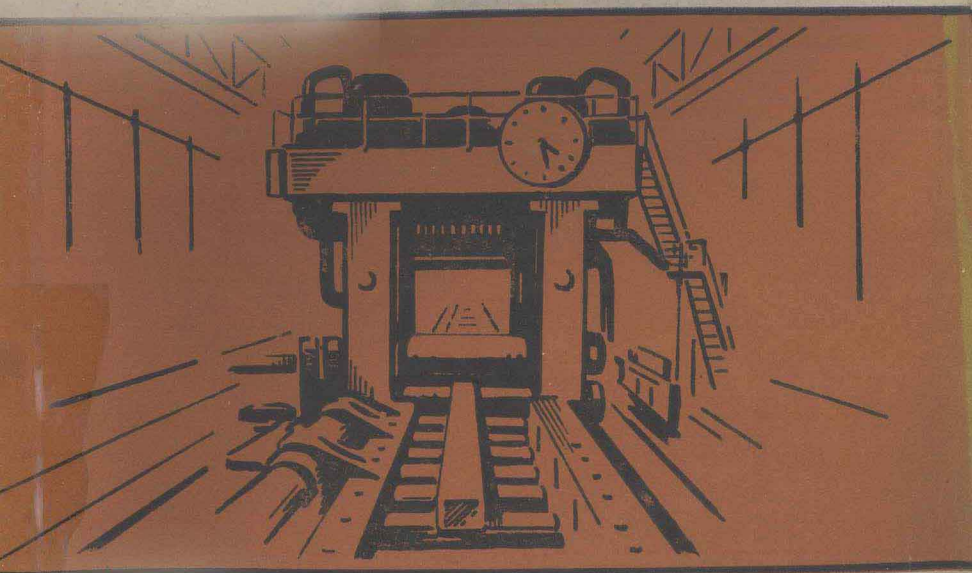


高級中學課本

物理学

WULIXUE

第二册



人民教育出版社

目 录

第一編 力学(續)

第一章 振动和波	6
1. 振动	6
2. 簡諧振动	6
3. 振动的振幅、周期和頻率	8
4. 单摆的振动	9
5. 单摆的振动定律	11
6. 摆在时鐘上的应用	13
7. 振动的图綫	14
8. 振动中能量的轉变	15
9. 阻尼振动	16
10. 受迫振动	17
11. 共振	18
12. 共振在技术上的意义	19
13. 振动在物体里的傳播	20
14. 橫波	21
15. 縱波	24
16. 波长 波长、頻率和波的速度关系	25
第二章 声学	27
17. 声音的发生	27
18. 声音的傳播	28
19. 声音的傳播速度	29
20. 声音的分类	30
21. 音調	31
22. 响度和声强	32
23. 音品	34
24. 声波的反射	35
25. 声音的共鳴和共鳴器	37
26. 声音的記錄和重发	39

27. 超声波	40
第三章 流体力学	41
28. 引言	41
29. 液体的压强	42
30. 浸在液体里的物体所受的浮力	44
31. 大气压强	46
32. 虹吸现象	47
33. 金属压强计	49
34. 稳流	49
35. 流綫	52
36. 运动流体里的压强	53
37. 液流和气流的空间作用和它的实际应用	55
38. 物体在液体和气体里运动时所受的阻力 流綫体	58
39. 飞机的举力	60
40. 水流的能的利用	63
41. 水力发动机	65
42. 风力发动机	68

第二編 分子物理学和热学

第四章 分子运动論	70
43. 分子运动論的发展	70
44. 布朗运动	71
45. 扩散现象	73
46. 克分子物质里的分子数 分子的大小和质量	74
47. 分子間的空隙	76
48. 分子間相互作用的力	76
49. 分子的热运动	79
第五章 热和功	80
50. 分子的动能 温度	80
51. 分子的势能 物体的內能	80
52. 物体內能的改变	81
53. 热量的单位	82

54. 物質的比熱	82
55. 比熱的測定	85
56. 熱功當量	87
57. 能的轉變和能量守恒定律	89
第六章 固体和液体的热膨脹	91
58. 固体的热脹冷縮	91
59. 固体的綫膨脹	92
60. 固体的体膨脹	95
61. 热膨脹在技术上的意义	96
62. 液体的热膨脹	98
第七章 气体的性質	101
63. 引言	101
64. 温度不变时气体的压强跟体积的关系 玻意耳—馬略特定律	101
65. 体积不变时气体的压强跟温度的关系 查理定律	106
66. 压强不变时气体的体积跟温度的关系 盖·呂薩克定律	109
67. 理想气体	112
68. 絕對温标	113
69. 气体的体积、压强、温度之間的关系 气态方程	115
70. 气体在膨脹时和被压縮时温度的变化	118
71. 压縮空气的应用	119
第八章 液体的性質	122
72. 液体分子間的作用	122
73. 液体表面的收縮趨勢	123
74. 表面張力	125
75. 表面張力系数	126
76. 浸潤現象	129
77. 浮游选矿法	131
78. 毛細現象	132
第九章 固体的性質	135
79. 晶体和非晶体	135
80. 空間点陣	137

81. 固体的形变·····	139
82. 彈性和范性·····	140
83. 彈性形变的基本类型·····	142
84. 胡克定律·····	145
85. 极限强度和安全系数·····	148
86. 硬度·····	150
87. 金属的压力加工·····	151
第十章 物态的变化 ·····	156
88. 熔解和凝固·····	156
89. 熔解热·····	158
90. 物体在熔解和凝固时体积的变化 压强对熔点的影响·····	161
91. 鑄造·····	161
92. 蒸发·····	164
93. 蒸发时的冷却·····	164
94. 飽和汽·····	166
95. 飽和汽压·····	166
96. 未飽和汽·····	169
97. 把未飽和汽变成飽和汽的方法·····	170
98. 沸騰·····	171
99. 汽化热·····	174
100. 气体的液化·····	177
101. 液态气体的应用·····	179
102. 空气的湿度·····	180
103. 露点·····	183
104. 湿度計·····	184
第十一章 热机 ·····	187
105. 热机 热机的基本部分和热机工作的特点·····	187
106. 热机的效率·····	188
107. 鍋炉·····	189
108. 蒸汽机·····	194
109. 蒸汽輪机·····	199
110. 热力化·····	202

111. 內燃机.....	204
112. 狄塞耳內燃机.....	207
113. 燃气輪机.....	211
114. 空气噴气发动机.....	213
115. 火箭噴气发动机.....	215

物 理 实 驗

实验一 測定重力加速度	217
实验二 測定物质的比热	217
实验三 玻意耳—馬略特定律	218
实验四 气态方程	219
实验五 測定表面張力系数	221
实验六 測定极限强度	222
实验七 測定汽化热	222

第一編 力 学(續)

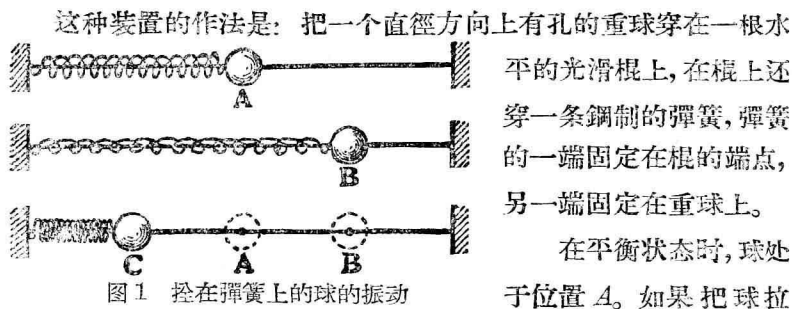
第一章 振动和波

1. 振动 振动现象,跟第一册里所讲的各种运动现象一样,也是经常可以看到的。

物体沿着直线或弧线经过某一中心位置的来回运动,就叫做振动。

把螺旋弹簧的上端固定,手拿着它的下端向下拉,然后把手松开,弹簧就发生振动。担着东西行走,扁担就发生振动。小鸟从树枝上飞开,树枝就发生振动。海里的水、地上的树木和田里的庄稼被风吹过后也发生振动。一切正在发声的物体都在振动。正在工作的蒸汽机的活塞也在振动。这些例子并不能包括所有的振动现象,不过从这里可以知道,振动现象在自然界和生产中是广泛存在着的。

2. 简谐振动 振动现象是多种多样的,其中最简单的就是简谐振动,现在用图1所示的装置来研究它。



重球为什么会振动呢?原来,当向右方拉球的时候,我们把弹簧拉长,这样弹簧就产生了一个使球回到平衡位置的力。放开以后,球

就在这个力的作用下向左作加速运动。当球回到平衡位置的时候，它已经具有了一定的速度，因此，虽然这时已不再受到弹簧的拉力（弹簧已不再是伸长的），球也并不停止下来，而要继续向左运动。球在越过平衡位置向左运动中要压缩弹簧，被压缩的弹簧就产生一个阻碍球的运动的力，因此球减速地到达某一位置 C 时就不能再向左运动。然后，在压缩弹簧的作用下，球又向右作加速运动。跟前面所说的情况相似，球并不停止在它的平衡位置上，而要越过这个位置并再次到达位置 B 。这样就完成了一个全振动。以后的运动将是重复上述的过程。

当然，影响重球的振动的，除了弹簧的弹力，还有球和棍之间的摩擦力。但是，由于球的孔壁和棍都很光滑，这个摩擦力是很小的，因此，在对重球的振动作初步研究的时候，我们可以不考虑摩擦力。

简单的量度指出，振动物体离开平衡位置的位移增加时，弹簧的弹力也成正比地增加。这就是说，如果球离开平衡位置的位移等于 x ，那么，它在这个位置上所受到的弹力 F 就可以写成：

$$F = kx,$$

式中的 k 是一个比例常数，对于一个弹簧来说是一个恒量，在数值上等于弹簧伸长单位长度时所产生的弹力。

应该注意，力 F 总是指向平衡位置的，因而它的方向总是跟从平衡位置量起的位移 x 的方向相反的。为了在公式中把这一点表示出来，上式应该改写成：

$$F = -kx. \quad (1)$$

物体在跟位移成正比的、并且总是指向平衡位置的力的作用下的振动，就叫做简谐振动。

我们所研究的重球的振动，就是简谐振动的一个例子。

根据牛顿第二定律， $F = ma$ （ F 是作用力， m 是物体的质量， a 是

物体在 F 作用下得到的加速度)。所以, 在(1)式中可以用 ma 来代替 F , 这样得到 $ma = -kx$, 即:

$$a = -\frac{k}{m}x. \quad (2)$$

(2)式告訴我們: 在簡諧振动中, 物体的加速度总是跟位移的大小成正比, 加速度的方向总是跟位移的方向相反。

习 題

1. 說明拴在彈簧上的重球的振动(图 1)的特点, 并填好下表:

	球的运动	使球运动的力的大小如何变化	球的运动的加速度的大小如何变化	球的运动的速度的大小如何变化
1	由 B 到 A			
2	由 A 到 C			
3	由 C 到 A			
4	由 A 到 B			

2. 图 1 中球在位置 B 和 C 时加速度的方向是什么?

3. 图 1 中球在什么位置时速度最大? 在什么位置时速度最小? 加速度呢?

3. 振动的振幅、周期和頻率 各种各样的振动現象之間是存在着重大差別的, 但同时它們也有許多重要的共同性質, 因此可以引入一些表明它們的共同性質的物理量。現在, 我們就用图 1 所示的簡諧振动来認識这些物理量。

振动物体离开平衡位置最大的距离叫做振幅。在图 1 中重球的振幅就等于 AB 或 AC 。

物体完成一个全振动所經過的时间叫做周期。在图 1 中重球由位置 B 經位置 A 到位置 C 、再經位置 A 回到位置 B 的时间, 或者重球由位置 A 到位置 C 、再經位置 A 到位置 B 、再回到位置 A 的时间, 都等于它的周期。

在 1 秒鐘内完成全振动的次数叫做頻率。

如果振动物体的周期等于1秒，那么，它的频率也等于1个单位。频率的单位叫做赫兹(是为了纪念德国物理学家赫兹而命名的)。

如果一个物体振动的周期等于 $\frac{1}{10}$ 秒，那么，它的频率就等于10赫兹。

一般说来，如果用 T 代表某一振动物体的周期，用 f 代表同一物体的频率，那么，就可以写出： $f = \frac{1}{T}$ 。

4. 单摆的振动 振动中最常见和最容易观察到的例子就是摆的振动。我们来研究最简单的摆——单摆——的振动。

把一个小球拴在一根细长的线上；如果线的质量跟小球的质量比较起来是可以略去不计的，而球的直径跟线的长度比较起来也是小得很多的，那么，这样的装置就是一个单摆(图2)。

使摆从平衡位置 A 偏开后再放开它，它就要振动起来。现在来研究一下振动的原因。

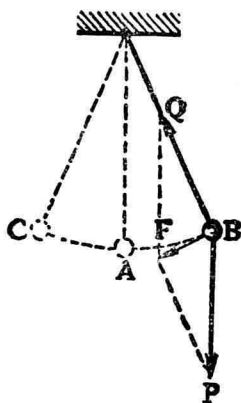


图2 单摆的振动

当摆静止在平衡位置的时候，作用到摆球上的重力和线的拉力平衡。但当摆偏开到位置 B 的时候，重力 P 和线的拉力 Q 就不在同一直线上了。

这两个力的合力 F ，从图2可以看出，总是指向平衡位置这一边的。合力 F 的大小是随着摆线的偏角的增加而增加的。正是这个合力 F 使摆在放开以后回到平衡位置去。

摆在到达平衡位置时， F 等于零，但由于摆已具有一定的速度，因此将继续向左边运动。但在越过平衡位置以后， F 将成为阻碍运

动的力；摆离开平衡位置越远，阻碍它的运动的力 F 就越大。结果摆到达某一位置 C 时就不能再向左运动。

然后，摆在力 F 的作用下向右运动。在到达平衡位置以前， F 的作用是使摆加速，但 F 的大小越来越小。摆越过平衡位置以后， F 的作用又变成使摆减速，同时 F 的大小越来越大，结果使摆到达位置 B 时就不能再向右运动。

这样，摆就在 F 的作用下完成了一个全振动。以后摆的运动将是重复上述的过程。

前面说过，使摆往复振动的合力 F 是随着摆线的偏角的增加而增加的，现在再来研究它们之间的数量关系。

当摆在位置 B 的时候，重力 P 是竖直向下的，线的拉力 Q 是沿着线的方向向上的，它们的合力 F 是跟摆线的方向垂直并且指向平衡位置这一边的。因此，虽然我们不知道拉力 Q 的大小，但也可以用图解法求出合力 F 来(图3)。从图中可以看出：

$$F = P \sin \alpha, \quad (1)$$

其中 α 是摆线的偏角。

用 l 代表摆线的长度，即 $OA = OB = l$ ，那么，如果用弧度表示角 α ，从图3可以看出， $\alpha = \frac{\widehat{AB}}{l}$ 。

如果摆在振动过程中偏角 α 很小，弧长 $\widehat{AB}$ 跟弦长 AB 的差别也就很小①，弦长 AB 就是摆球离开平衡位置的位移，用 x 来代表它。这样，就可以把偏角改写成 $\alpha = \frac{x}{l}$ 。

在偏角很小的时候， $\sin \alpha$ 和 α 之间的差别也很小②，因此，(1)式中的 $\sin \alpha$ 可以用 α 来代替。这样，

(1)式就改写成：

$$F = P \frac{x}{l}. \quad (2)$$

图3 推导单摆公式的附图

如果考虑到合力 F 的方向总是跟位移 x 的方向相反, 并且要在公式中把这一点表示出来, 那么, (2) 式就要改写成:

$$F = -P \frac{x}{l} \text{ 或 } F = -\frac{P}{l} x. \quad (3)$$

P 和 l 都是不变的量, 因此, (3) 式可以改写成

$$F = -kx, \text{ 其中 } k = \frac{P}{l}.$$

由此可见, 在振幅小的时候, 单摆的振动是在跟位移成正比的, 并且总是指向平衡位置的力的作用下进行的。

我們已經知道, 在这样的力作用下的振动就是简谐振动。所以, 在振幅小的时候, 单摆的振动是一种简谐振动。

习 題

1. 说明单摆振动(图 2)的特点并填好下表:

	摆的运动	使摆运动的力的大小如何变化	摆的运动的加速度的大小如何变化	摆的运动的速度的大小如何变化
1	由 B 到 A			
2	由 A 到 C			
3	由 C 到 A			
4	由 A 到 B			

在位置 B 和 C 时, 摆的运动的加速度的方向是什么?

摆在什么位置时速度最大? 在什么位置时速度最小? 加速度呢?

2. 100 克的单摆在偏角等于 5° 时, 使它回到平衡位置的作用力是多少? 这时它的加速度是多少?

5. 单摆的振动定律 把一个摆长差不多等于 1 米的单摆吊起

- ① 設半徑为 1, $\alpha = 1^\circ$ 时, 弧长是 0.0174533, 弦长是 0.0174531; $\alpha = 5^\circ$ 时, 弧长是 0.0872665, 弦长是 0.0872388。
- ② $\alpha = 1^\circ$ 时, $\sin 1^\circ = 0.0174524$, 而 $1^\circ = 0.0174533$ 弧度; $\alpha = 5^\circ$ 时, $\sin 5^\circ = 0.0871557$, 而 $5^\circ = 0.0872665$ 弧度。

来，先使它从平衡位置偏开到一个不大的角度，然后放开它；测出它振动一定次数(例如 50 次)需要多少时间。

使摆在較小的偏角下重新振动，再测出它振动 50 次所需要的时间。

实验结果表明，单摆在这两种情形下振动 50 次所需要的时间是一样的，也就是说，单摆在这两种情形下的振幅虽然不同，但它的周期是相同的。只要保持小的振幅，无论怎样改变单摆的振幅来作这个实验，结果都表明：在振幅小的时候，单摆的振动周期跟振幅没有关系。

摆的这个性质叫做等时性，是伽利略首先发现的。由于摆的这种性质，我们就可以把它应用到时钟上(见下节)。

取两个质量不同但大小相同的小球，分别拴在长度相等的细线上，做成两个单摆。

使两个摆都从平衡位置偏开相同的角度并同时放开它们，然后观察它们的振动，可以看到，虽然它们的质量不同，但它们振动的周期却是相同的。我们还可以用其他的不同质量的摆来做这个实验，结果都表明：单摆的振动周期跟它的质量没有关系。

我们再来作一个实验，取几个质量相同但摆长不同(例如 1 米、 $\frac{1}{2}$ 米、 $\frac{1}{4}$ 米)的单摆，使它们偏开相同的角度后放开它们，可以看到它们的振动周期是互不相同的。如果我们分别测出它们振动一定次数(例如 50 次)所需要的时间，并计算出它们的振动周期，然后把各个摆的周期的比跟对应的各个摆长的平方根的比作一比较，就可以知道：单摆的振动周期跟摆长的平方根成正比。

荷兰学者惠更斯在研究了摆的振动现象以后，发现单摆的振动周期不但跟摆长的平方根成正比，而且还跟重力加速度的平方根成反比。惠更斯确定了如下的表示单摆的振动周期的公式：

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

其中 T 是单摆的周期, l 是摆长, g 是重力加速度。

由于单摆的振动周期和摆长都可以用实验方法很准确地测出来, 所以, 利用摆的振动可以准确地测定各地的重力加速度。

习 题

1. 用单摆作测定重力加速度的实验, 摆长是 24.8 厘米, 它振动 120 次需要 2 分钟。求重力加速度是多少。
2. 我们通常把振动的半周期是 1 秒的单摆叫做秒摆。北京的重力加速度是 980.12 厘米/秒^2 , 求北京的秒摆的摆长是多少。
3. 为了测定重力加速度和求出秒摆的摆长, 取一个用 90.7 厘米长的细金属线和直径是 4 厘米的金属球作成的摆, 这个摆振动 100 次需要 3 分 13.2 秒。求重力加速度和秒摆的摆长。

6. 摆在时钟上的应用 时钟的主要部分就是一系列的用提起的重物或卷紧的弹簧带动的、跟指针相联系的齿轮。但是, 重物的下落或弹簧的放松都不均匀, 而指针的运动是要指出相等的时间间隔的, 因此就要利用摆的等时性来调节时钟的运动。

图 4 就是一个说明用摆来调节时钟运动的模型。如果没有摆和跟摆一同振动的节摆件 m , 齿轮 R 的转动就将在重物下落中越转越快。但由于跟摆一同振动的节摆件 m 对齿轮 R 的控制作用, 在摆每



惠更斯(1629—1695), 荷兰的大物理学家和数学家。他首先解决了力学上的许多重要问题, 发现了单摆的振动定律, 确立了向心力的公式。惠更斯首先把摆应用到钟上 (1657)。他所提出的关于光的学说, 到现在还没有失去它的意义。

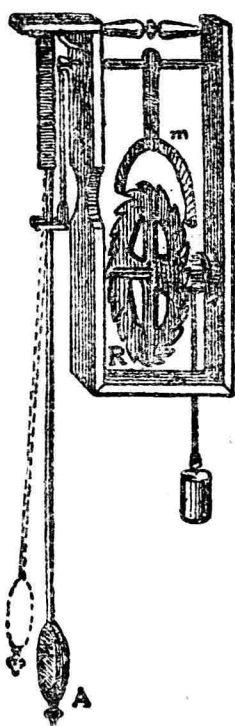


图4 用摆调节钟的运动

振动一次的时候齿輪 R 只能轉过一个齿，这样就能使跟齿輪 R 相連系的指針（图中未画出）在相等的時間內轉过相等的角度。

在摆上上下下移动摆錘 A ，可以改变摆的振动周期，这样就可以調节时钟的快慢。

7. 振动的图綫 振动的图綫在研究迅速的振动过程时特別有用，因为它使我們有可能对振动过程的每个阶段分別进行研究。

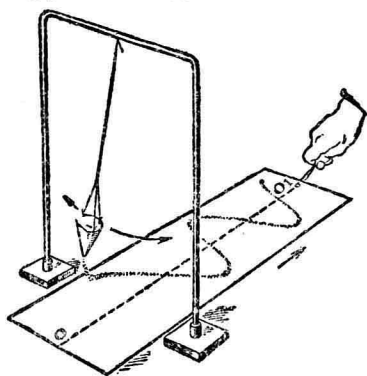


图5 作振动图綫的装置

利用图5所示的装置，可以在硬紙片或薄木板上作出装沙的摆的振动图綫。

装沙的玻璃漏斗是在某一个一定的平面上振动的。在漏斗下面放一片中央画有“零綫” OO_1 的薄木板。

在放置薄木板的时候，要使摆的平衡位置正好在“零綫”的上方。在移动薄木板的时候，总要使“零綫”在摆的平衡位置的正下方通过。

匀速地拉动薄木板，从漏斗漏下的沙流将每隔相等的时间（半周期）切割“零綫” OO_1 一次。

在每一时刻漏斗都要漏出一部分沙，这些沙就在薄木板上記載

出摆在各该时刻的位置。任何一部分沙跟“零线” OO_1 的垂直距离就等于该时刻摆的位移。位移的最大值就等于摆的振幅。接连不断地漏下的沙组成了连续沙流，在薄木板上作出了摆的位移随时间而变化的图线(图 6)。



我們所作出的摆的振动图线是

图 6 摆的振动图线

一种正弦图线。实际上，所有的简谐振动的图线都是正弦图线。

8. 振动中能量的转变 使摆由平衡位置偏开的时候，我们要做功来使摆升高(图 2)。当摆达到最高位置(B 点)时它的势能最大。如果把摆在平衡位置时的势能取作零，那么，摆的偏开到最高位置时的势能就等于我們所做的功(假设没有任何能量损失)。

摆从位置 B 运动到越来越低的位置上，它的势能就越来越小，但同时它的速度却不断增加，因此它的动能就越来越大。当摆到达最低的平衡位置 A 时，它的势能等于零，而动能达到最大值(因为在这里摆的速度最大)。假如没有任何能量损失，那么，根据能量守恒定律，摆在通过平衡位置时的动能就等于它在最高位置时的势能。当摆通过这段路程中的任何中间位置时，它的势能和动能的和等于它在最高位置 B 时的势能。

当摆由位置 A 运动到位置 C 的时候，它的位置越来越高，因此它的势能越来越大，同时它的速度和动能越来越小。当摆到达位置 C 时，也就是当它到达跟位置 B 同样高的地方时，它的动能等于零。摆在位置 B 和在位置 C 的势能是相等的。

在图 1 的装置里也可以进行相似的能量转变过程，只不过在这里跟动能相互转变的不是重力势能而是弹性势能。

习 题

1. 摆在每一个全振动中，势能转变成动能多少次？动能转变成势能多少

次?

2. 有一个单摆, 摆长是 l 厘米, 摆球质量是 m 克, 摆动时的最大偏角是 α , 求这个摆所具有的机械能。設摆在平衡位置时的势能等于零。
3. 振动中的摆在通过什么位置时它的动能和势能相等? 設摆在平衡位置时的势能等于零。
4. 拴在綫上的金属球, 在通过平衡位置时速度是 140 厘米/秒。求它能够上升多高。

9. 阻尼振动 如果我們供給摆一定的能量(例如碰它一下或者使它偏开后再放开它)来使摆开始振动, 以后就不再干涉它, 并且假定摆在以后的振动过程中不受到摩擦和其他的任何阻力, 那么, 根据上一节的研究可以知道, 摆的振动将永远繼續下去。这种振动就叫做固有振动。

物体在作固有振动时的頻率通常叫做它的固有頻率。

但是, 实际上我們在把摆偏开后再放开它并观察它的振动的时候, 就可以发现, 它的振幅是逐漸減小的, 經過一定時間后它的振动就完全停止下来。为什么呢? 原来摆的能量逐漸消耗在克服空气阻力和悬点的摩擦力上面了。

振动的物体克服摩擦和其他阻力做了功, 它自己的能量逐漸減少, 振幅也隨着减小, 这种現象叫做振动的阻尼。振幅越来越小的振动叫做阻尼振动。这种振动的图綫如图 7 所示。

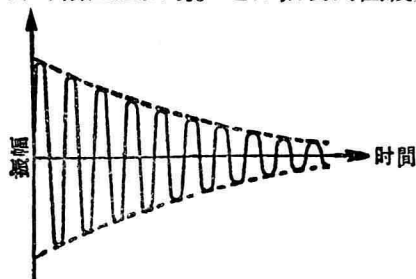


图 7 阻尼振动的图綫

媒质的阻力越大, 振幅的减小就越快, 振动也停止得越快。摆在空气中可以振动相当长的時間, 但具有相同能量的摆, 在水中振动的時間就要短得多了。

物体之所以作阻尼振动,