

高等学校教学用书

气象学教程

第三册

П. Д. 特維尔斯戈伊等著

高等教育出版社

53

7

高等学校教学用书



气象学教程

第三册

И. И. 特維尔斯戈伊等著

顧鈞禧 延漢譯

高等教育出版社

本書系根据苏联水文气象出版社(Гидрометеорологическое издательство)出版的特維尔斯戈伊(П.Н. Тверской)等合著的“气象学教程”(Курс метеорологии)1951年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为水文气象学院及綜合性大学物理系教学参考書。

本册是中譯本第三册,其中包括:大气中光学現象,大气电学和大气声学。

大气电学由顧鈞禧譯出。

大气光学及大气声学由延汉譯出。

册后附有全書的附录及索引,这是由仇永炎整理的。

校对工作由仇永炎、顧鈞禧及延汉負責。

气象学教程

第三册

П. Н. 特維尔斯戈伊等著

顧鈞禧 延漢譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四号)

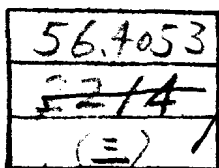
京华印書局印刷 新华書店总經售

書号 13010·129 開本 850×1168 $1/32$ 印張 5 $9/16$ 插頁 1 字數 211,000

一九五六年十二月北京第一版

一九五七年三月北京第二次印刷

印數 5,001—7,000 定價(8) 1.10



第三册目录

第七篇 大气中的光学现象

第三十九章 和光线散射、吸收及反射有关的大气中光学现象.....	809
§ 1. 适用于大气光学的光度学上的基本定理.....	809
§ 2. 天空的青色.....	815
§ 3. 被大气散射的光的偏振.....	818
§ 4. 直接光和散射光的白昼照度.....	825
§ 5. 自然景物的亮度、色彩和反射本领.....	836
§ 6. 曙暮光及朝晚霞、曙暮光照度.....	839
§ 7. 夜间照度、月光所生的照度、夜天光.....	851
第四十章 能见度.....	857
§ 1. 能见距离、决定能见距离的基本因子.....	857
§ 2. 对比、肉眼的对比感阈.....	859
§ 3. 大气对于被观察物体亮度的影响、光线空气公式.....	860
§ 4. 不发光物体能见距离理论的基本定理.....	862
§ 5. 曙暮光中和夜间的能见距离、灯火的能见度.....	865
§ 6. 能见距离的观测法、目测法、能见度测定器.....	867
§ 7. 决定实物能见距离的方法.....	874
§ 8. 能见度观测的结果、雾中的能见度.....	876
第四十一章 大气中光的折射.....	879
§ 1. 大气中光线行径方程式.....	879
§ 2. 天文折射值和地球折射值.....	880
§ 3. 天文折射所引起的现象.....	883
§ 4. 地面折射所引起的现象.....	885
第四十二章 云中光学现象.....	891
§ 1. 虹.....	891
§ 2. 晕的现象.....	895
§ 3. 华和其他衍射现象.....	898
§ 4. 天空的视形状和与此有关的现象.....	902

第八篇 大气电学

第四十三章 大气中的电离现象	905
§ 1. 大气中离子及其电导率的基本观念	905
§ 2. 关于大气电离状态研究方法的概念	913
§ 3. 大气的基本电离剂	915
§ 4. 从观测纪录上来看大气中离子的数目及其电导率	917
第四十四章 电离层	924
§ 1. 电离作用与电导率随高度的变化	924
§ 2. 电离层对其中所传播的电磁波的影响	925
§ 3. 电离层中实验研究的基本结果	929
§ 4. 电离层的基本理论	935
§ 5. 电离层观测的实际数值	940
第四十五章 大气中的电场	942
§ 1. 基本关系和一般知识	942
§ 2. 大气中电场测定法	944
§ 3. 大气中电场强度观测的结果、地理分布、年变程和日变程	946
§ 4. 大气中的体电荷和电流	950
§ 5. 大气的电场强度和气象状况	952
第四十六章 雷暴电现象	954
§ 1. 降水的电荷	954
§ 2. 云中带电、雷暴放电	956
§ 3. 雷暴活动在地面上的分布	966
§ 4. 天电	969
§ 5. 发光放电、尖端放电	971
§ 6. 保持地面负电荷的原因	972
第四十七章 极光	977
§ 1. 一般知识、地理分布、基本形状、极光高度	977
§ 2. 极光的光谱	981
§ 3. 关于极光理论的概念	981

第九篇 大气声学

第四十八章 大气中的音速	987
--------------------	-----

§ 1. 不动均匀媒質中的音速	987
§ 2. 大气中音速和溫度及湿度的关系	989
§ 3. 有風时的音速	992

第四十九章 大氣中聲音的傳播995

§ 1. 音綫在大气中的行徑	995
§ 2. 音波在界面上的反射和折射	1002
§ 3. 大气中声音的减弱	1004
§ 4. 有利和不利于听得見的条件	1006
§ 5. 利用声音傳播的观测来研究高層大气	1007
§ 6. 起源于气象的声音	1011

参考文献.....1015

附錄 1.1027

表 1. 地球物理的数值及物理常数	1027
表 2. 重力加速度的数值 g , 米/秒 ²	1029
表 3. 大气質量的計算(比巴拉得)	1030
表 4. 紅外綫区水气的吸收系数	1031
表 5. 当光譜間隔 $\Delta\lambda=1\mu$ 时絕對黑体的放射强度(每單位立体角內), 以 10 ² 卡/厘米 ² ·分来表示	1031
表 6. 單位表面絕對黑体向半球形所作的放射 $E=\sigma T^4$ 以 10 ⁻³ 卡/厘米 ² ·分 来表示, 式中 $\sigma=0.825\times 10^{-10}$ 卡/厘米 ² ·分·度 ⁴	1032
表 7. 水面(平面)上飽和水汽的絕對湿度, 克/米 ³	1032
表 8. 水面(平面)上飽和水汽压, 毫巴	1033
表 9. 冰面上飽和絕對湿度, 克/米 ³	1033
表 10. 冰面上飽和水汽压, 毫巴	1033

附錄 2. 埃梅圖

人名索引.....1034

地名索引.....1050

專門名詞索引1058

第七篇 大气中的光学现象

本篇是第二篇發展和延續的部分。

在第二篇里，我們研究了全部波長範圍以內的直接輻射和散射輻射，并且主要地从它們的能量方面來討論這些輻射的特點，也討論了大氣的主要光學性質。在本篇里，我們將從事於這些輻射光譜的可見部分的研究，并且來討論當太陽光綫通過大氣時在大氣中所產生的而且主要是由肉眼所直接感覺到的那些基本的光學現象。

對於我們來講，具有最重要意義的，是光綫在大氣中被吸收、散射或反射而發生的現象；我們也主要地注意這些現象，至於能見度問題，由於它們在實際上的重要性，所以另立專章來闡釋。

第三十九章 和光綫散射、吸收及反射有關的大氣中光學現象

§ 1 適用於大氣光學的光度學上的基本定理

在開始研究我們所關心的現象以前，必須簡要地追述光度學中的某些基本知識。

我們根據對於光的感覺（視覺）來估計輻射能通量，並把它稱為光通量。在可見光譜範圍之內，我們的肉眼對於波長不同的光波，具有不同的感度。

因此要使波長不同的光通量會引起同樣強度的感覺的，必須使其能量強度互不相同。光強和能量強度的比，稱視度係數，或者簡稱為視度。圖 264 上所示的是肉眼對於波長為 λ 的單色光的感度曲綫，就是

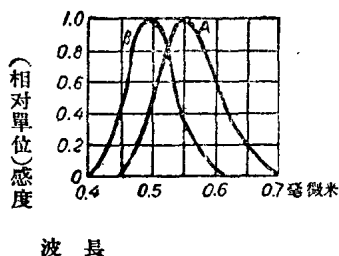


圖 264 白晝的視度曲綫(A)
和曙暮光中的視度曲綫(B)。

所謂視度曲綫 $v(\lambda)$ 。

圖中曲綫A系對白晝的情況而言，那時肉眼的最大感度位於555毫微米的波長(黃綠色)，而曲綫B系對曙暮光中的視覺而言，曲綫全體向較短的波長處移動，感度最大地方的波長是 $\lambda = 510$ 毫微米。

當根據視覺印象來估計輻射能通量的時候，永遠要考慮到這個情況。

這就是說，假如用 $d\varphi_\lambda$ 來表示單色光輻射能通量，而用 dF_λ 表示光通量，則

$$dF_\lambda = K_m v(\lambda) d\varphi_\lambda, \quad (1)$$

這裡 K_m 是比例係數，其值和兩個通量的單位如何選擇有關， K_m 就是所謂強度的光當量。

在有連續輻射光譜的時候，全部光通量是

$$F = K_m \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} v(\lambda) d\varphi_\lambda. \quad (2)$$

我們以流明為光通量的單位；這時候強度的光當量 $K_m = 650$ 流明/瓦特。

在研究大氣中光學現象的時候，我們廣泛地應用在光度學中所確立起來的規律，並且使用光度學上的量和測量它們一般所採用的單位。光強、照度、光度和亮度就是這種基本的量。

讓我們回想一下，我們把點光源在單位立體角內的光通量稱為它的光強 I ，也就是說， $I = \frac{dF}{d\omega}$ ，它的單位是一燭光，其大小是根據保存於全蘇度量衡科學研究所 (ВНИИМ) 中的全蘇原器來決定的。某一個表面的照度是指落在該表面上光通量的密度，也就是說， $E = \frac{dF}{dS}$ 。作為照度的單位是輻透或勒克司，1 輻透是 1 流明的通量落在一個平方厘米上的照

度,而 1 勒克司則等于 10^{-4} 辐透。

假如光强是 I , 那么在和点光源距离为 r 且与光綫垂直的表面上的照度是 $E = \frac{I}{r^2}$, 而一般地講,

$$E = \frac{I \cos i}{r^2},$$

这里 i 是光綫的投射角。

光度 R 是指由發光表面所射出的光通量和其面积之比, 也就是說, $R = \frac{dF}{dS}$; 計量它的單位和表示單位表面的通量的單位相同。

某表面在某方向上的亮度 B 是指到达該表面投影到垂直于所选定方向的平面的單位面积上的光强, 也就是說 $B = \frac{I}{S \cos \varphi}$ 。測定亮度的單位是熙提。

假如說, 光度是指对所有方向輻射出去的通量, 那么亮度是指輻射于某一特定方向的通量。

在自然界中, 我們常常牽涉到的不是獨立的光源 (例如像太陽圓面) 的表面而是發出反射(散射)光的表面。

假如对于一个反射本領 $A < 1$ 的理想的無光澤表面, 有强度等于 E 的通量射落其上, 那末它的光度 $R = AE$, 但是正如在第八章中所証明的, R 和亮度 B 間的关系是 $R = \pi B$, 那末很明显 $B = \frac{AE}{\pi}$ 。

假如亮度用熙提来表示, 那末[用流明/平方厘米来表示的]表面的光度为其 π 倍, [与 1 熙提的亮度相应的表面光度]等于 3.14 流明/平方厘米[(在 $A=1$ 时)]^①。假如表面是絕對白的話, 也就是說 $A=1$, 那末可以用光度等于 1 辐透的表面即輻射通量是 1 流明/平方厘米的表面的亮度作为亮度的單位, 这个單位叫做一个朗伯。朗伯的万分之一的單位称阿普熙提: 这是在 1 平方米面积上輻射出一个流明的表面的亮度。

显然, 1 熙提 = 3.14 朗伯 = 31400 阿普熙提。

但是这个亮度的光度学的通常定义, 最好用本質上是相同的別一个定义来代替, 要方便得多; 就是說任一物体在某方向的亮度 B 是指它在位于观测地点和物体方向成垂直的平面要素上所引起的照度 E 与由观测点看該物体所作的立体角 ω 的比, 也就是說

$$B = \frac{E}{\omega}.$$

本質上这个定义和第一个定义是相同的。事实上

$$E = \frac{I}{r^2},$$

① 原文此句話不够清楚, 有 [] 三处內的文字是譯文中所加补的——校者注。

但是

$$\omega = \frac{S \cos \varphi}{r^2},$$

上式中 S 是表面面积, 所以

$$B = \frac{E}{\omega} = \frac{Ir^2}{r^2 S \cos \varphi} = \frac{I}{S \cos \varphi}.$$

在自然界中我們所遇到的照度是相当悬殊的。我們列举水平面上的照度(以勒克司为單位)为例:

晴天正午在室外.....	50000—100000
陰天在室外.....	5000—20000
灯光辉煌的室内.....	50—200
晴夜有月光时在室外.....	0.2
晴夜但無月光.....	0.0003—0.0002

就我們会遇到的亮度的数值, 我們列举以下的数据(以熙提为單位):

太陽圓面約为.....	150000
月亮圓面約为.....	0.25
太陽所照着的白紙.....	2—3
晴朗天空.....	1.1—3
陽光充沛的夏日景色.....	0.1
月夜的景色.....	5×10^{-7}
無月的夜間的景色.....	5×10^{-10}

为了在光譜的可見部分进行观测, 通常应用光度学的方法, 但是也用光电的方法和光化学的方法。供此目的用的光度計之中, 在气象学上最广泛使用的是韋伯-泊諾夫 (Вебер-Полнов) 的目視光度計, 这个仪器像一切光度計一样, 叫我們把目鏡視野的兩個半边的亮度加以比較, 其中一个半边視野是用被研究的光源来照着, 而另一半边是用人工的标准光源来照着。

假如要在光譜某一局限部分进行測定, 便得使用濾光器, 但是假如要測定光譜中的單色部分, 便得使用各种分光光度計, 但是我們不打算

① 原文为 Weber——譯者注。

在这里多講分光光度計以及用来測定照度的勒克司測定計。在这些測定中还非常广泛地使用各种形式的光电管，对于光电管的問題請参考專門手册。

在研究光譜可見部分的輻射通量的时候，我們通常使用我們的肉眼作为基本的觀測和測量的仪器，假如要正确地估計觀測的結果，便永远必須考虑肉眼的性質和特点。

大家知道，經過瞳孔射进去的光綫能量作用于眼睛的網膜，在網膜上面具有兩種能够感受光能的細胞，这就是錐狀細胞和柱狀細胞。前者只能夠感受具有充分大的亮度的光綫，所以在白晝起作用；如光綫的亮度漸減，那末柱狀細胞就起来逐漸代替錐狀細胞来起感受的作用，柱狀細胞能够感觉微弱的亮度；它們在曙暮光里和夜間起感受光綫的作用。所以錐狀細胞的（或者說白天的）視覺和柱狀細胞的（或者說曙暮光里的）視覺是不同的。可以这样認為：肉眼可以發生作用的一般亮度範圍在 10 到 10^{-11} 熙提之間，其中錐狀細胞在 10 到 10^{-7} 熙提之間起作用，而柱狀細胞則是从 10^{-4} 到 10^{-11} 熙提之間起作用；对 10^{-4} 到 10^{-7} 熙提之間的亮度兩者都起作用。柱狀細胞（曙暮光中）的視覺的另一主要特点是它不能区别色彩——曙暮光中（柱狀細胞的）的視覺是無色彩感的，它只能夠感到亮度上的区别。

决定肉眼在观察發光体时發生作用的基本定律如下：决定主观亮度感觉的所謂網膜上的照度是和被視察物体的光度学亮度以及瞳孔的面积成正比。所以假如瞳孔面积相等的話，那末当我们看离开光軸同一距离的物体的时候，我們感到的总是它們的光度学亮度。假如感受从点光源所發出来的光綫的时候，情形就不同了；这时候主观亮度感觉是和点光源在觀測者眼睛瞳孔上所引起的照度成正比。

肉眼假如被迫在上面所說的广大亮度範圍內作用的时候，就具有适应于不同亮度的显著特性，能相应地改变自己的感度。这个随机应变的过程称为适应。但这不是在瞬間內所能完成的，当从一个亮度情

况改变到另一个亮度情况的时候，肉眼感度进行这样的改变需要或大或小的時間間隔。而且是这样的：当从大的亮度轉到很小亮度的时候（由光明轉向黑暗）——即所謂黑暗适应——时，肉眼感度的改变过程进行得很慢，需要数十分鐘的时间，而肉眼的感度值在这时期內扩大了50000—100000倍。反过来，从黑暗轉向大亮度的时候（光明适应）肉眼适应得相当快，只要数分鐘，在这时候肉眼的感度减低。

肉眼对于亮度感觉的感度不是無限制的；如果落到眼睛的光綫能量达到了某一个最小的限界，眼睛便不再感光；这个能量的值称为光閾。

光通量的肉眼視觉除了給我們以亮度感觉外，还有色彩的感觉。这只能当亮度大到足以使我們肉眼中能够感受色彩感觉的錐狀細胞器官發生作用的时候才是这样，也正因为如此，当在晝夜中明亮的时候，自然界是那样地五彩繽紛。

除掉那些無彩的顏色——其中包括白色、黑色以及介于白色黑色間的色調不同的各种中間灰色——之外，所有其余所謂有彩顏色相互間可以有亮度、彩調和飽度上的不同。在表 83 里列举着和不同色彩相对应的波長。

表 83

色 彩	波 長 范 圍 (毫 微 米)	波 長 λ 典型值 (毫 微 米)
紫.....	380—455	430
藍.....	455—485	470
青.....	485—505	495
綠.....	505—550	530
黃綠.....	550—575	560
黃.....	575—585	580
橙.....	585—620	600
紅.....	620—760	640

把白色和某一个單色的分光色彩相混合，可以得到色彩的極大部分。这样便可以用两个基本量来决定任意一种色彩：(1)彩調，这是指色彩的性質，可以用加在白色上的單色光的波長 λ 表示，和(2)飽度或純度，这决定这个單色光在混合中的成分；也就是說，飽度等于 $p = \frac{B_\lambda}{B_\lambda + B_0}$ ，这里 B_λ 和 B_0 分别为單色光及白色光的亮度；显然对于白色而言， $p=0$ ，而对于純光譜色而言， $p=1$ 。

同时，彩調与飽度都相等的許多顏色也因亮度(或輝度)的不同而引起不同的色彩感觉；例如黄色和褐色、紅色和醬色等等可以因光强的变化而相互变更。至于彩調相同而只是自己的飽度不同的色彩，我們可以举出当天空無云之际，在天上不同地方的青天有着不同的着色来为例。某些顏色，其中有紫紅色，不可能用白色和某种單色光相混合而获得，却要把極端的分光色——例如紅和紫——相混合而获得。

为了更精确地表示某一个顏色，可用以不同比例相混合的三个基本色彩来表示所有的彩調。这时候只要把这个混合色上再加上一定量的白色便可以获得任何种顏色。我們選擇紅色 R ，綠色 G 和藍色 B 为基本色。我們不再細述这样的專門問題，只指出假如不研究混合色的强度的話，色彩可以用某些系数 r, g 和 b 来决定，这些系数表示为了获得該彩調所必須的三个色彩基本成分的量。这可以用下述等式来表示：

$$C = rR + gG + bB,$$

这表示为了求得色彩 C ，便必須要把基本色彩 R, G 和 B 各取相当的数量 r, g 和 b 。

利用这一点(从光学教科書中可以知道)我們就能够在实际工作中構造所謂色彩三角形，这种三角形能够方便地表示出一切的顏色；也可以应用特制的色彩圖。

§2 天空的青色

大家都知道：無云的晴空是青色的，可是仔細的觀測，証明在天空

不同部分的着色是各不相同的,而且是充分强烈地随時間而变的。

过去已經有許多說明天色的假設提出过,但是只有当光綫在混濁媒質中散射的理論完成以后,才找到正确的解釋。

在第十章中已經講过,从天空而来的散射光的光譜成分和直接太陽輻射的光譜成分相差很远。散射光的光学中心向短波方面移动相当厉害。因此我們的眼睛感受到这种散射光,便获得了青色的感觉。

就可見光譜中所有波長的每一个,用公式(6)①,便可以算出散射光的光譜中能量如何分布,也可以算出天空中任何一点的散射光的强度。有了这些数据,我們也可以决定天空的色彩,或者用彩調与饱和度来表示,或者用三个基本色:紅、綠、藍的系数来表示。表 84 中所示的是当太陽在天空上两个位置($Z_{\odot}=30$ 和 75°)时理想大气內看到的地球上各点(不同的天頂距)的数据(用百分率表示):

表 84

色 彩	$Z_{\odot}=30^{\circ}$				$Z_{\odot}=75^{\circ}$			
	-55	-15	25	85	-55	-15	25	85
亮度(千阿普熙提).....	6.0	5.1	6.0	26.0	4.3	2.8	3.9	34.6
紅.....	25	24	24	28	25.9	25.5	25.5	21
綠.....	25.7	23	24.5	29.8	27.0	26.3	26.7	32.5
藍.....	49.3	53	51.5	42.2	47.1	48.2	47.8	38.5
彩調(毫微米).....	478	475	477	482	480	478	480	488
飽度(%).....	35	41.5	40.0	21.3	31.0	33.3	32.5	15.2

这个算得的表令人信服地証明:因为散射的發生和 λ^4 成反比,所以在天空上各点的散射光的波長,長度为自 475 到 488 毫微米,即都是青的;同时正和全部散射輻射一样,即使就光譜可見部分来講,最大的亮度是当太陽在地平綫上时的太陽的下面,而且在这里色彩的饱和度,即

① 系本書中譯本第一册第十章的公式(6)——校者注。

青的程度,比較小;最暗而饱和度最大的地点大致位于和太陽相距 90° 的地方。

对于理想大气的这个一般情况,即使就实在大气的情形来講,也基本上被証实是对的,自然,在实在大气里,多少会看到一些分歧,这一方面是起因于光綫的吸收,另一方面是起因于浮悬于大气中的大質点的影响。如前所述,产生在大質点上的散射并不依从 λ^{-4} 的定律,散射光能量的極大值就移动到波長更長的方面去,可是同时当大气中水汽含量較大的时候,在光譜的紅端会發生較强的吸收。所有这一切因素綜合在一起,会使大气混濁度加大的时候天空青色的饱和度减少。

观测証实了这些理論上的預測。

我們已經指出: 散射辐射光譜中的能量極大值和太陽直接辐射的光譜相比,会移向波長更短的地方。表 85 中用相对單位列举無云天空和有云天空中的光譜成分的观测的結果。

表 85

λ (毫微米)	干净天空	薄 云 幕	白 云	太 陽
670	0.30	0.88	0.46	0.39
630	0.53	0.57	0.69	0.62
590	1.00	1.00	1.00	1.00
550	2.31	2.24	2.14	1.87
510	5.75	4.82	4.80	3.63
470	18.17	13.84	11.87	8.79
430	61.63	36.52	30.73	19.74

由表 85 可知無論是無云天空或者是为云所掩的天空都比从太陽所射出来的光綫更富有短的波長。遺憾的是: 除了極复杂的分光光度学的方法之外,我們还没有測定天空藍度的簡單而可靠的方法。

在藍度表(为了上述目的所用的仪器)中最普通的仪器是根据这样一个原理,就是把天空中要观测的地方的色彩和人工着色表面的色彩

相比較。如果把許多表面着上从純白色到紺青色的各种色彩,那末便获得色彩的标尺,利用这个标尺的級数(通常分 8 級)可以表示观测到的天空的色彩。

这种观测証明天空藍色的程度既有日变化,也有年变化,而且它的变化在不同地方具有不同的特点,并且当 $Z_{\odot}$ 增加,藍度一般是会减少的。同时,已經很明确地确定了它和大气混濁度关联的情况:即混濁度愈大,藍度愈弱,天色更帶白色。假如用混濁因子 T 来表示大气混濁度,那时候用上述标尺的級数 B 来估定的天空藍度可能用下述經驗公式来表示: $B = a - b \lg T$, 这里 $a = 12.0$, $b = 14.5$ 是兩個經驗系数。由于这个相关性的緣故,若干学者注意到天空藍度和气团特性間的关联,这个关联因季节而略异。在各种地理情况下藍度也就不同;山地、草原和大陆地帶的干淨空气中飽度最大,在海洋中間和海边飽度便較少。

天空顏色的变化随海拔高度的增加会如何变化的問題特別饒有兴趣;观测証实:天空色彩的飽度随高度而共增,天空色彩逐漸从青色变成紫色,可是在很高的高度(20 千米以上),据苏維埃平流層气球飞升时观测的結果,天空的色彩就变成灰黑色。

至于有云天的色彩,大家都知道,当云密布的时候,天空在它所有各部分都是灰色。它的顏色取决于很多的因子,理論的計算非常困难,观测的次数也很少。B. B. 沙罗諾夫(B. B. Шаронов)的有趣的观测和推論指出:被連續低云所掩盖的天空亮度,由天頂到地平綫漸漸减少約为 $\frac{1}{2.5}$ 乃至 $\frac{1}{3}$, 并且在天頂附近云好像多少帶着黃色,而到了地平綫附近便現出帶藍的顏色。有許多場合,以連續云層为背景,其上出現更暗的斑点,有时略帶着藍色;它的原因應該是由于地表面不同部分具有不同反射本領的緣故。

§ 3 被大气散射的光的偏振

由光的散射理論可以得到散射光應該是有偏振的結論。

事实上,假定在点 O (圖 265) 上,有一个散射質点,而我們是在和 O 相距 r 的点 A 来观测被質点所散射开来的光。

令在 SO 方向投射的光强是 I ; 把光綫的电向量分解成两个分量,一个分量 $i_{\parallel}$ 位于視平面 (投射光綫 SO 和被观测到的散射光綫 OA 所共有的平面) 内,另一个是 $i_{\perp}$, 和此平面垂直。理論告訴我們这两个互相垂直的、偏振的散射光的分量强度如下:

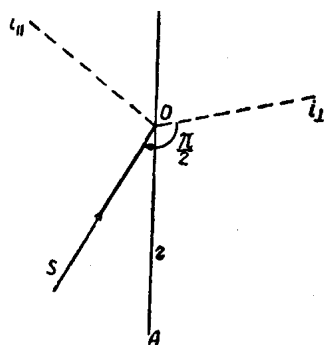


圖 265

$$\left. \begin{aligned} i_{\perp} &= I \frac{\pi^2(n^2-1)^2}{2Nr^2\lambda^4}, \\ i_{\parallel} &= I \frac{\pi^2(n^2-1)^2}{2Nr^2\lambda^4} \cos^2 \varphi, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中 φ 是散射角, n 是折射率, N 是單位容积 (1 厘米³) 中的散射質点数, λ 是波長。

由此对于偏振光的强度我們得

$$i_{\text{非偏}} = i_{\perp} - i_{\parallel},$$

而对于整个的强度,得到

$$i = i_{\perp} + i_{\parallel},$$

由此可知偏振的程度是

$$p = \frac{i_{\perp} - i_{\parallel}}{i_{\perp} + i_{\parallel}} = \frac{1 - \cos^2 \varphi}{1 + \cos^2 \varphi} = \frac{\sin^2 \varphi}{1 + \cos^2 \varphi}. \quad (4)$$

这样,当分子散射的时候,光綫的偏振發生在垂直于視平面的平面里,而且在和投射光綫成垂直的方向 ($\varphi = 90^\circ$ 及 270°) 上,我們会得到完全的偏振 ($p = 1$); 在和投射光方向一致的以及正相反对的方向 ($\varphi = 0^\circ$ 及 180°) 上,偏振等于零 ($p = 0$), 也就是說,我們会看到非偏振光。