

高等學校教學用書

物理學習題彙編

Д. Н. 沙哈洛夫 著
И. С. 科斯明科夫

高等教育出版社

高等学校教学用书



物理学学习题彙編

Д. И. 沙哈洛夫, И. С. 科斯明科夫著
浙江大学物理教研组译

高等教育出版社

本書系根據蘇俄教育出版社 (Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР) 出版的沙哈洛夫 (Л. П. Сахаров) 及科斯明科夫 (И. С. Косминков) 合著“物理學習題彙編”1962年第四版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為師範大學教學參考書。內分力學、分子物理學、電學、及聲學、光學、原子構造四章，搜集習題共980題，書末并附有解答及常數表等。

本書譯校工作，主要是由浙江大學物理教研組劉古、胡嘉楨、胡濟民、沈世武擔任的，第三、第四兩章還參考了東北工學院劉立本、張開義的譯稿。

本書原由商務印書館出版，自1987年6月起改由本社出版。

物 理 學 習 題 彙 編

Л. П. 沙哈洛夫, И. С. 科斯明科夫著

浙江大學物理教研組譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7號
(北京市書刊出版業營業許可證出字第054號)

上海市印刷四廠印刷 新華書店發行

統一書號 13010·341 開本 850×1168 1/32 印張 9 12/16

字數 250,000 印數 13,501—18,500 定價 (4) 1.10

1953年9月商務初版 (共印24,000冊)

1957年6月第1版 1959年2月上海第6次印刷

初 版 序

本書供師範學院物理數學系學生用。作者注意到未來的物理教師的需要，力求以下列辦法滿足他們的要求：

(1) 本書除了習題之外，還列入了許多半複習性的習題，以及學生必須要加以思考的問題。

(2) 列入了許多有技術內容的習題。

(3) 列入了許多專供研究學校物理實驗室中的儀器的原理之用底問題及習題。

選擇習題時，除了練習性質的習題外，作者列入了一些比較難的，而同時對物理的理解有擴展和深入作用的習題。作者認為，學生在解某些習題時，如果能夠翻閱教本或詢問教師，這樣對學生是有好處的。

容易的習題以記號○來表示，比較難的用記號⊖，難的習題用記號⊕來表示。

第一章是 И. У. 科斯明科夫和 Л. И. 沙哈洛夫編的，其餘各章是 Л. И. 沙哈洛夫編的。

我們請求用這本書的讀者把發現的錯誤通知教育出版社數學及物理編輯部（莫斯科 Чистые пруды 6）。作者謹向 Н. Н. 捷米多夫和 Ф. К. 庫列兵致謝意，他們對本書比較難的習題的答案都作了審查。

作者。

第 四 版 序

在第四版中曾作了修正與補充。最後一章（第四章）改動最多，篇幅增加了一些。本書前三章的習題數目與前一版一樣，但有部份的習題換成新的了。謹向 Е. Н. 馬洛夫教授致謝，因為他作了許多寶貴的指示。

Л. 沙哈洛夫。

讀者注意

1. 首先必須熟悉書末的附表，因為很多問題不利用它們是不能解決的，同時也必須熟悉每節前面的引言，這些引言中包含了主要概念和公式的綱要，以供解答該節及以後各節的習題作參考。

2. 在研究題意之後，應當確切知道所有在解題時要用到的數據是否都已列出了；缺少的數據可從書末附表中查得。

3. 其次，應當想清楚為了解決所給與的問題而應作的簡化假定。比方說，在計算子彈打進木板中的運動時，我們是把它底運動當作均勻減速的，雖然，無疑地，這運動在事實上要複雜得多。

這些簡化假定一部分是由題文中指出的，但一部分就一定要在作解答時作出，例如像“把地球當作一個均勻球體，求得……”等等。

4. 應當採用各種數量的標準記號（附表 XXXIII）而將解答寫成最常見的形式。

5. 將解答寫成若干以已知數表示未知數的公式後，應當不看書末所附的答案，而先用下面的方法，來檢查所求得的結果底正確性。

（1）檢查所得公式中每一項的量綱（размерность）是否相等，如果量綱不相等，那就很清楚地說明了解答的不正確。如果公式中有指數函數的話，指數底量綱一定要等於零。

（2）檢查所得公式對各種特殊情形是否適用，對這些特殊情形的答案或者是已經從原理中知道了，或者是已經從前面已解出的習題中知道了。試看一簡單的例：設對一在高度 h 處以速度 v_0 被拋出的物體得到了一個關於落到地面時的速度的公式：

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

若 $v_0 = 0$ ，那末公式就化為自由落體的速度公式： $v = \sqrt{2gh}$ 。若拋出處的高度很小，則物體的速度顯然是差不多等於初速，這同樣可以

從導出的公式中令 $h=0$ 得到。

只有在檢查量綱和研究特殊情形以後，才應當將所得公式和答案核對。

6. 必須注意，習題的解答一定要有根據。例如解習題 199 時就要證明雖然事實上是整個箱子而不是一個質點在振動，但為什麼在我們所考慮的情形中仍然可以應用單擺公式。

屬於定性方面的問題的解答，也同樣需要有根據。比方說，習題 692(6) 的完全解答大致應該是這樣：試考察磁鐵在作一微小前進時的功 ΔA ，在這前進中電流強度可以作為常數。因為靠了這功產生若干熱量，故可寫成： $\Delta A = I^2 R \Delta t = I \Delta q R$ 。又因為只要磁通量的改變一定， Δq 是和它的改變快慢沒有關係的，所以 ΔA 正比於 I 。當磁鐵很快地插入時， I 較慢慢插入時為大，因此 ΔA 也較大。這對於磁鐵移動任意一小段距離都是正確的。因此磁鐵很快移動時的總功也比慢慢移動時為大。

7. 在作數字計算以前，應先將所有數據換算到用同一種單位系統。電學和磁學的數量利用表 V, 4 來換算就比較簡化。

開始計算時應先考慮到所給的問題的準確程度，決定在結果中應用幾位數字（在大多數問題中是用兩位或三位）。計算時要用計算尺或對數表。

目 錄

初版序

第四版序

讀者注意

第一章 力學1

- § 1. 運動學1
- § 2. 自由落體和拋射體的運動 斜面上的運動7
- § 3. 移動動力學11
- § 4. 轉動動力學19
- § 5. 萬有引力定律28
- § 6. 靜力學 重心31
- § 7. 物質的強度和彈性35
- § 8. 振動動力學 擺37
- § 9. 液體和氣體的運動43

第二章 分子物理學47

- § 10. 固體及液體在受熱時的膨脹47
- § 11. 理想氣體的特性49
- § 12. 熱力學第一定律應用於理想氣體53
- § 13. 氣體的分子運動論60
- § 14. 實在氣體 臨界狀態64
- § 15. 液體的分子力65
- § 16. 蒸氣的性質 空氣的溫度69
- § 17. 溶液的性質72
- § 18. 熱力學第二定律74
- § 19. 熱的傳導78

第三章 電學81

- § 20. 電荷的相互作用81
- § 21. 電位85
- § 22. 電場中的導體91
- § 23. 電場中的電介質93
- § 24. 電容94

§ 25. 歐姆定律	99
§ 26. 電網	105
§ 27. 電流的功和功率	110
§ 28. 金屬中的電子現象	114
§ 29. 氣體中的電流	117
§ 30. 電解質中的現象	121
§ 31. 磁	123
§ 32. 電流在磁場中移動時的功和電磁感應	134
§ 33. 迴路電流	143
§ 34. 電容器的放電 電振盪	150
第四章 聲學·光學·原子構造	154
§ 35. 彈性振動的傳播和聲的現象	164
§ 36. 光度定律	160
§ 37. 反射鏡, 稜鏡與透鏡	163
§ 38. 光的波動性	175
§ 39. 光學中的量子現象	185
§ 40. 輻射定律	183
§ 41. 原子內部的現象	193
答 案	195
附 表	284

第一章 力學

§ 1. 運動學

(1) 一運動質點所行的路程就是它在軌道上的開始及終了位置間的線段的長度。

(2) 質點的速度:
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt},$$

加速度:
$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}.$$

(3) 在等變速運動中, 質點在時間 t 內所經過的路程 s 與在 t 時的速度 v 有如下的關係:

$$v = v_0 + at; \quad s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2, \quad v^2 - v_0^2 = 2as.$$

其中 v_0 為初速度。當 $a=0$ 時便得到等速運動方程式: $s=vt$ 。

(4) 對於曲線運動有:

$$a_n = \frac{v^2}{R}; \quad a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2},$$

其中 a_t 為切線加速度; a_n 為法線(向心的)加速度; a 為總加速度。

(5) 簡諧運動由方程式:

$$s = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$$

所決定, 其中 A 為振動質點與其平衡位置的最大距離; T 為振動週期, 而 φ 為初相。

(6) 簡振運動的速度, 加速度各為:

$$v = A\omega \cos(\omega t + \varphi);$$

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) = -\omega^2 s.$$

(7) 二方向相同並有同一週期的諧振動合成後可得一諧振動。其振幅為：

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_1 - \varphi_2)}.$$

(8) 合成運動的速度由平行四邊形法則決定。

(9) 剛體移動時，其上所有各點的速度或加速度在任何同一時刻都是彼此相同的。

(10) 剛體的轉動可由角速度 $\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ 及角加速度 $\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$ 來說明。角速度和角加速度都是向量，並且都可以由平行四邊形法則來合成。

(11) 轉動物體某點的線速度和角速度有如下關係：

$$v = \omega R = \frac{2\pi R}{T};$$

切線加速度和角加速度亦有如下關係：

$$a = \varepsilon R,$$

其中 R 為已知點與軸之間的距離， T 為轉動週期。

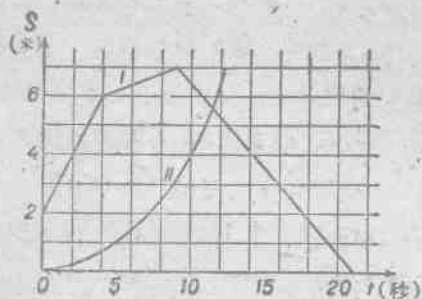


圖 1.

○ 1. 圖 1 所示為兩種不同運動的位移的圖示。問每種運動各有何特點？

○ 2. 圖 2 所示為兩種不同運動的速度的圖示。問每種運動各有何特點？

○ 3. 火車以 72 千米/小時的速度行駛。人距火車很遠，以致不能察見火車 1 厘米以下的移動。問他在黑夜中能否藉延續

時間為 2×10^{-4} 秒的閃電察見火車的移動？

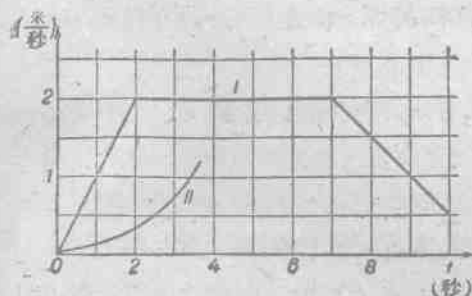


圖 2

⊖ 4. 以機槍向汽車射擊。車身之長適為一置於眼前 60 厘米處而粗為 6 毫米的鉛筆所遮蔽。若汽車速度為 20 米/秒，槍彈平均速率為 500 米/秒，問機槍應向車前偏過若干個車身長來瞄準，才能擊中？

⊕ 5. (a) 一人站在離公路 50 米遠的地方，路上有一汽車駛來，速度為 $v_1 = 10$ 米/秒。若汽車與人相距 $a = 200$ 米，而此人可以 3 米/秒的速度奔跑，問他應向那一方向奔跑才能與車相遇？

(6) 問此人至少應以什麼速度奔跑才能與車相遇？

⊖ 6. 一觀察者，在電氣列車開動時站在其最前端，第一節車箱在 $\tau = 4$ 秒內駛過其旁，問第 n (第 7) 節車箱駛過其旁需多少時間？電氣列車的運動可視為等加速的運動。

⊖ 7. 已知一質點在 10 秒中走過路程 $s = 30$ 米，而其速度增為 $n = 5$ 倍。設加速度固定不變，求該質點的加速度。

⊕ 8. 街燈與一鉛直牆相距 $R_0 = 3$ 米，將一光點投射於牆上。燈等速地繞一鉛直軸自轉，其轉數 $n = 0.5$ 秒⁻¹。街燈轉動時牆上光點沿水平直線移動，求光線剛與牆垂直以後經過 $t = 0.1$ 秒時，光點的速度。

○ 9. 汽船 A 長 65 米，汽船 B 長 40 米，若汽船 A 與 B 沿河同向航行，而且汽船 A 超越汽船 B，從 A 船船首與 B 船船尾相齊直到 B 船船首與 A 船船尾相齊為止，經過 70 秒鐘；若二船異向行駛，則自兩船船首相齊到 A 船船尾與 B 船船尾相齊時需 14 秒鐘，問二船在靜水中的速率各為若干？

○ 10. (a) 乘船沿河逆流而上，再回頭順流而下，回到原來地方所需的時間與船在靜水中走同樣航程所需時間的比為若干？在兩種情

形中船對於水的速度為 $v_2 = 5$ 千米/時而水流速度為 $v_1 = 2$ 千米/時。

(6) 若 $v_1 \gg v_2$ 則得何結果?

○ 11. 輪船以速度 $v_1 = 25$ 千米/時等速直線地行駛，另有一小汽船在其前方以 $v_2 = 40$ 千米/時的速度垂直於其航線行駛，問在輪船上看到小汽船是怎樣運動的?

⊖ 12. 飛機飛行時受到速度為 $v_1 = 30$ 千米/時，方向與子午線成 35° 角的東北風。問飛機應以多大速度及向何方向飛行才能恰在 $t = 1$ 小時內向北飛過了距離 $s = 200$ 千米?

⊖ 13. 河中有兩小島 A 和 B ，沿水流方向相距 $s = 0.5$ 千米，水流速度為 $v_1 = 2.5$ 千米/時。在河岸上沿着與水流垂直的方向遙對 A 有一碼頭，與 A 的距離為 $s = 0.5$ 千米。一划手在 A 和碼頭間來回一次，再在 A 島和碼頭間來回一次。划船在靜水中的速度為 v_2 。

(a) 在什麼條件下，划手能完成第一次航行?

(b) 在什麼條件下，他能沿小島和碼頭的聯線方向由小島到碼頭?

(B) 在上述情形中，若 $v_2 = 5$ 千米/時，他應該怎樣把握他的航線?

(r) 對於這兩次航程是否需要相同的時間?

(A) 問速度 v_2 為若干時，這兩次航程中第一次所需的時間為第二次的 $n = 2$ 倍?

○ 14. 若由某點劃若干向量，代表運動的質點在不同時刻的速度，那末這些向量的端點就分佈在一曲線上，這曲線叫做速矢端跡 (годограф скорости)。

(a) 在下列各種情形中的速矢端跡是什麼形狀：等速直線運動？等加速直線運動？等速圓周運動？等加速圓周運動？

(譯註：等加速圓周運動是指其線速度均勻地增加，非指加速度不變)。

(6) 證明定理：在速矢端跡上的速度即為質點在其軌道上的加速度。

○ 15. 火車在半徑為 400 米的圓周上運動, 已知火車的切線加速度為 0.2 米/秒^2 , 求當其速率為 10 米/秒 時的法線加速度和總加速度。

○ 16. 一輪有 12 根相隔等距的幅條 (спиц), 在轉動時對它作曝光 0.04 秒 的攝影。在照片上看到: 在這個時間中, 每根幅條都轉過兩相鄰幅條間的夾角之半。求轉動的角速度。

○ 17. 求地球自轉的角速度和 (a) 赤道上各點的, (б) 地理緯度 $\varphi = 56^\circ$ 上各點的線速度。

○ 18. 飛機以 360 千米/小時 飛行。

(a) 在怎樣的地理緯度處飛機上的人可以看見太陽不動地停在空中?

(б) 若在極地附近飛行則如何?

⊖ 19. (a) 一圓及一黑色的扇形 (圓心角為 40°), 繞通過圓心而與其平面垂直的軸轉動 (圖 3), 轉數為 $n = 1500$ 週/分。若在暗室中以每秒鐘閃 100 次的光照射之, 而每次閃光延續的時間為 0.003 秒 (通以交流電的氖氣燈), 問在圓上將可看見什麼?

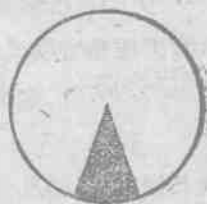


圖 3

(б) 如 $n = 1470$ 週/分則如何?

注意: 如果用每秒閃動 10 次以上的閃光照射這個圓面, 則每次閃光的延續時間愈長的話, 圓面顯得愈清晰。

○ 20. 在下列情形中角加速度是什麼方向?

(a) 物體繞鉛直軸線以漸增的角速度作順時針方向的轉動。

(б) 物體的轉動軸線本身在轉動, 但角速度的大小保持不變。

○ 21. 一輪以速率 $n = 1500$ 週/分轉動, 受到制動而均勻地減速, 經 $t = 50 \text{ 秒}$ 而停止。求角加速度 ϵ 和從制動開始到輪停止時的轉數 N 。

⊖ 22. 某物體以等角加速度 $\epsilon = 0.4 \text{ 秒}^{-2}$ 開始轉動, 問從開始轉動後經多少時間這物體上任何一點的總加速度與此點速度之方向成 $\alpha = 76^\circ$ 角?

⊖ 23. 若一小球沿兩固定的平行尺滾動(圖 4), 兩尺間距離為 d , 問球心的速度與球的角速度有何關係?



圖 4

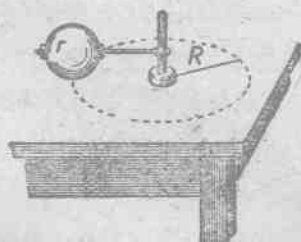


圖 5

⊖ 24. 一球半徑為 $r=16$ 厘米, 安裝於水平軸上, 以速度 $v=60$ 厘米/秒在平面上滾動, 因而劃一半徑為 $R=30$ 厘米的圓(圖 5), 求球的總角速度的大小及它的方向與水平所成角度。

○ 25. 已知簡諧運動的振幅為 $A=0.1$ 毫米, 週期 $T=0.001$ 秒, 試寫出振動方程式(CGS 制單位)。

○ 26. 已知振動方程式:

$$s = \sin(400t + 1)$$

求其頻率、振幅及初相(CGS 制單位)。

○ 27. 物體作簡諧運動, 若它要經過: (a) 由平衡位置到最遠點全程, (b) 這距離的前半段, (c) 這距離的後半段, 問所需時間各為週期的幾分之幾?

○ 28. 音叉的一支的端點作簡諧振動, 振幅為 0.2 毫米, 而頻率為 500 赫芝, 求其平均速度(從最遠點至另一最遠點)及最大速度。

○ 29. 一弦線的中點作振動, 頻率為 200 赫芝, 振幅為 0.3 毫米, 求其最大加速度。

○ 30. 在很多機器中(如壓縮機、水唧筒等), 可遇到如圖 6 所示的機件。若 B 點沿圓周等速地運動, 問在什麼條件下 A 點的運動可視作簡諧運動?

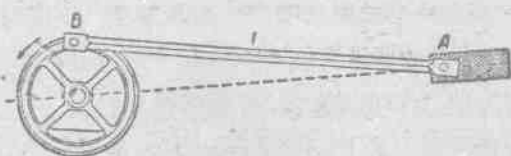


圖 6

○ 31. 兩同方向的簡諧振動，週期相同，振幅各為 $A_1=5$ 厘米及 $A_2=7$ 厘米，組成一振幅為 $A=9$ 厘米的簡諧振動。試求被組合的兩振動的相位差。

○ 32. 兩同方向的簡諧振動已知方程式各為：

$$s_1 = 5 \sin(10t + 0.75\pi)$$

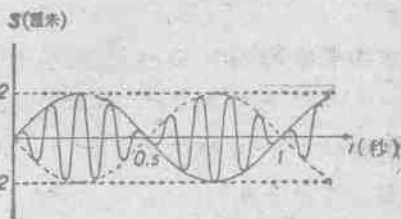
$$s_2 = 6 \sin(10t + 0.25\pi)$$

求把兩者相加而得的簡諧振動的振幅和初相。

○ 33. (a) 兩方向相同的簡諧振動，週期各為 0.02 秒及 0.03 秒。求其組合振動的週期（此組合振動將不是諧振動）。

(b) 求由方向相同，週期各為 $\frac{1}{60}$ 秒， $\frac{1}{75}$ 秒及 $\frac{1}{240}$ 秒的簡諧振動相加而得的振動的週期。

○ 34. 求由兩方向相同而頻率各為 $f_1=300$ 赫芝及 $f_2=400$ 赫芝的簡諧振動相加而得的振動的頻率。



○ 35. 圖 7 為一合成振動。

圖 7

的圖。已知它由二正弦振動所組成，求它們的頻率和振幅。

§ 2. 自由落體和拋射體的運動 斜面上的運動

(1) 只在地球重力作用下的物體的加速度方向是鉛直向下的。除非特別聲明，可取 $g=980$ 厘米/秒²。

(2) 在無空氣阻力時，拋射體的最大高度與水平射程各為：

$$H = \frac{1}{2g} v_0^2 \sin^2 \alpha \text{ 及 } s = \frac{1}{g} v_0^2 \sin 2\alpha.$$

在此 α 為拋射方向與水平的交角, v_0 為初速。

(3) 物體在斜面上滑下, 不受到阻力時, 加速度等於:

$$a = g \sin \alpha$$

在本節所有題目中, 空氣阻力均被認作很小, 而可不計。

○ 36. 在自由落體運動和重力場中拋射體運動的基本理論中, 作了那些簡單化的假定?

○ 37. 在真空中, 一個物體應自什麼高度落下, 方可得到末速為 (a) 72 呎/小時 (火車的速度)? (b) 1 厘米/分 (微塵在空氣落下的速度)?

○ 38. 第 8 圖是中學實驗室中測定落體加速度的簡單裝置。在

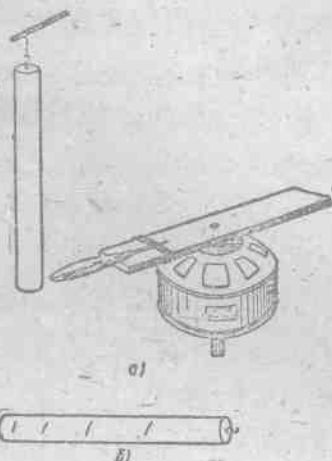


圖 8

備有顏料的毛筆 (或羽毛) 旁邊有一圓柱 (圓柱上包着白紙)。毛筆以馬達轉動。當燒斷掛圓柱的線後, 圓柱落下, 毛筆就在圓柱的紙上劃出記號, 如圖 8 6 所示。

(a) 為什麼記號線和圓柱的軸線傾斜?

(b) 以下列數據求加速度 g 。記號間的距離為 23, 40, 56, 74, 91, 110, 126, 143 毫米, 由測量得出馬達每分鐘轉 1440 次。

○ 39. 石塊以 $v_0 = 15$ 米/秒的初速鉛直地向上拋, 問經過多少時間石塊達到高度 (a) $h_1 = 10$ 米, (b) $h_2 = 12$ 米?

○ 40. 自由落體在最後半秒鐘內落下 $h_1 = 20$ 米。求總共的落下高度 h 。

○ 41. 第 9 圖的曲線是由一固定在音叉臂上的針尖在被烟燻黑了的玻璃板上刻劃出來的。這玻璃板在音叉旁自由落下。求音叉的頻率。(所需數據可從圖上直接量得——譯者)。

⊖ 42. 以多大的速度 v_0 自高度 $h=40$ 米處鉛直向下拋一物體, 方才能使它比自由落下 (a) 早 $\tau=1$ 秒; (b) 遲 $\tau=1$ 秒落到地上?

⊖ 43. 把兩物體, 從同一點, 以同一初速 $v_0=24.5$ 米/秒鉛直地向上拋, 拋出的時刻相隔 $\tau=0.5$ 秒。問: (a) 第二個物體拋出後過多少時間它們相碰? 碰到時的高度是多少?

(b) 如果 $\tau > \frac{2v_0}{g}$, 那麼解答的物理意義是怎樣的?

○ 44. 應以多大的水平速度 v 把一物體從高度為 h 處拋出, 才能使它在水平方向所通過的路程比 h 大 n 倍?

○ 45. 一石塊在高於地面 $h=2$ 米處被水平地拋出, 落在距離 $s=7$ 米處。求它的初速 v_0 和末速 v 。

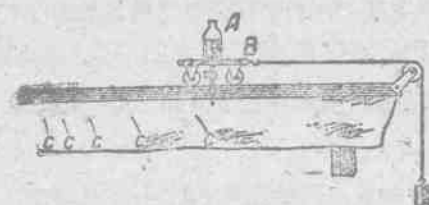


圖 10

⊖ 46. 圖 10 是一第二運動定律的示範實驗的裝置。滴管 A 裝在小車 B 上, 每隔一定時間從 A 滴下一滴水。水滴的

痕跡 CCC 之間的距離成為算術級數。用這事實作為小車是等加速地運動的證明是否正確? 於此應注意到水滴落下的軌跡是拋物線。

○ 47. 一小孩以 16 米/秒的速度把一皮球拋到牆上, 牆離小孩 5 米遠。問小孩應以怎樣的方向拋球, 才能使球在反射後的軌跡的最高點剛好小孩的頭頂上方? (設球自牆上反射出的速度與投在牆上的



圖 9