

青少年科学素养文库

中国天文学领域最高奖项“张钰哲奖”得主
何香涛教授倾力之作

追逐类星体

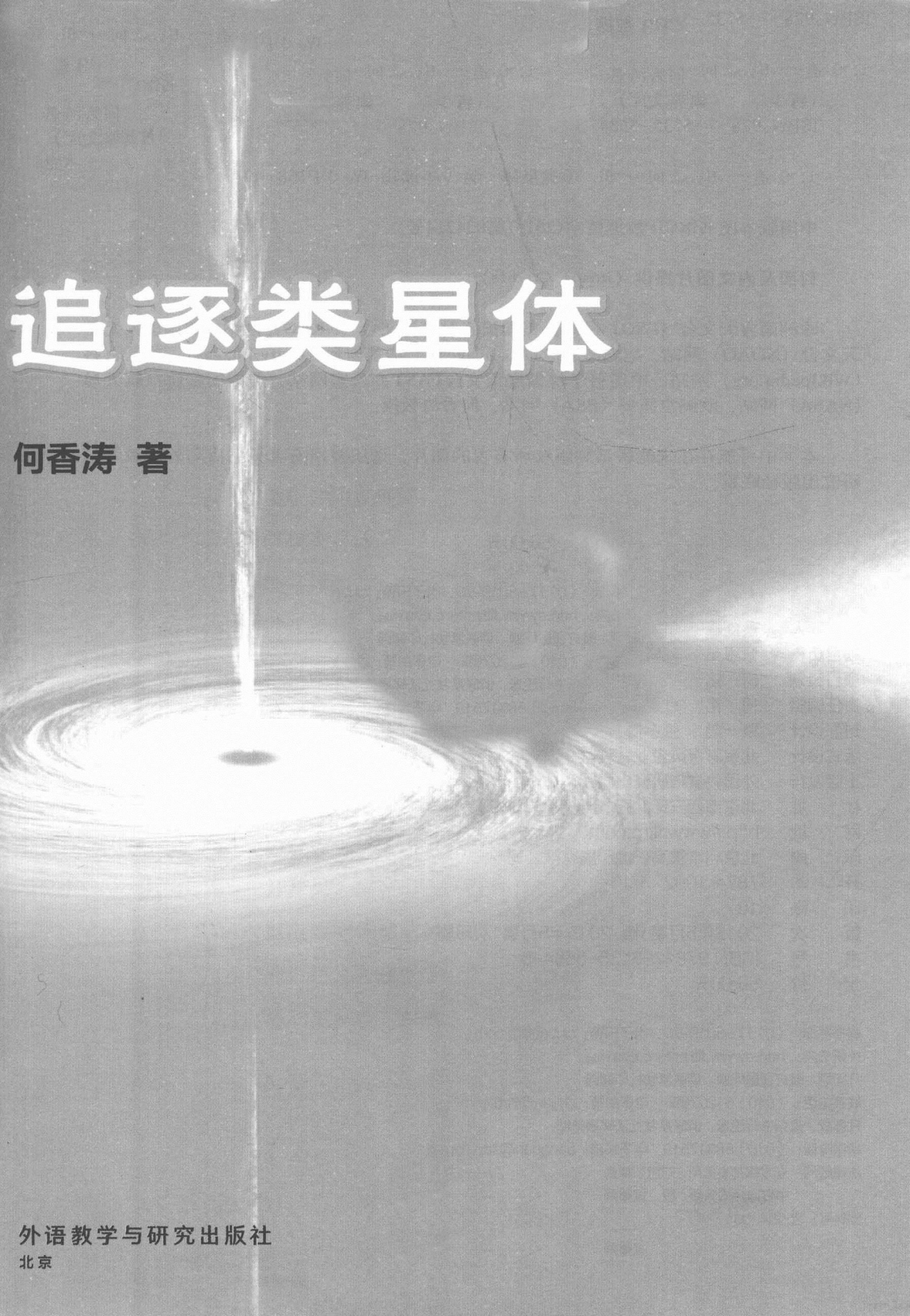
何香涛 著

世界上第一本
类星体科普书
带你追寻宇宙边缘的风景

类星体是什么天体？
类星体的中心为什么是黑洞？
类星体为什么可以又远又亮？
可以利用黑洞
进行时空穿越吗？

外语教学与研究出版社

北京科普创作出版专项资金资助

A vertical beam of light falls from the top of the frame into a dark, reflective surface. Upon impact, it creates a series of concentric, glowing ripples that spread outwards. The background is dark and textured, with some faint, horizontal light streaks on the right side.

追逐类星体

何香涛 著

外语教学与研究出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

追逐类星体 / 何香涛著. — 北京: 外语教学与研究出版社, 2015.1
(青少年科学素养文库)
ISBN 978-7-5135-5584-5

I. ①追… II. ①何… III. ①类星体—青少年读物 IV. ①P158-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第034214号

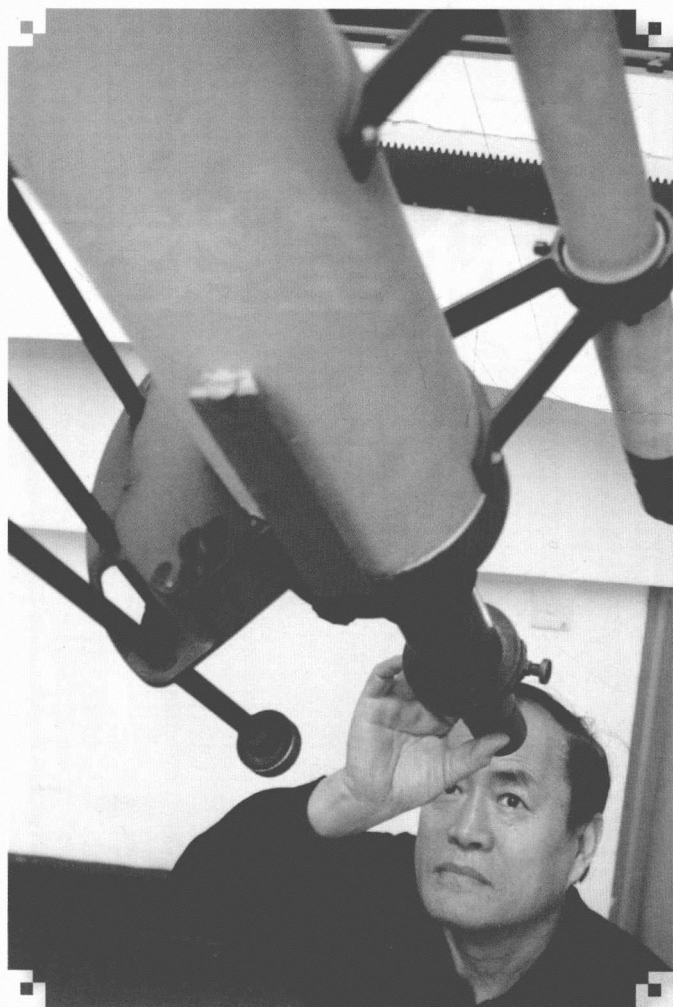
封面及内文图片提供 (Image Credits)

欧洲南方天文台 (ESO) 网站、美国国家射电天文台 (NRAO) 网站、美国国家光学天文台 (NOAO) 网站、达志影像 (TPG Images)、华盖创意 (Getty Images)、维基百科 (Wikipedia.org) 网站、中国科学院国家天文台 FAST 办公室网站、美国国家航空航天局 (NASA) 网站、欧洲空间局 (ESA) 网站、何香涛教授。

本书中可能存在未能联系到版权所有者的图片, 请版权所有者优先见书后与外语教学与研究出版社联系。

出 版 人	蔡剑峰
项目负责	章思英 刘晓楠
项目策划	何 铭
责任编辑	何 铭 杜建刚
封面设计	覃一彪 张 倩
版式设计	北京彩奇风企业管理策划有限公司
出版发行	外语教学与研究出版社
社 址	北京市西三环北路19号 (100089)
网 址	http://www.fltrp.com
印 刷	北京利丰雅高长城印刷有限公司
开 本	787×1092 1/16
印 张	18
版 次	2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5135-5584-5
定 价	56.00元

购书咨询: (010) 88819929 电子邮箱: club@fltrp.com
外研书店: <http://www.fltrpstore.com>
凡印刷、装订质量问题, 请联系我社印制部
联系电话: (010) 61207896 电子邮箱: zhijian@fltrp.com
凡侵权、盗版书籍线索, 请联系我社法律事务部
举报电话: (010) 88817519 电子邮箱: banquan@fltrp.com
法律顾问: 立方律师事务所 刘旭东律师
中咨律师事务所 殷 斌律师
物料号: 255840001



遙遠星體

目 录

前言

1. 寻找远方的神奇

- 6 类星体的发现
- 15 寻找类星体
- 24 类星体的光谱
- 33 谱线成林—— $\text{Ly}\alpha$ 线丛和多重红移
- 43 这样测量类星体的距离对吗?
- 51 寻找最遥远的类星体
- 65 画鬼并不容易——类星体的观测特征
- 74 X 射线的重要性
- 84 巧夺天工——用天体做一个透镜
- 95 打开另一扇窗口——红外
- 104 射电观测依然威风八面
- 114 能否超越光速?
- 124 活动星系核大家族

2. 黑洞——类星体的发电机

134 星空中的“妖怪”

143 黑洞的前世与今生

153 石头黑洞

163 “三毛”定理

171 类星体的发电机

3. 我的天文之路

184 我的早年生活

193 走进爱丁堡皇家天文台

203 帕洛马5米望远镜观测记

211 “中国-日本”类星体

220 跨国天文台冒纳凯阿

230 美国的天文城图森

240 你好，南十字座

251 闲话君山兄

266 造访台湾，期盼大同

274 围棋与天文

前言

我写过不少天文科普文章，其中最注入心血的，莫过于《追逐类星体》。这是一组系列文章，连载于《天文爱好者》杂志，历时两年多。文章颇受欢迎，上至一些专家和研究生，下至一般的大学生和天文爱好者，都认为其内容新颖、有创意，没有“天下文章一大抄”的弊俗。

什么是类星体呢？类星体是宇宙中的一类星系，和我们的银河系属于同一量级。但是，类星体和一般的星系有很大的不同，它看上去只是一个星点，因此被命名为类星体，即类似恒星的天体。类星体的物理本质至今仍存在许多疑点，被认为是宇宙中最神秘的天体之一。

现代天文学起始于20世纪60年代。第二次世界大战促进了射电天文学的发展。科学家们利用射电技术，突破性地实现了天体物理学的四大发现——类星体、脉冲星、宇宙背景辐射和星际分子。到目前为止，四大发现已获得五项诺贝尔奖，脉冲星两项，宇宙背景辐射两项，星际分子一项，唯独类星体榜上无名。迟迟得不到诺贝尔奖，最着急的当属类星体的第一发现人，美籍荷兰天文学家马尔滕·施密特。施密特在美国加州理工学院任教，已经80多岁。我在那里访问时，曾当面与他交谈，并请他为我签名留念。近年来，天文学的新发现越来越多，类星体的发现不会被永远尘封吧。

中国人听到类星体的名字已经是“文化大革命”开始时了。我本人知道有类星体还是道听途说来的。大概是“文革”初期，在南京开过一次天文界的“革命大批判”会。当时开会，除了批判“走资派”和“资产阶级反动权威”以外，也要以批判的眼光介绍一些科学进展，叫作“抓革命，促生产”。在这次会上，有人介绍了国外发现的一种新天体——类星体。

打倒“四人帮”之后，国内开始有了与国际间的学术交流。1978年，美国派了一个阵容庞大的天文代表团来华，有许多大名鼎鼎的天文学家。其中有马丁·史瓦西，其父就是第一位解出爱因斯坦相对论方程的卡尔·史瓦西。还有一位女天文学家，叫玛格丽特·伯比奇。她曾做过英国格林尼治皇家天文台的台长，在类星体的观测上取得了许多成就。在她做完报告之后，我最想问的一个问题是：类星体是怎样发现的？但是想来想去，觉得这个问题太简单了些，于是没有开口。这次报告会是在北京饭店召开的，规格很高，在京的国内知名天文工作者悉数到会，给我留下的印象实在是太深刻了。我想，什么时候我们能赶上人家，也能观测到类星体，哪怕看看类星体是什么样子，我也就知足了。

中国人的头脑一向不笨，只要把国门打开，让国人走出去，前进的步伐便不可阻挡。就在美国天文代表团访华之后不到两年，1980年，作为改革开放后的第一批访问学者，我登上了前往英国的飞机。

首次踏入异国他乡，一切的一切都十分异样。我来到了英国爱丁堡皇家天文台。在英国，只有格林尼治和爱丁堡两家天文台冠以“皇家”的称号。爱丁堡皇家天文台是英国最古老的天文台之一，建立于1822年。等我到来时，天文台早已非常现代化，云集了一批英国乃至世界著名的天文学家。就是在这里，我开始了对类星体的追逐。

《追逐类星体》集结了我对类星体的研究，但本书的内容不局限于

类星体，它涵盖了许多现代天文学的知识，包括宇宙学、射电天文学、红外天文学、X射线天文学、黑洞物理学等方面的内容。在讲述有关的科学知识时，还渗入了我对人生和哲学的感悟，以及我个人的经历。文章好坏不论，但保证是百分之百的原创。

知识是浩瀚的海洋，无边无际，永无止境。读者，尤其是青少年读者，如果能通过阅读本书获得一些科学知识，增加对天文学的兴趣，笔者将不胜欣慰。

何香涛

2014年秋于北京

寻找远方的神奇

什么是类星体？

它是怎样被发现的？

类星体的发现和二战时德军轰炸伦敦又有什么关系？

它有着怎样的特点？

类星体为什么又远又亮？

.....

类星体的发现

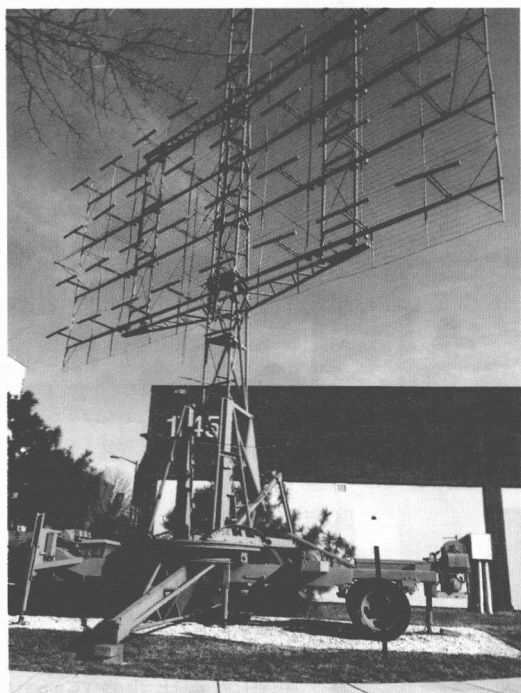
战争驱动力

人类憎恨战争，因为战争使生灵涂炭，但战争在某种意义上也促进了生产力的发展，尤其是某些科学的发展。第二次世界大战期间，德国人疯狂至极，征服了几乎整个欧洲，唯一没有臣服的大国是英国。阿道夫·希特勒忙于和苏联苦战的时候，无时无刻不想除掉这个心腹之患。鉴于一时无法用陆军征服，只能不停地进行空袭。但不久希特勒便发现，每次空袭对方居然都事先有了防范。纳粹二号人物赫尔曼·戈林大为恼火，认为一定是内部出了叛徒。这件事一直到二战结束，仍然是个谜。美国著名战地记者威廉·夏伊勒曾目睹希特勒的上台、二战经过和纽伦堡对纳粹战犯的审判，在其名著《第三帝国的兴亡》一书中记述了这件事。事实上，侦破纳粹每次空袭的不是间谍，而是英国的雷达技术。当时，英国的雷达技术已经相当先进，海岸预警雷达能够随时监视敌机的到来。突然有一次，英国的预警雷达出现故障。英国军方十分紧张，以为德国造出了破坏雷达的新式武器。后来证实，破坏雷达的“敌人”是来自太阳的射电爆发。这一秘密直到

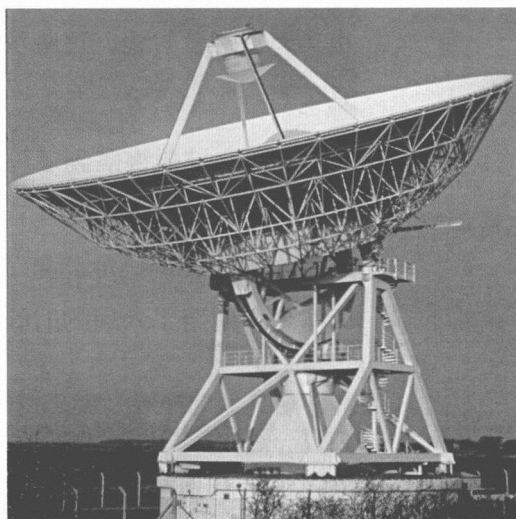
战后才公布。为此，有人建议将这一事件发生的时间——1942年，定为太阳射电天文学的诞生年。

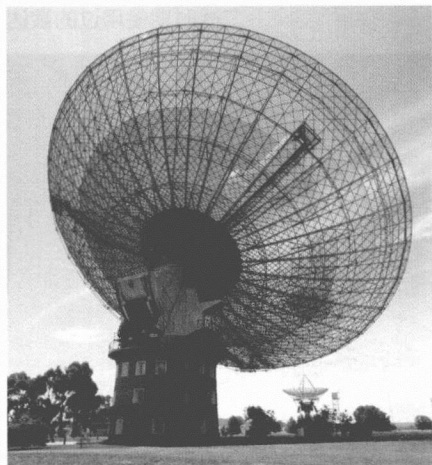
战后，一批为军事服务的科学家转搞射电天文，使英国的射电天文学在相当长的一段时间内一直处于世界领先地位。其中最著名的是马丁·赖尔。他将单个的望远镜串联起来观测天体，使其能力成倍地增加，称为“综合孔径技术”。赖尔因此获得1974年的诺贝尔奖，是天文界最早的诺贝尔奖得主之一。

英国剑桥大学开始利用射电望远镜进行巡天观测。所谓巡天观测，即寻找天空中发射射电波的天体。由于不知道这些天体是什么，所以把它们统称为“射电源”。第一个被发现的射电源是天鹅座A，它几乎是天空中最强的射电源，后来证实它是一个射电星系。1950年，剑桥大学发表了它的第一个射电源表，称为1C。1C中共包含50个射电源。1955年发表了2C射电源表，共包含1936个射电源。由于技术上的原因，这些源大部分是伪源。1959年，经过重新鉴定，发表了3C射电源表。3C共包



开创射电巡天观测的剑桥大学射电天文望远镜





位于澳大利亚帕克斯的64米射电望远镜

含471个源，这些源中实际上已经包含了类星体。当天文学家试图用光学望远镜去辨认这些射电源对应的天体究竟是什么时，类星体的发现已经成了必然。

1960年，美国帕洛马山天文台的艾伦·桑德奇首先在三角座找到了3C 48（3C表中的第48号源）的光学对应体。它看上去就像一颗普通的恒星，但它的光谱线很不正常，具有宽的发射线，而一般的恒星都是吸收线。另外，它的紫外波段的辐射也比普通恒星强很多，而且

具有光变。

另一个与发现类星体擦肩而过的是西里尔·哈泽德，他用设在澳大利亚帕克斯的口径为64米的射电望远镜准确地测量了3C 273的位置。他用的方法非常巧妙，选择3C 273经过月球的机会，利用月球掩食*逐点对3C 273进行观测。结果发现，3C 273是一个射电双源，中间夹着一颗恒星，恒星的星等**为13等。进一步观测发现它和3C 48一样，也具有宽的发射线，这些发射线也无法证认。哈泽德的工作是1963年宣布的。

幸运女神最终落到了马尔滕·施密特头上。施密特是哈泽德的同事，也在帕洛马山天文台工作。他用该天文台的5米光学望远镜进一步观测3C 273，准确地测量了每一条发射线的位置。他在一次谈话中告诉作者，他用了六周的时间去思索这些发射线究竟是什么。最终，他

* 掩食：将形成日食的原理用在别的天体上，称为掩食方法。被观测天体逐渐被另一个天体遮挡，在此过程中可以分辨被观测天体的局部细节。

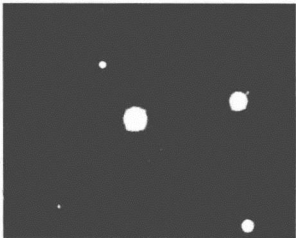
** 此处指视星等。视星等用来表示恒星的视亮度，即看上去的亮度。视星等数值越大，表示恒星越暗。人类肉眼只能看到1~6等的星。

恍然大悟——原来这些线
就是一些最普通的氢的巴
耳末线和电离氧的谱线，
只不过向红端方向位移了
很多。

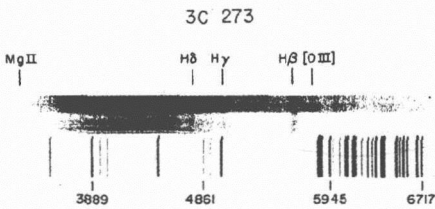
右上是3C 273的光学
像，下方是它的光谱。天体
的光谱线向红端方向位移，
叫作红移。红移值 Z 定义为
观测到的波长 λ 相对于地球
上实验室波长 λ_0 的位移比

$$Z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

由于 λ 总是大于 λ_0 ，所以红移值 Z 始终大于0。



3C 273的光学照片



3C 273的光谱（上面是它本身的光谱，下
面是用作波长定标的标准光谱。）

3C 273的典型发射线及其红移值

观测波长	证认和波长 λ_0	红移值 Z
5030 Å	H_{γ} 4340 Å	0.159
5630 Å	H_{β} 4861 Å	0.158
5743 Å	[O III] 4959 Å	0.158
5798 Å	[O IV] 5007 Å	0.158

根据施密特的证认，得出3C 273的红移值 $Z = 0.158$ 。如此大的红移
值，说明它肯定是处在银河系之外的一种新的天体。1963年，施密特将
他的工作发表在英国《自然》杂志上。至此，类星体正式被发现。

3C 273: A STAR-LIKE OBJECT WITH LARGE RED-SHIFT

By Dr. M. SCHMIDT

Mount Wilson and Palomar Observatories, Carnegie Institution of Washington, California Institute of Technology, Pasadena

THE only objects seen on a 200-in. plate near the positions of the components of the radio source 3C 273 reported by Hazard, Mackey and Shimmias in the preceding article are a star of about thirteenth magnitude and a faint wispy jet. The jet has a width of $1''$ - $2''$ and extends away from the star in position angle 43° . It is not visible within $11''$ from the star and ends abruptly at $20''$ from the star. The position of the star, kindly furnished by Dr. T. A. Matthews, is R.A. $12^h 26^m 33.36s \pm 0.04s$, Decl. $+2^\circ 19' 42.0'' \pm 0.5''$ (1950), or $1''$ east of component B of the radio source. The end of the jet is $1''$ east of component A. The close correlation between the radio structure and the star with the jet is suggestive and intriguing.

Spectra of the star were taken with the prime-focus spectrograph at the 200-in. telescope with dispersions of 400 and 190 Å per mm. They show a number of broad emission features on a rather blue continuum. The most prominent features, which have widths around 50 Å, are, in order of strength, at 5632, 3239, 5792, 5032 Å. These and other weaker emission bands are listed in the first column of Table 1. For three faint bands with widths of 100-200 Å the total range of wave-length is indicated.

The only explanation found for the spectrum involves a considerable red-shift. A red-shift $\Delta\lambda/\lambda_0$ of 0.158 allows identification of four emission bands as Balmer lines, as indicated in Table 1. Their relative strengths are in agreement with this explanation. Other identifications based on the above red-shift involve the Mg II lines around 2798 Å, thus far only found in emission in the solar chromosphere, and a forbidden line of [O III] at 5007 Å. On this basis another [O III] line is expected at 4959 Å with a strength one-third of that of the line at 5007 Å. Its detectability in the spectrum would be marginal. A weak emission band suspected at 5705 Å, or 4927 Å reduced for red-shift, does not fit the wave-length. No explanation is offered for the three very wide emission bands.

It thus appears that six emission bands with widths around 50 Å can be explained with a red-shift of 0.158. The differences between the observed and the expected wave-lengths amount to 6 Å at the most and can be entirely understood in terms of the uncertainty of the measured wave-lengths. The present explanation is supported by observations of the infra-red spectrum communicated by

Table 1. WAVE-LENGTHS AND IDENTIFICATIONS

λ	λ/λ_0	λ_0	
3239	2797	2798	Mg II
4595	3968	3970	H δ
4753	4104	4102	H γ
5032	4345	4340	H β
5200-5415	4490-4675		
5372	4664	4661	H δ
5792	5002	5007	[O III]
6025-6190	5195-5345		
6405-6510	5527-5622		

Oke in a following article, and by the spectrum of another star-like object associated with the radio source 3C 48 discussed by Greenstein and Matthews in another communication.

The unprecedented identification of the spectrum of an apparently stellar object in terms of a large red-shift suggests either of the two following explanations.

(1) The stellar object is a star with a large gravitational red-shift. Its radius would then be of the order of 10 km. Preliminary considerations show that it would be extremely difficult, if not impossible, to account for the occurrence of permitted lines and a forbidden line with the same red-shift, and with widths of only 1 or 2 per cent of the wave-length.

(2) The stellar object is the nuclear region of a galaxy with a cosmological red-shift of 0.158, corresponding to an apparent velocity of 47,400 km/sec. The distance would be around 590 megaparsecs, and the diameter of the nuclear region would have to be less than 1 kiloparsec. This nuclear region would be about 100 times brighter optically than the luminous galaxies which have been identified with radio sources thus far. If the optical jet and component A of the radio source are associated with the galaxy, they would be at a distance of 50 kiloparsecs, implying a time-scale in excess of 10^4 years. The total energy radiated in the optical range at constant luminosity would be of the order of 10^{46} ergs.

Only the detection of an irrefutable proper motion or parallax would definitely establish 3C 273 as an object within our Galaxy. At the present time, however, the explanation in terms of an extragalactic origin seems most direct and least objectionable.

I thank Dr. T. A. Matthews, who directed my attention to the radio source, and Drs. Greenstein and Oke for valuable discussions.

ABSOLUTE ENERGY DISTRIBUTION IN THE OPTICAL SPECTRUM OF 3C 273

By Dr. J. B. OKE

Mount Wilson and Palomar Observatories, Carnegie Institution of Washington, California Institute of Technology, Pasadena

THE radio source 3C 273 has recently been identified with a thirteenth magnitude star-like object. The details are given by M. Schmidt in the preceding communication. Since 3C 273 is relatively bright, photoelectric spectrophotometric observations were made with the 100-in. telescope at Mount Wilson to determine the absolute distribution of energy in the optical region of the spectrum; such observations are useful for determining if synchrotron radiation is present. In the wave-length region between 3300 Å and 6000 Å measurements were made in 16 selected 50-Å bands. Continuous spectral scans with a resolution of 50 Å were also made. The measurements were placed on an absolute-energy system by also observing standard stars whose absolute energy distributions were known¹. The accuracy of the 16

selected points is approximately 2 per cent. The strong emission features found by Schmidt were readily detected; other very faint features not apparent on Schmidt's spectra may be present.

The source 3C 273 is considerably bluer than the other known star-like objects 3C 48, 3C 196, and 3C 286 which have been studied in detail¹. The absolute energy distribution of the apparent continuum can be accurately represented by the equation:

$$F_\nu \propto \nu^{1.25-2.5}$$

where F_ν is the flux per unit frequency interval and ν is the frequency. The apparent visual magnitude of 3C 273 is +12.6, which corresponds to an absolute flux at the Earth of 3.5×10^{-13} W m⁻² (e/s)⁻¹ at 5600 Å. At

施密特于1963年发表在《自然》杂志上的论文的原文影印

幸运之神

当人们谈及类星体的发现者时，总忘记不了上面提到的桑德奇和哈泽德。但是，正式的发现者只能是施密特。据说，桑德奇对此感到郁闷，他本人后来不再搞类星体，并且离开了帕洛马山天文台的主管单位——加州理工学院天文系。他甚至公开宣布，拒绝再使用5米望远镜。为什么有着丰富观测经验的桑德奇和哈泽德，未能进一步追问他们发现的新天体究竟是什么呢？原因是旧有的概念束缚了他们的思想。在当时，科学家已经发现了天空中有一些强射电源，如天鹅座A和仙后座A。所有这些强射电源在天空中都有一定的大小，而且是处在银河系之内，因此把它们都称为“源”而不是“星”。另一个原因是红移大小的禁锢。3C 48和3C 273的光谱线都很简单，只是谱线的位置发生了红移。红移的概念在当时早已清清楚楚。但是，所有测出的河外星系的红移值都远小于0.1。人们想不到，还有红移大于0.1的河外天体。施密特的功劳恰恰是捅破了这层窗户纸。

幸运之神有时也会开一个玩笑。20世纪80年代初作者访问加州理工学院天文系时，曾遇到天文学家杰西·格林斯坦，他是研究恒星大气的权威之一。一次，他问我：“你知道类星体是谁最早发现的吗？”听他话里有话，我只好含糊其辞地说：“不是施密特吗？”他很爽快地说：“不，是我。我在研究白矮星时就发现了这种天体，认为是特殊的白矮星，等人家公布了才知道原来是类星体。”在类星体正式被发现的三年前，1960年，格林斯坦和加州理工学院的另一位著名实测天体物理学家约翰·欧克教授就发现了QSO Ton 202。他们手头的观测资料太多了，根本没有把这颗星当回事，更没有发表。直到1970年，他们才将自己的“过期发现”发表在《太平洋天文学会会刊》上。