. 能	28
36. 跳躍着的小球	28
37. 實心的和空心的圓柱體由斜面上滾下	29
38. 麥克斯韋擺	30
39. 球的碰撞 (a)非彈性碰撞 (b)球的彈性碰撞	30
40. 沖擊擺	32
41. 敲擊溫差電偶	32
42. 直流發電機被落下的重物所轉動(齊米里亞澤夫實驗)	33
43. 化學能轉變為機械能	34
44. 電流能量的轉變	34
45. 機械平衡的各種形式	35
46. 勢壘	37
IV. 慣性力	38
47. 重物以加速度上升	38

48. 水擺(潮的發生).....	38
49. 小車上的懸錘.....	39
50. 在运动的支台上跳躍的小球.....	39
51. 柳比莫夫實驗.....	40
52. 被拉長的彈簧的落下.....	42
53. 表观离心力.....	42
54. 在轉动中的力.....	43
(a) 在轉动支台上的懸錘.....	43
(б) 在水平的棒上不同質量的小球.....	43
(в) 离心干燥器.....	44
(г) 离心分离器.....	45
(д) 不同密度的液体.....	46
(е) 旋轉着的液体的拋物面.....	46
(ж) 在旋轉着的容器中的小球.....	46
(з) 蠟燭火焰的偏离.....	47
55. 奔跑的小鏈子.....	47
56. 厚紙鋸.....	48
57. 盛有水的水桶的轉动.....	48
58. 旋轉的自由軸.....	49
(a) 盒子的拋擲.....	46
(б) 在离心机上不同物体的旋轉.....	49
59. 自定心的彎曲的軸.....	50
60. 蛋的旋轉.....	51
61. 中國陀螺.....	51
62. 在旋轉的圓盤上运动着的物体的偏离(科里奧利加速度).....	52
63. 科里奧利力.....	53
64. 傅科實驗.....	54
65. 滾动的环.....	55
66. 被懸掛的迴轉器的進动.....	55
67. 迴轉器在恆定力矩作用下的進动.....	56

68. 在搖椅上的迴轉器	57
69. 單軌道	58
70. 可翻轉的迴轉器	58
V. 摩擦力	59
71. 干摩擦和湿摩擦	59
72. 傾斜的摩擦計	60
73. 物体以穩定的速度落下	60
74. 迟鈍效应	61
VI. 固体的彈性	62
75. 被形变的固体的模型	62
76. 剩余形变	62
77. 金屬絲的拉長和剩余形变	63
78. 拉長时样品的橫截面積的变化	64
79. 弯曲	64
80. 弯曲时的伸長和壓縮	64
81. 伍莫夫实验	65
82. 脅强傳遞时的扭轉形变	65

第二部分 振动与波

I. 振动的基本实验	67
1. 重物在螺旋彈簧上的豎直振动	67
2. 扭轉振动	68
3. 縱振动和扭轉振动的比較	70
4. 物理擺	71
5. 振动中心	73
6. 夾在虎鉗中的彈簧片的振动	75
7. 液柱在連通器中的振动	75
8. 媒質的阻力对擺的振动的阻尼的影响	76
9. 銅板在磁場中的振动	77

10. 磁針在磁場中的振動	79
11. 鐵磁性的棒或球在磁場中的振動	79
12. 諧振動	79
II. 振動的記載	82
13. 帶砂的擺	82
14. 在熏黑了的玻璃板上振動的記載	83
15. 電振音叉的振動在屏上的記載	85
16. 強烈阻尼振動的圖形	87
17. 觀察電子注的振動	88
18. 迴綫示波器上電振動的記載	93
III. 自振動	95
19. 圓柱形螺旋彈簧的無阻尼振動	96
20. 載電流的蝸綫	98
21. “斷裂”振動	99
容器中水的平面的張弛振動	99
擺的張弛振動	100
22. 用均勻的氣流激發拉緊的橡皮管	101
23. 熱力自振動系統	103
被加熱的發聲的板	103
波波夫實驗	104
24. 熱聲振動	105
用煤氣燈做實驗	105
用加熱的金屬網做實驗	106
25. 無阻尼振動的熱力模型	107
IV. 受迫振動	109
26. 擺的受迫振動	109
27. 電動機基底的振動	110
28. 帶有共振器的迴轉器	111
29. 轉動的擺	113

30. 帶有重物的圓柱形彈簧的受迫振動	116
31. 擺動的鐘	117
32. 頻率計	117
表演用的頻率計	117
工程用的頻率計	119
33. 弦綫的受迫振動	122
第一種實驗方法	122
第二種實驗方法	124
V. 參變共振	125
34. 單擺的參變激發	126
第一種實驗方法	126
第二種實驗方法	127
35. 弦綫在流过它的交流電的作用下的參變激發	128
36. 擺-秋千	128
VI. 同一直綫方向上的振動的合成	130
37. 同一直綫方向上振動合成的機械模型	130
38. 借助於兩個電振音叉觀察同一直綫方向上的兩個 振動的合成	132
39. 在電子示波器上所觀察到的同一直綫方向上兩個 振動的合成	134
VII. 兩個互相垂直的振動的合成	135
40. 用懸掛在綫上的球作實驗	135
41. 用帶砂的擺記載兩個互相垂直的振動	136
42. 借助於兩個被照亮的狹縫將兩個互相垂直的振動 投影於屏上	137
43. 利用兩個電振音叉觀察互相垂直的振動的合成	138
44. 在電子示波器上兩個互相垂直的振動的合成	139
VIII. 耦合系統的振動	143
45. 兩個物理擺的振動	143

46. 懸挂在擺上的擺(雙擺)	145
47. 一種形式的振動轉變為另一種形式的振動	146
縱振動轉變為簡單振動和簡單振動轉變為縱振動	146
縱振動轉變為扭轉振動和扭轉振動轉變為縱振動	147
48. 耦合系統的受迫振動	148
49. 闡明利用受迫振動來減少船舶搖擺的實驗	149
IX. 波	152
50. 表演發生橫波和縱波的機械模型	152
51. 橡皮管上的波	154
52. 水面上的波	156
53. 表演液面上表面張力波的博戈斯洛夫斯基的儀器	161
54. 表演縱波的儀器	167
X. 聲源	169
55. 被夾住的薄片的發聲	169
56. 音叉	170
觀察音叉兩臂的振動	170
共鳴箱的作用	171
空氣柱與音叉的振動發生共鳴	171
由音叉發出的聲波的干涉	173
57. 在空氣的周期性的撞擊下所發生的聲音(驗音盤)	174
58. 電子管聲頻發生器	176
59. 彼得洛夫發聲電弧	178
XI. 聲音的傳播	179
60. 聲波的有質動力作用	179
61. 表演空氣脈衝在金屬管中傳播速度的儀器 (H. A. 伍莫夫儀器)	182
62. 利用電子示波器測定聲音的速度	184
第一個方法	184
第二個方法	187

63. 当溫度升高时空气中声速的增加	188
64. 各种气体中声音的速度	190
65. 固体和液体的傳声性	192
XII. 声强的測量及其分析	194
66. 声强的測量	194
67. 音品	197
68. 音调	198
69. П. Н. 列別杰夫設計做成的用來分析声振动的表演仪器	201
70. 用电子示波器分析声振动	203
XIII. 声波的共振、干涉以及某些其他的实验	204
71. 在音叉上观察共振	204
72. 声波的干涉	206
73. 拍	207
74. 声陷阱	210
75. 多普勒效应	210
發声的音叉运动的实验	210
發声的揚声器振动的实验	211
轉动風琴管的实验	211
76. 声波的調制	213
XIV. 管中、棒中和板中的駐波	216
77. 管中的駐声波	216
78. 系統的阻尼对解諧銳度的影响(共鳴板)	219
79. 棒的橫振动	220
80. 棒的縱振动	221
81. 借助于轉动的輪子与棒端的摩擦以激發棒的縱振动	223
82. 發声的平板	224
XV. 压电声学	225
83. 正压电效应	227
84. 逆压电效应	229

85. 压电鈴	230
86. 压电电话筒和压电傳声器	231
87. 压电結構物	233
結構晶片的正压电效应	235
結構晶片的逆压电效应	236
敷有一層罗謝耳鹽的音叉	238
XVI. 超声	240
88. 石英的超声振动	240
在石英的超声振动的作用下液体中的噴泉	241
利用超声獲得乳狀液	243
超声波的化学作用	245
光在受超声波作用的液体中的衍射	246
89. 磁致伸縮振动	248
在恒定的磁場中鎳絲的磁致伸縮	249
声振动及超声振动的磁致伸縮發生器	251

第一部分 普通力学

I. 平动动力学的定律

1. 动量的变化

用一个木槌(手槌)敲击木球(槌球也可以),即可做一个最简单而又最直观的动量变化的表演。为此,在表演桌上应当让出大小足够的地方,使其他的仪器不致妨碍实验,而仪器本身也不致遭受危险。开始时,可敲击不动的球,然后用手使球发生运动,再顺着球的运动方向或迎着球的运动方向敲击球,这样就可以增加或减少它的动量。

迎着球的运动方向进行敲击是有某种困难的。敲击应尽可能恰好是对准着球心的,而且敲击的方向也必须尽可能恰好是在球运动的直线上;否则,在减小球的速度时球所发生的绕竖直轴的不大的转动,与球沿着表演桌滚动时的转动相加,就迫使球由直线路程偏离出去。此外,当速度很小时,表演桌的一些偶然的不平,对球的运动也有很大的影响,因此,应该这样地来敲击球,使在敲击以后球的速度不致过小,换句话说,在初速度与末速度之间应选择最好的比例关系。必须趁球迅速滚动着时进行正确的敲击,而要做到这点,就要求很大的注意和技巧,这技巧是在练习之后才能获得的。加速的敲击是比较容易实现的;在此情形下,球在敲击后的平动速度是很大的,因此就很难觉察出球对于原来方向的很小的偏离。

然后,应该与球的运动方向成某一角度来敲击这滚动的球,使

它的运动方向发生变化,以表明动量的矢量性质。

2. 双槌

用这个非常通用的仪器来定性地进行动量的表演是很方便的。仪器的侧面图和俯视图如图 1 所示。将两块高为 15—20 厘米

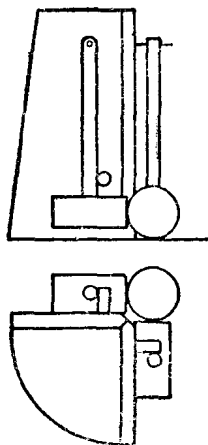


圖 1.

米的木板粘在一起使成直角,并将其下端固定在一个重的金属底座上。在木板上用铰链对称地悬挂两个木槌,这两个木槌可以敲击放在它们前面的桌上的球。

取不同质量的两个球,球的大小应该这样,即是要使敲击尽可能是对心的。木槌的同样的敲击所给予两个球的速度是不相同的。要使两种情形下的敲击相同,最方便的办法是将槌引开到相同的角度,即使槌的前面的边缘与竖直木板的边缘(图 1 木板的左部边缘)比齐。质量小的球可以是木或软木

做的,质量大的球可以是金属做的。

当然,这实验在理论方面并不是完全没有毛病的。同样偏离的槌给予球的并不是相等的动量,而是相等的能量;此外,槌在敲击之后,并不完全失去它自己的速度,而且在两种情形下也不一样。虽然如此,但是,对于定性地进行动量的表演,这个实验是相当直观的。

如果用上述方法把两槌引开相同的角度,则可以表演动量的合成。在此情形下,球在敲击后将沿一直线运动,这直线与仪器的两壁成相等的角度。用轻的球做这实验是比较适宜的。

在第一个实验中,应该把仪器这样地放在桌上,使仪器的带有木槌的那一面壁朝向观众。在第二个实验中,应将仪器转动到这