

高級中學課本

物 理 學

二年級第一分冊



目 錄

第一編 力学(續)

第一章 振动和波 5

1. 振动 5
2. 簡諧振动 5
3. 振动的振幅、週期和頻率 7
4. 單擺的振动 8
5. 單擺的振动定律 11
6. 擺在时鐘上的应用 13
7. 振动的圖綫 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. 共振在技術上的意义 19
13. 振动在物体里的傳播 21
14. 橫波 21
15. 縱波 24
16. 波長 波長、頻率和波的速度关系 26

第二章 声学 27

17. 声音的發生 27
18. 声音的傳播 24

19. 声音的传播速度	30
20. 声音的分类	31
21. 音调	32
22. 响度和声强	33
23. 音品	35
24. 声波的反射	37
25. 声音的共鸣和共鸣器	38
26. 声音的记录和重发	41
27. 超声波	42

第三章 流体力学 43

28. 引言	43
29. 液体的压强	44
30. 浸在液体里的物体所受的浮力	47
31. 大气压强	49
32. 虹吸现象	50
33. 金属压强计	51
34. 稳流	52
35. 流綫	55
36. 运动流体里的压强	57
37. 液流和气流的爱吸作用和它的实际应用	59
38. 物体在液体和气体里运动时所受的阻力 流綫体	62
39. 飞机的举力	64
40. 水流的能的利用	68
41. 水力发动机	70

42. 風力發動機	73
-----------	----

第二編 分子物理学和热学

第四章 分子运动論	75
-----------	----

43. 分子运动論的發展	75
44. 布朗运动	76
45. 擴散現象	78
46. 克分子物質里的分子数 分子的大小和質量	79
47. 分子間的空隙	81
48. 分子間相互作用的力	82
49. 分子的热运动	85

第五章 热和功	83
---------	----

50. 分子的动能 温度	86
51. 分子的势能 物体的內能	86
52. 物体內能的改变	87
53. 热量的單位	88
54. 物質的比热	88
55. 比热的測定	91
56. 热功当量	93
57. 能的轉变和能量守恒定律	96

第六章 固体和液体的热膨脹	98
---------------	----

58. 固体的热脹冷縮	98
59. 固体的綫膨脹	99
60. 固体的体膨脹	102

61. 热膨胀在技术上的意义	103
62. 液体的热膨胀	106
第七章 气体的性质	108
63. 引言	108
64. 温度不变时气体的压强跟体积的关系	
玻意耳—马略特定律	109
65. 体积不变时气体的压强跟温度的关系 查理定律	114
66. 压强不变时气体的体积跟温度的关系	
盖·吕萨克定律	117
67. 理想气体	121
68. 绝对温标	122
69. 气体的体积、压强、温度之间的关系 气态方程	124
70. 气体在膨胀时和被压缩时温度的变化	127
71. 压缩空气的应用	128

物 理 实 驗

实验一 测定重力加速度	132
实验二 测定物质的比热	132
实验三 玻意耳—马略特定律	133
实验四 气态方程	135

第一編 力 學(續)

第一章 振動和波

1. 振動 振動現象，跟第一冊里所講的各種運動現象一樣，也是經常可以看到的。

物體沿着直線或弧綫經過某一中心位置的來回運動，就叫做振動。

把螺旋彈簧的上端固定，手拿着它的下端向下拉，然後把手松开，彈簧就發生振動。担着東西行走，扁担就發生振動。小鳥從樹枝上飛開，樹枝就發生振動。海里的水、地上的樹木和田里的庄稼被風吹過後也發生振動。一切正在發聲的物體都在振動。正在工作的蒸汽機的活塞也在振動。這些例子並不能包括所有的振動現象，不過從這裡可以知道，振動現象在自然界和生產中是廣泛存在着的。

2. 簡諧振動 振動現象是多種多樣的，其中最簡單的就是簡諧振動，現在用圖 1 所示的裝置來研究它。

這種裝置的作法是：把一個直徑方向上有孔的重球穿在一根水平的光滑棍上，在棍上還穿一條鋼制的彈簧，彈簧的一端固定在棍的端點，另一端固定在重球上。

在平衡狀態時，球處於位置 A。如果把球

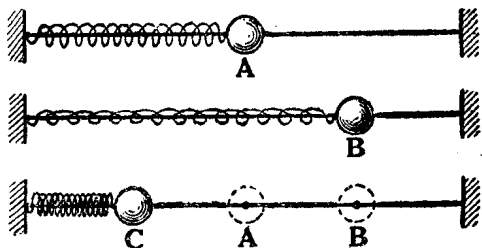


圖 1 拴在彈簧上的球的振動

拉到右方的位置 B 后再放开，它就要在平衡位置 A 的附近振动。

重球为什么会振动呢？原來，当向右方拉球的时候，我們把彈簧拉長，这样彈簧就產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，它已經具有了一定的速度，因此，虽然这时已不再受到彈簧的拉力（彈簧已不再是伸長的），球也並不停止下來，而要繼續向左运动。球在越过平衡位置向左运动中要压缩彈簧，被压缩的彈簧就產生一个阻碍球的运动的力，因此球減速地到达某一位置 C 时就不能再向左运动。然后，在压缩彈簧的作用下，球又向右作加速运动。跟前面所說的情况相似，球並不停止在它的平衡位置上，而要越过这个位置並再次到达位置 B 。这样就完成了一个全振动。以后的运动將是重复上述的过程。

当然，影响重球的振动的，除了彈簧的彈力，还有球和棍之間的摩擦力。但是，由於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，我們可以不考慮摩擦力。

簡單的量度指出，振动物体离开平衡位置的位移增加时，彈簧的彈力也成正比地增加。这就是說，如果球离开平衡位置的位移等於 x ，那么，它在这个位置上所受到的彈力 F 就可以寫成：

$$F = kx,$$

式中的 k 是一个比例常数，對於一个彈簧來說是一个恒量，在数值上等於彈簧伸長單位長度时所產生的彈力。

應該注意，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來，上式應該改寫成：

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

物体在跟位移成正比的、並且总是指向平衡位置的力的作用下的振动, 就叫做簡諧振动。

我們所研究的重球的振动, 就是簡諧振动的一个例子。

根据牛頓第二定律, $F=ma$ (F 是作用力, m 是物体的質量, 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 來代替 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。

習 題

1. 說明拴在彈簧上的重球的振动(圖1)的特点, 並填好下表:

	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. 圖1中球在位置 B 和 C 时加速度的方向是什么?

3. 圖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、週期和頻率 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, 我們就用圖1所示的簡諧振动來認識这些物理量。

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

物体完成一个全振动所經過的时间叫做週期。在圖 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，都等於它的週期。

在 1 秒鐘內完成全振动的次数叫做頻率。

如果振动物体的週期等於 1 秒，那么，它的頻率也等於 1 个單位。頻率的單位叫做赫茲（是为了紀念德國物理学家赫茲而命名的）。

如果一个物体振动的週期等於 $\frac{1}{10}$ 秒，那么，它的頻率就等於 10 赫茲。

一般說來，如果用 T 代表某一振动物体的週期，用 f 代表同一物体的頻率，那么，就可以寫出： $f = \frac{1}{T}$ 。

4. 單擺的振动 振动中最常見和最容易觀察到的例子就是

擺的振动。我們來研究最簡單的擺——單擺——的振动。

把一个小球拴在一根細長的綫上；如果綫的質量跟小球的質量比較起來是可以略去不計的，而球的直徑跟綫的長度比較起來也是小得很多的，那么，这样的裝置就是一个單擺（圖 2）。

使擺从平衡位置 A 偏开后再放开它，它就要振动起來。現在來研究一下振动的原因。

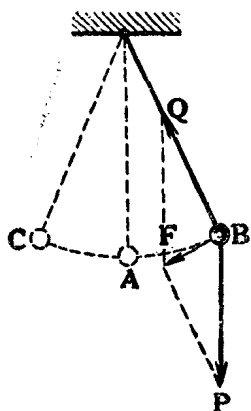


圖 2 單擺的振动

当擺靜止在平衡位置的时候,作用到擺球上的重力和綫的拉力平衡。但当擺偏开到位置 B 的时候,重力 P 和綫的拉力 Q 就不在同一直綫上了。

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

擺在到达平衡位置时, F 等於零,但由于擺已具有一定的速度,因此將繼續向左边运动。但在越过平衡位置以后, F 將成为阻碍运动的力;擺离开平衡位置越远,阻碍它的运动的力 F 就越大。結果擺到达某一位置 C 时就不能再向左运动。

然后,擺在力 F 的作用下向右运动。在到达平衡位置以前, F 的作用是使擺加速,但 F 的大小越來越小。擺越过平衡位置以后, F 的作用又变成使擺減速,同时 F 的大小越來越大,結果使擺到达位置 B 时就不能再向右运动。

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

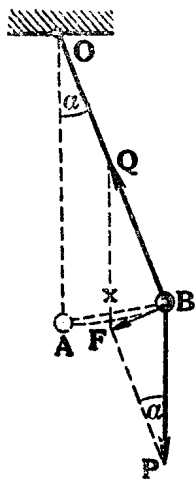
前面說过,使擺往复振动的合力 F 是随着擺綫的偏角的增加而增加的,現在再來研究它們之間的数量关系。

当擺在位置 B 的时候,重力 P 是豎直向下的,綫的拉力 Q 是沿着綫的方向向上的,它們的合力 F 是跟擺綫的方向垂直並且指向平衡位置这一边的。因此,虽然我們不知道拉力 Q 的大小,但也可以用圖解法求出合力 F 來(圖 3)。从圖中可以看出:

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

其中 α 是擺綫的偏角。

用 l 代表擺綫的長度,即 $OA=OB=l$,那么,如果用弧度表



示角 α , 从圖 3 可以看出, $\alpha = \frac{\widehat{AB}}{l}$ 。

如果擺在振動過程中偏角 α 很小, 弧長 AB 跟弦長 AB 的差別也就很小^①, 弦長 AB 就是擺球離開平衡位置的位移, 用 x 來代表它。這樣, 就可以把偏角改寫成 $\alpha = \frac{x}{l}$ 。

在偏角很小的時候, $\sin \alpha$ 和 α 之間的差別也很小^②, 因此, (1) 式中的 $\sin \alpha$ 可以用 α 來代替。這樣, (1) 式就改寫成:

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

圖 3 推導單擺公式的附圖

如果考慮到合力 F 的方向總是跟位移 x 的方向相反, 並且要在公式中把這一點表示出來, 那麼, (2) 式就要改寫成:

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

P 和 l 都是不變的量, 因此, (3) 式可以改寫成

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

由此可見, 在振幅很小的時候, 單擺的振動是在跟位移成正比的、並且總是指向平衡位置的力的作用下進行的。

我們已經知道, 在這樣的力作用下的振動就是簡諧振動。所以, 在振幅很小的時候, 單擺的振動是一種簡諧振動。

習 題

1. 說明單擺振動(圖 2)的特點並填好下表:

	擺的运动	使擺运动的力的大小如何变化	擺的运动的加速度的大小如何变化	擺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, 擺的运动的加速度的方向是什么?

擺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 克重的單擺在偏角等於 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. 單擺的振动定律 把一个擺長差不多等於 1 米的單擺吊起来, 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)需要多少時間。

使擺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。

实验結果表明, 單擺在这两种情形下振动 50 次所需要的时间是一样的, 也就是說, 單擺在这两种情形下的振幅虽然不同, 但它的週期是相同的。只要保持小的振幅, 無論怎样改变單擺的振幅來作这个实验, 結果都表明: 在振幅小的时候, 單擺的振动週期跟振幅没有关系。

擺的这个性質叫做等时性, 是伽利略首先發現的。由於擺的这种性質, 我們就可以把它应用到时鐘上(見下節)。

取两个質量不同但大小相同的小球, 分別拴在長度相等的細

- ① 設半徑为 1, $\alpha=1^\circ$ 时, 弧長是 0.0174533, 弦長是 0.0174531; $\alpha=5^\circ$ 时, 弧長是 0.0872665, 弦長是 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。

綫上，做成兩個單擺。

使兩個擺都從平衡位置偏開相同的角度並同時放開它們，然後觀察它們的振動，可以看到，雖然它們的質量不同，但它們振動的週期却是相同的。我們還可以用其他的不同質量的擺來做這個實驗，結果都表明：單擺的振動週期跟它的質量沒有關係。

我們再來作一個實驗，取幾個質量相同但擺長不同（例如1米、 $\frac{1}{2}$ 米、 $\frac{1}{4}$ 米）的單擺，使它們偏開相同的角度後放開它們，可以看到它們的振動週期是互不相同的。如果我們分別測出它們振動一定次數（例如50次）所需要的時間，並計算出它們的振動週期，然後把各個擺的週期的比跟對應的各個擺長的平方根的比作一比較，

就可以知道：單擺的振動週期跟擺長的平方根成正比。

荷蘭學者惠更斯在研究了擺的振動現象以後，發現單擺的振動週期不但跟擺長的平方根成正比，而且還跟重力加速度的平方根成反比。惠更斯確定了如下的表示單擺的振動週期的公式：

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

其中 T 是單擺的週期， l 是擺長， g 是重力加速度。

由於單擺的振動週期和擺長都可以用實驗方法很準確地測出來，所以，利用擺的



惠更斯(1629—1695)，荷蘭的大物理學家和數學家。他首先解決了力學上的許多重要問題，發現了單擺的振動定律，確立了向心力的公式。惠更斯首先把擺應用到鐘上(1657)。他所提出的關於光的學說，到現在還沒有失去它的意義。

振动可以准确地测定各地的重力加速度。

習 題

1. 用單擺作測定重力加速度的實驗，擺長是 24.8 厘米，它振动 120 次需要 2 分鐘。求重力加速度是多少。
2. 我們通常把振动的半週期是 1 秒的單擺叫做秒擺。北京的重力加速度是 980.12 厘米/秒^2 ，求北京的秒擺的擺長是多少。
3. 为了測定重力加速度和求出秒擺的擺長，取一个用 90.7 厘米長的細金屬綫和直徑是 4 厘米的金屬球作成的擺，这个擺振动 100 次需要 3 分 13.2 秒。求重力加速度和秒擺的擺長。

6. 擺在时鐘上的应用 时鐘的主要部分就是一系列的用提起的重物或卷緊的彈簧帶動的、跟指針相連系的齒輪。但是，重物的下落或彈簧的放松都不均勻，而指針的运动是要指出相等的时间間隔的，因此就要利用擺的等时性來調節时鐘的运动。

圖 4 就是一个說明用擺來調節时鐘运动的模型。如果沒有擺和跟擺一同振动的節擺件 m ，齒輪 R 的轉动就將在重物下落中越轉越快。但由於跟擺一同振动的節擺件 m 对齒輪 R 的控制作用，在擺每振动一次的时候齒輪 R 只能轉过一个齒，这样就能使跟齒輪 R 相連系的指針(圖中未画出)在相等的时间內轉过相等的角度。

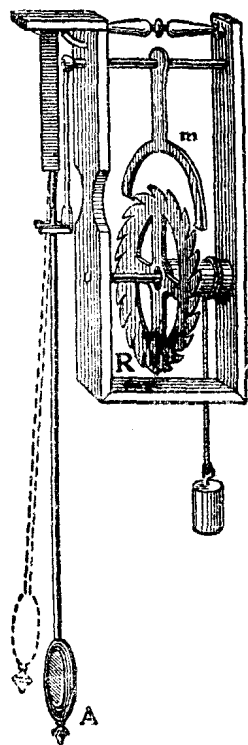


圖 4 用擺調節鐘的运动

在擺上上下下移动擺錘 A, 可以改变擺的振动週期, 这样就可以調節时鐘的快慢。

7. 振动的圖綫 振动的圖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階段分別進行研究。

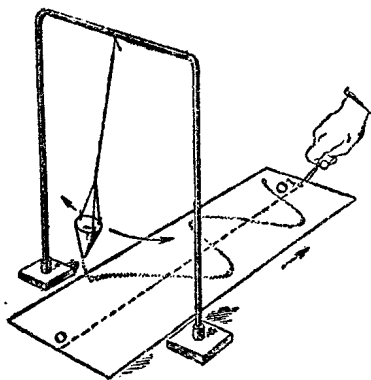


圖 5 作振动圖綫的裝置

利用圖 5 所示的裝置, 可以在硬紙片或薄木板上作出裝沙的擺的振动圖綫。

裝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, 要使擺的平衡位置正好在“零綫”的上方。在移动薄木板的时候, 总要使“零綫”在擺的平衡位置的正下方通过。

匀速地拉动薄木板, 从漏斗漏下的沙流將每隔相等的时间(半週期)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擺在各該时刻的位置。任何一部分沙跟“零綫” OO_1 的垂直距离就等於該时刻擺的位移。位移的最大值就等於擺的振幅。接連

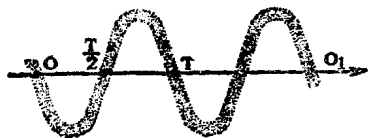


圖 6 擺的振动圖綫

不断地漏下的沙組成了連續的沙流, 在薄木板上作出了擺的位移随時間而变化的圖綫 (圖 6)。

我們所作出的擺的振動圖綫是一種正弦圖綫。實際上，所有的簡諧振動的圖綫都是正弦圖綫。

8. 振動中能量的轉變 使擺由平衡位置偏開的時候，我們要做功來使擺升高(圖 2)。當擺達到最高位置(B 點)時它的勢能最大。如果把擺在平衡位置時的勢能取作零，那麼，擺在偏開到最高位置時的勢能就等於我們所做的功(假設沒有任何能量損失)。

擺從位置 B 運動到越來越低的位置上，它的勢能就越來越小，但同時它的速度卻不斷增加，因此它的動能就越來越大。當擺到達最低的平衡位置 A 時，它的勢能等於零，而動能達到最大值(因為在這裡擺的速度最大)。假如沒有任何能量損失，那麼，根據能量守恆定律，擺在通過平衡位置時的動能就等於它在最高位置時的勢能。當擺通過這段路程中的任何中間位置時，它的勢能和動能的和等於它在最高位置 B 時的勢能。

當擺由位置 A 運動到位置 C 的時候，它的位置越來越高，因此它的勢能越來越大，同時它的速度和動能越來越小。當擺到達位置 C 時，也就是當它到達跟位置 B 同樣高的地方時，它的動能等於零。擺在位置 B 和在位置 C 的勢能是相等的。

在圖 1 的裝置里也可以進行相似的能量轉變過程，只不過在這裡跟動能相互轉變的不是重力勢能而是彈性勢能。

習 題

1. 擺在每一個全振動中，勢能轉變成動能多少次？動能轉變成勢能多少次？
2. 振動中的擺在通過什麼位置時它的動能和勢能相等？
3. 拴在綫上的金屬球，在通過平衡位置時速度是 140 厘米/秒。求它能夠上升多高。

9. 阻尼振动 如果我们供給擺一定的能量(例如碰它一下或者使它偏开后再放开它)來使擺开始振动,以后就不再干涉它,並且假定擺在以后的振动过程中不受到摩擦和其他的任何阻力,那么,根据上一節的研究可以知道,擺的振动將永远繼續下去。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,实际上我們在把擺偏开后再放开它並观察它的振动的时候,就可以發現,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來。为什么呢?原來擺的能量逐漸消耗在克服空气阻力和懸点的摩擦力上面了。

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,振幅也随着減小,这种現象叫做振动的阻尼。振幅越來越小的振动叫做阻尼振动。这种振动的圖綫如圖 7 所示。

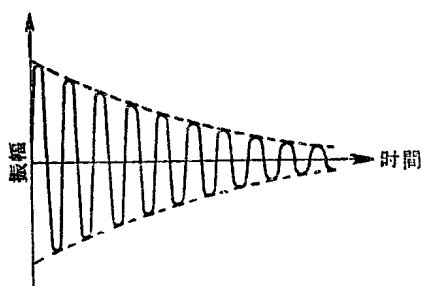


圖 7 阻尼振动的圖綫

媒質的阻力越大,振幅的減小就越快,振动也停止得越快。擺在空气中可以振动相当長的时间,但具有相同能量的擺,在水中振动的時間就要短得多了。

物体之所以作阻尼振动,是因为它的能量逐漸消耗在克服摩擦和其他阻力上的緣故。因此,如果我們能够根据物体在振动过程中能量消耗的情形給予补充能量,那么,虽然有摩擦和其他的阻力,物体的振动也可以是無阻尼的。例如,鐘上的擺的振动(圖 4),就在每一週期中由於齒輪輕微推动節擺件而取得补充的能量,因