

高等学校教学用书

普通物理习题集

第二卷

B. Л. 金士堡, Л. М. 列文
М. С. 拉賓諾維奇, Д. В. 西特欣著
Е. С. 切特維利柯娃

高等教育出版社

高等學校教學用書

21



普通物理習題彙集

第二卷

光學、分子物理學、原子物理學

B. Л. 金士堡, Л. М. 列文, М. С. 拉賓諾維奇 著
Д. В. 西符欣, Е. С. 切特維利柯娃
唐懋燮 何乃寬 徐廣武 倪之荃 張拔羣 譯
史福培 阮尙弘 校

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立技術理論書籍出版社（Государственное издательство технико-теоретической литературы）出版的金士堡（В. Л. Гинзбург）、列文（Л. М. Левин）、拉賓諾維奇（М. С. Рабинович）、西符欣（Д. В. Сивухин）、切特維利柯娃（Е. С. Четверикова）合著“普通物理習題彙集”第二卷（Сборник задач по общему курсу физики, часть вторая）1949年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為國立綜合大學及師範學院教學參考書。

本書由哈爾濱工業大學物理教研室唐懋葵、何乃寬、徐寶武、倪之荃、張拔羣等同志翻譯，史福培、阮尚弘兩位同志擔任校訂。

普通物理習題彙集

第二卷

В. Л. 金士堡, Л. М. 列文, М. С. 拉賓諾維奇 著
Д. В. 西符欣, Е. С. 切特維利柯娃
唐懋葵 何乃寬 徐寶武 倪之荃 張拔羣譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 13010-259 開本 850×1168 1/32 印張 7 6/16 字數 205,000

一九五五年四月上海第一版

一九五七年一月上海第四次印刷

印數 7,001—9,500

定價(8) 羊 0.85

目 錄

習 題

第一章 光學.....	1
§ 1. 幾何光學.....	1
§ 2. 光度學.....	19
§ 3. 光的干涉和繞射.....	22
§ 4. 光的偏振, 菲涅耳公式, 晶體光學.....	38
§ 5. 光速, 多普勒效應, 光行差, 光壓.....	50
§ 6. 分子光學.....	55
第二章 分子物理學和原子物理學.....	66
§ 7. 計溫學, 量熱學, 物體的熱膨脹.....	66
§ 8. 導熱性.....	72
§ 9. 氣體定律.....	76
§ 10. 熱力學第一定律, 熱容量.....	80
§ 11. 熱力學第二定律.....	86
§ 12. 液體.....	89
§ 13. 氣體分子運動論.....	92
§ 14. 熱輻射.....	96
§ 15. 原子結構及光譜.....	98
§ 16. X-射線光譜.....	104
§ 17. 光的量子性, 微粒的波動性.....	107
§ 18. 原子核物理學的實驗方法.....	111

答 案 和 題 解

第一章 光學.....	129
§ 1. 幾何光學.....	129
§ 2. 光度學.....	141
§ 3. 光的干涉和繞射.....	144
§ 4. 光的偏振, 菲涅耳公式, 晶體光學.....	160
§ 5. 光速, 多普勒效應, 光行差, 光壓.....	178

1466909

§ 6. 分子光學	183
第二章 分子物理學和原子物理學	191
§ 7. 計溫學, 量熱學, 物體的熱膨脹	191
§ 8. 導熱性	192
§ 9. 氣體定律	193
§ 10. 熱力學第一定律, 熱容量	195
§ 11. 熱力學第二定律	198
§ 12. 液體	200
§ 13. 氣體分子運動論	202
§ 14. 熱輻射	204
§ 15. 原子結構及光譜	205
§ 16. X-射線光譜	208
§ 17. 光的量子性, 微粒的波動性	209
§ 18. 原子核物理學的實驗方法及原子核物理學	212

習 題

第一章 光學

§ 1. 幾何光學

1. 當照亮半徑為 r 的不透明圓盤時,在與此圓盤距離為 d 的幕上,得半徑為 r_1 的全影和半徑為 r_2 的半影。若連接圓盤與其影的中心的直線垂直於圓盤及幕面,求光源的大小和光源與被照圓盤間的距離。

2. 太陽直徑約等於 1390000 仟米,太陽與地球間的距離變化不大,平均約為 150,000,000 仟米。月球中心到地球表面的距離在 357000 仟米到 399000 仟米間變化。若月球直徑等於 3480 仟米,何時日全蝕,何時日環蝕?

3. 請說明,為什麼當從光源發出的光通過孔時,若孔小,則在置於孔後的幕上成光源的像,若孔大,則成孔的像。

4. 由太陽發出的光線射於不大的正方形鏡上,反射後入射於幕上。幕的被照射部份成何形狀? 它如何隨鏡與幕間的距離而改變?

5. 針孔照像機上小孔的最大直徑 d 為多大時,還可得到物體的尚能滿意的像? 該物體與像機的距離大於 1 米,若像機身長 20 厘米,點像的最大容許模糊距離為 0.1 毫米。不計小孔的繞射。

6. 兩平面鏡互相傾斜,形成面角 φ 。在垂直於角稜的平面內

的光線射於鏡上。證明：該光線從兩平面鏡反射後，對原來方向的偏轉角 ψ 與入射角無關。求 ψ 。

7. 證明：光線順次從三個互相垂直的平面鏡反射後，其方向與原來的相反。

8. 在具有鍍銀面的玻璃立方體上切去一角，得一三面角錐。光從角錐底面射入，順次從其餘三面（互相垂直的）反射。證明：從角錐射出的光與入射光方向相反。

9. 兩平面鏡相交成 60° ，求在這兩鏡面間某物體所有的像。作出相繼從兩鏡面反射兩次而成像的光線的行程。

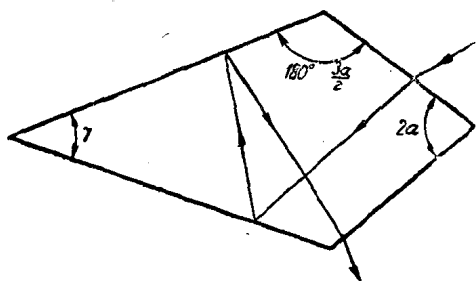


圖 1.

10. 證明：在圖 1 所示的稜鏡中，垂直於鏡稜的平面內，光線在稜鏡中作兩次反射後，其偏轉角與入射角無關，且永遠等於 2α 。在這情況下，稜鏡產生光譜分解否？

11. 解釋：為什麼月夜裏在海面上看見一連串月亮的像，而不祇一個像。

12. 凹面鏡的曲率半徑為 40 厘米，物體在何位置時，其像為放大兩倍的實像？在何位置時，為放大兩倍的虛像？

13. 要測鏡的焦距，在距鏡 10 厘米處，放一點燃的蠟燭；在距鏡 30 厘米的幕上得清晰的燭像。求鏡的焦距 f 。

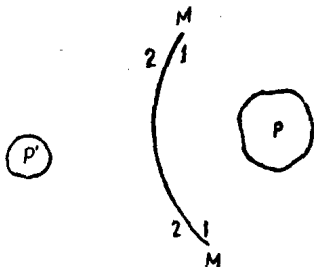


圖 2.

14. 用幾何法和解析法證明：若

表面 1 上鍍銀的球面鏡 MM (圖 2) 將物體 P 反映為 P' , 則表面 2 上鍍銀時, 該鏡將物體 P' 反映為 P 。

15. 平行光從鏡面反射後, 反射光好像從鏡後某一點發出, 求鏡面形狀。

16. 盛水銀的容器繞鉛垂軸等速轉動, 角速度 $\omega = 1$ 弧度/秒。水銀面成凹形, 用作鏡子, 求其焦距。

17. 用幾何法證明: 從 A 點發出的光, 經平面鏡反射後射到 B 點。則光所經過的路程, 比任何別的自 A 經平面鏡到 B 的路程都短。

18. 證明: 從 A 點發出的光, 在兩介質平界面上折射後, 射於 B 點, 則此光程比任何別的連接 A 和 B 的光程都短。

19. 從費馬原理推導出球面鏡公式和薄透鏡公式。

20. 當光入射於兩介質平界面上時, 一部份被反射, 一部份被折射。當入射角多大時, 反射光垂直於折射光?

21. 證明: 若光線相繼經過幾個以平行界面分開的介質時, 出射光的方向只與入射光的方向及第一和最末一個介質的折射率有關。

22. 厚度 $d = 10$ 厘米的平玻璃板使入射光移過多少? 這光在玻璃板上的入射角 $i = 70^\circ$ 。玻璃的折射率為 $n = 1.5$ 。

23. 站在水池岸上的人看池底的石塊。池深 $h = 1$ 米, 在離水面 h' 處得石塊的像。若視線和水面法線間的夾角為 $i = 60^\circ$, 求 h' 。水的折射率為 $n = 1.33$ 。

24. 在厚 15 厘米的玻璃板下有一小顆粒, 若視線垂直於板面, 玻璃的折射率為 $n = 1.5$, 小顆粒的像成於何處?

25. 在顯微鏡中觀察厚為 3 毫米的平玻璃板。最初調節顯微鏡以觀察板的上一面, 然後向下移動顯微鏡筒, 使能清楚地看見板的下一面為止 (為了便於觀察, 在玻璃板面上作記號)。鏡筒的位

移等於 2 毫米。求玻璃板的折射率 n 。

26. 物體放在與平玻璃板相距為 15 厘米處。觀察者通過玻璃板觀察物體，且視線與板面垂直。求物體的像與靠近觀察者的一面間的距離 f 。板厚 $d=4.5$ 厘米。玻璃的折射率為 $n=1.5$ 。

27. 物體放在凹面鏡軸上，在凹面鏡的焦點以外。在焦點和鏡面之間放一厚為 d 、折射率為 n 的平玻璃板，並使鏡軸垂直於玻璃板。證明：放入玻璃板後使像移動的距離，恰好和使凹面鏡沿着接近物體的方向移動一距離 $\frac{d(n-1)}{n}$ 一樣。

28. 證明：對於折射稜角為 A 的稜鏡，光的偏向角 δ 與入射角 i 和 r' 及折射角 r 和 i' (圖 3) 的關係式為：

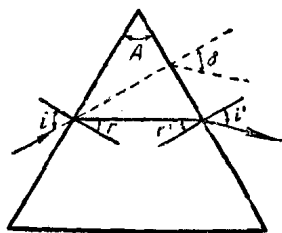


圖 3.

$$\frac{\sin \frac{1}{2}(A+\delta)}{\sin \frac{1}{2}A} = \frac{n \cos \frac{1}{2}(r-r')}{\cos \frac{1}{2}(i-i')}.$$

29. 證明：在稜鏡中，當光程對稱時，平行光束的偏向角為最小。求最小偏向角 δ 與稜鏡的折射係數 n 和折射稜角 A 間的關係式。

30. 在折射稜角為 60° 的稜鏡中，鈉的 D 線的最小偏向角等於多少？稜鏡玻璃對於 D 線的折射率為 $n_D=1.62$ 。

31. 光線在通過稜鏡後，又從平面鏡上反射。證明：當經過稜鏡光程為對稱時，反射光對於入射光的偏向角和稜鏡的折射率無關。

32. 盛有液體的圓柱形玻璃杯放在銅幣上，從杯的側壁觀察銅幣。求銅幣不被看見時液體折射率 n 的最小可能值。

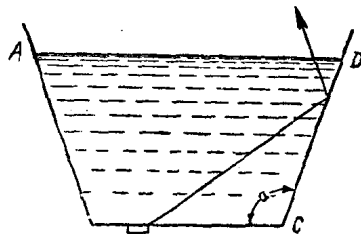


圖 4.

33. 盛有水的梯形容器

$ABCD$ (圖 4) 的角 α 應多大, 則從器壁看不見放在容器下面的物體? 水的折射率為 $n=1.33$ 。容器底成矩形。

34. 在垂直於稜鏡折射稜的平面中的光線在稜鏡中折射。證明, 若稜鏡的相對折射率 n 大於 1, 而入射角保持不變, 則光的偏轉隨稜鏡的折射稜角增大而增大。再證明: 在同樣那些條件下, 光還能從稜鏡射出的最大折射稜角等於

$$A = \arcsin \frac{\sin i}{n} + \arcsin \frac{1}{n}.$$

35. 稜鏡具有很小的折射稜角 A 。試計算對於稜鏡的最小偏向角, 計算到第二級無窮小 (對於 A)。

36. 寫出在最小偏向時稜鏡的角色散公式。若兩光線平行地射到稜鏡上, 當從稜鏡射出時, 他們分開的角度多大? 對於作最小偏轉的第一條光, 稜鏡的折射率等於 1.500, 而對於另一條等於 1.501。稜鏡的折射稜角為 60° 。

37. 利用下列石英色散的數據, 求出六十度石英稜鏡在不同光譜部份的角色散, 單位用秒/埃。

間隔	λ (埃)	n
1	7685	1.5391
2	5893	1.5442
3	4861	1.5497
4	4100	1.5565
5	3034	1.5770
6	2537	1.5963
	1988	1.6509

38. 若在裝備有上題所描述的稜鏡的攝譜儀中, 使用物鏡焦距 $f=50$ 厘米的暗箱。求線色散, 單位用毫米/埃 (用於上題指出的間隔)。

39. 利用下述玻璃折射率的數據和插入公式,求在六十度稜鏡的光譜中玻璃的色散和鈉的 D 線中兩條譜線 ($\lambda_1=5890$ 埃和 $\lambda_2=5896$ 埃)間的角距離:

λ (埃)	n
7682	1.483
5270	1.491
4046	1.500

註 聯繫玻璃折射率 n 和波長 λ 的插入公式爲:

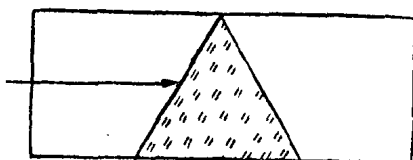


圖 5.

$$n = n_0 + \frac{a}{\lambda - \lambda_0},$$

式中 n_0 , a 和 λ_0 爲玻璃的參數。

40. 在以液體充滿的、具有平行器壁並充滿液體的長容

器中放一玻璃稜鏡,且稜鏡的底放在器底上,如圖 5 所示。液體和玻璃的折射率與波長的關係如圖 6。當白光射入容器並與稜鏡底面平行地入射於稜鏡上後,光線將發生什麼變化? 能分解爲光譜否? 黃光,藍光和紅光將怎樣進行?

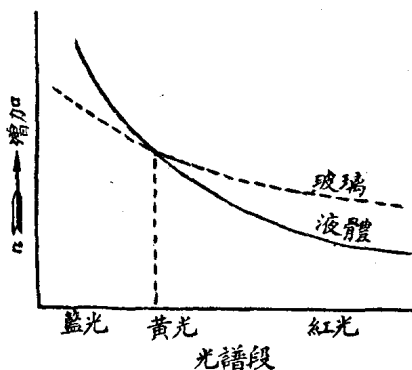


圖 6.

41. 從一波陣面到另一波陣面的光程長是相等的。

從此出發,並注意,光線是垂

直於波陣面的。證明:望遠鏡的放大率等於光束經過鏡筒前後的寬度之比。

42. 通過稜鏡觀察遠處物體,一般地說,物體似乎是歪曲的。一種歪曲是由於在垂直於鏡稜的方向像被伸長或壓扁。應如何持

稜鏡，才使這種歪曲不發生？

43. 利用題 41 的解答證明：望遠鏡的放大率等於物鏡焦距與目鏡焦距之比。

44. 薄玻璃球充滿水($n = \frac{4}{3}$)。觀察者沿球的直徑觀看沿着同一直徑移動的小粒。若小粒從直徑遠離觀察者的一端移至靠近觀察者的一端，其像的位置如何改變？球的直徑為 10 厘米。

45. 求雙凸透鏡的焦距 f 。這透鏡是由半徑 $r_1 = 25$ 毫米與 $r_2 = 40$ 毫米的球面所包圍成的。透鏡玻璃的折射率為 $n = 1.5$ 。

46. 透鏡的焦距 $f = 10$ 厘米，是用折射率為 $n = 1.5$ 的玻璃製成的。求透鏡放在水中時的焦距。水的折射率為 $n = \frac{4}{3}$ 。

47. 透鏡的折射率為 1.53。放在二氧化碳($n = 1.63$)中。和在空氣中的焦距比較，這透鏡的焦距如何變化？

48. 借助於薄玻璃聚光透鏡在與其距離為 10 厘米處得到物體的實像。透鏡的折射率 $n = \frac{3}{2}$ 。然後，把物體和透鏡浸在水中，但不改變它們之間的距離。像成於距透鏡 60 厘米處。若水的折射率為 $n' = \frac{4}{3}$ ，求透鏡的焦距 f 。

49. 望遠鏡的物鏡焦距 $f_1 = 60$ 厘米，目鏡焦距 $f_2 = 4$ 厘米。物鏡和目鏡玻璃的折射率 $n = \frac{3}{2}$ 。把望遠鏡浸於水中，水充滿望遠鏡的內部。應該用何種以同樣玻璃製成的物鏡代替望遠鏡的物鏡，使能在望遠鏡中看到水中的遠處物體？若水的折射率為 $n' = \frac{4}{3}$ ，望遠鏡的放大率將等於多少？

50. 放大率為 9 倍的伽利略望遠鏡長 40 厘米。將望遠鏡的物鏡和目鏡代以聚光透鏡後，望遠鏡的放大率不變。求這些透鏡的焦距 f'_1 和 f'_2 以及伽利略望遠鏡的物鏡和目鏡的焦距 f_1 和 f_2 。

51. 物鏡焦距 $f = 50$ 厘米的望遠鏡對準無窮遠，必須把望遠

鏡的目鏡移動多少距離 Δl ，才能清楚地看見離望遠鏡 50 米處的物體？

52. 動物的眼睛應怎樣構造，才可不用調節而能同樣清楚地

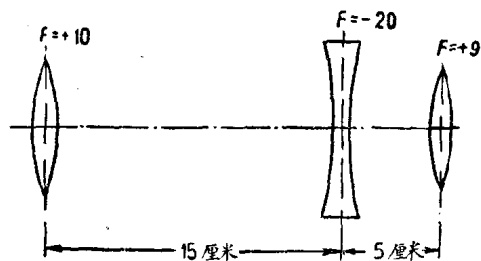


圖 7.

看見水中和空氣中遠處的物體？

53. 與薄透鏡距離為 10 厘米的物體的像是放大 2 倍的正像。求透鏡焦距 f 。

54. 平行光束從左邊入射到如圖 7 所示的透鏡系上。求這光束在通過透鏡系後的交點位置。

55. 一透鏡系如圖 8 所示。求在透鏡系最左一透鏡左方 10 厘米處一點的像。

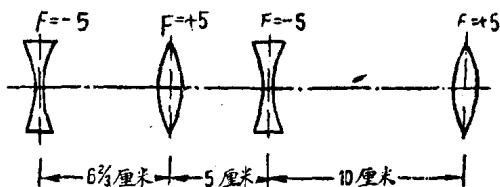


圖 8.

56. 試證明，若放在眼睛前面的透鏡向一方移動時，觀察者覺得：如果透鏡是散光的，則通過透鏡觀察的物體向透鏡運動的方向運動；如果透鏡是聚光的，則向相反的方向運動。

57. 證明：對於聚光透鏡，兩共軛點間的最小距離等於 $4f$ 。 f 為透鏡焦距。

58. 聚光透鏡使某物成像於幕上。像高為 a 。保持幕和物體不動，開始將透鏡向幕移動。當物體第二次在幕上成清晰的像時，像高為 b 。求物體真正的高度 h 。

59. 小燈到幕間的距離為 $L = 50$ 厘米。放在其間的透鏡有兩個位置能使小燈在幕上成清晰的像。這兩個位置間的距離 $l = 10$ 厘

米。求透鏡焦距 f 。

60. 很遠處的燈在透鏡中所成的像至透鏡間的距離作為是透鏡的焦距 f 。燈與透鏡間的距離 l 應如何，才計算焦距時的誤差不超過 $p\%$ 。

61. 導出牛頓的薄透鏡公式 $x_1 x_2 = f^2$ ，式中 x_1 是光源到前焦點的距離，而 x_2 是像到後焦點的距離。

62. 證明：若像所在的空間和物所在的空間的折射率相等時，則在共軸光學系統中，軸向放大率等於橫向放大率的平方。

提示 利用牛頓公式 $x_1 x_2 = f^2$ (見前題)。

63. 若 P' 點是 P 點的像，則如所知，連接這兩點的一切光線的光程相等。現假設 P' 是從平面鏡反射而成的，則如圖 9 所示，折線 PBP' 比折線 PAP' 長。如何使這兩種情況統一起來？

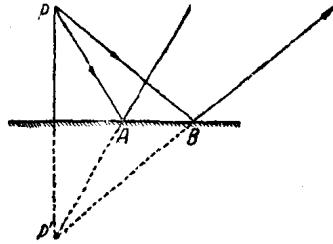


圖 9.

64. 證明：以焦點為 F_1 和 F_2 的旋轉橢球面 (圖 10) 和球心在 F_1 的球面為界的透鏡，將射

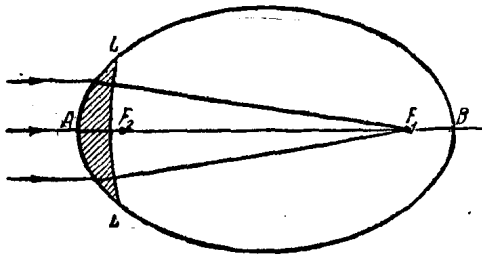


圖 10.

於其上的平行光線聚於焦點 F_1 ，如果折射率 $n = \frac{AB}{F_1 F_2}$ 。

提示 在證明時，可以不考慮球面，因為從透鏡射到 F_1 的光沿球面的法線進行。

65. 球面有一對消球面相差點，利用這特性作出消球面像差透鏡，並指出其消球面像差點。

66. 雙凸薄透鏡的一面鍍上銀，求這鏡的焦距。未鍍銀面的

曲率半徑爲 r_1 ，鍍銀面的曲率半徑爲 r_2 。

67. 兩折射率爲 n 的相同的平凸透鏡被鍍上銀，一個鍍在平面上，另一個鍍在凸面上，求這兩鏡的焦距 F_1 及 F_2 之比。若在兩種情況下，光線都從未鍍銀面上入射。

68. 從聚光透鏡反射而成的發光體的像，在下面兩位置時可使之與物體本身重合：即當物體與透鏡的距離等於 20.0 厘米和 7.91 厘米時（兩位置都在透鏡的同一方）。透鏡焦距爲 37.7 厘米。（1）透鏡是那一類型的？（2）求透鏡兩面的曲率半徑 r_1 ， r_2 及玻璃的折射率 n 。

69. 求成球形的厚透鏡的主平面的位置。若透鏡（1）以水（ $n_B = \frac{4}{3}$ ）和（2）以玻璃（ $n_{cr} = 1.5$ ）製成，求這球形透鏡的焦距 f 和焦點的位置。折射率爲何值時焦點不出球外。

70. 在什麼情況下，厚透鏡的焦距與其厚度無關，並恰好和具有相同球面曲率的薄透鏡的焦距相等？在這情況下，透鏡焦點的位置與其厚度有關否？

71. 在什麼情況下，以折射率爲 $n = 1.5$ 的玻璃製成並放在空氣裏的雙凸透鏡將是發散的？

72. 在什麼情況下，以折射率比周圍介質的折射率大的物質製成的透鏡，將和平行平板的作用一樣？

73. 將兩相同的平凸透鏡平面相對地放置，這兩透鏡相距不遠。證明：在這情況下，這透鏡系的焦距比緊密結合着的透鏡系的焦距大。

74. 在玻璃（ $n = 1.52$ ）製成的雙凸薄透鏡的一邊是水（ $n = 1.33$ ），另一邊是空氣。兩球面的曲率半徑都等於 20 厘米。求該系統的主平面、焦平面以及節點的位置。

75. 玻璃（ $n = 1.52$ ）平凸透鏡的球面曲率半徑 r 等於 26 厘米；透鏡厚 3.04 厘米。計算透鏡焦距。又設（1）物體放在離凸面

75 厘米處。(2)離平面 75 厘米處。求其像的位置。

76. 玻璃球($n=1.5$)的半徑 $R=4$ 厘米。(1)求從球心到物體的像的距離。該物體放在距球面 6 厘米處。(2)求像的放大倍數。

77. 求雙凸厚透鏡的焦距 f 和主平面的位置。該厚透鏡的折射率 $n=1.5$, $r_1=10$ 厘米, $r_2=4$ 厘米, $d=2$ 厘米。

提示 把透鏡看作兩個共軸系統的組合。

78. 求圖 11 所示的主平面和焦點的位置及焦距。

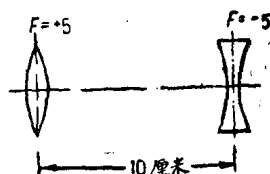


圖 11.

79. 求由焦距為 f_1 和 f_2 的兩薄透鏡組成的共軸系統的焦距,該兩薄透鏡相距為 d ,在兩透鏡間的空間中充滿水。

80. 物及其像在光心處所張角度恆相等否?

註 前(後)主點在透鏡前(後)表面上折射而生的像,叫做厚透鏡的光心。

81. 凹凸透鏡的兩面有相同的曲率半徑,該透鏡為散光的抑為聚光的?若透鏡厚為 d ,每一面的曲率半徑為 R ,而折射率 $n>1$ 。求透鏡主平面的位置和透鏡的焦距。

82. 透鏡的折射面是同心球面,較大的曲率半徑等於 R ,鏡厚為 d ,而折射率 $n>1$ 。這透鏡是散光的還是聚光的?求主平面的位置和透鏡的焦距。

83. 無限小的三度空間的物體的位置如何,才能使共軸光學系統所生的像與物體本身相似。

提示 要使小體積物體的像和物體本身相似,橫向放大率須等於軸向放大率。從共軸系統的牛頓方程式 $x_1 x_2 = f_1 f_2$ 出發,求軸向放大率。以軸向放大率和橫向放大率比較,不難得問題的解

答。

84. 院士哥里存建議下述測定液體折射率的方法。被研究的液體充滿玻璃圓柱形管中，在管的外表面作兩條平行於管軸的線。從管的另一面量兩線間的視距離 y_1 。設 y 為線間真正的距離， R_1 為管的外半徑， R_2 為內半徑； n_1, n_2, n 分別為空氣，玻璃和被研究液體的折射率。證明，液體的折射率可以按下式算出：

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_2} \left(1 - \frac{R_2}{R_1} \right) + \frac{1}{2n_1} \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{y}{y_1} \right)。$$

85. 求聯繫自光源至凹面鏡的距離 u 和自凹面鏡至光線從光源發出並在鏡上距軸 h 的地方反射後與軸的交點 A 間的距離 v 的式子。不計 h 的二次以上各項。

86. 點光源放在與曲率半徑為 r 的凹球面鏡相距 u 的地方。求從光源發出並在鏡上距軸 h 的地方反射的光線的軸向球面像差。不計 h 的二次以上各項。

提示 參看上題。

87. 凹球面鏡的半徑為 50 厘米。點光源放在鏡軸上距鏡 100 厘米的地方。計算在鏡上距軸 3, 6, 9, 12 厘米處反射的光線的軸向球面像差。

88. 求平行光線對於焦距為 10 米，直徑為 1 米的球面鏡的軸向球面像差。

89. 在上題所描寫的球面鏡中，星的像的直徑將有多大？

90. 對於近軸光線，光源與折射球面間的距離 u 和像與同一折射面間的距離 v 之間的關係式為：

$$\frac{n}{v} - \frac{1}{u} = \frac{n-1}{r}。$$

證明：對於與折射面相交於距軸 h 處的光線，聯繫像與球面間的距離 v' 和 u 的式子為（準確到 h^4 ）：