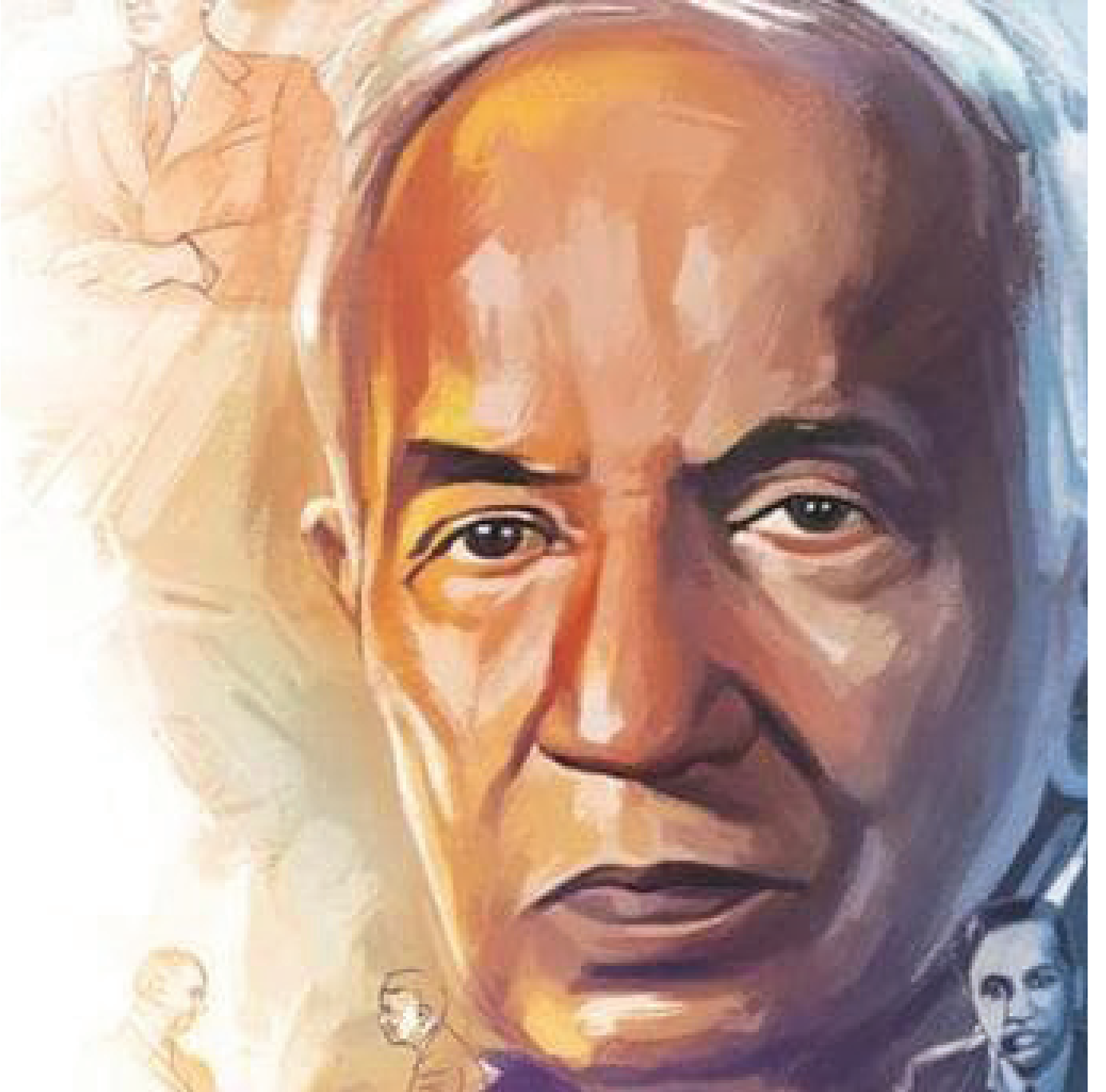


# ASTROFİZİĞİN YILDIZI

SUBRAHMANYAN CHANDRASEKHAR

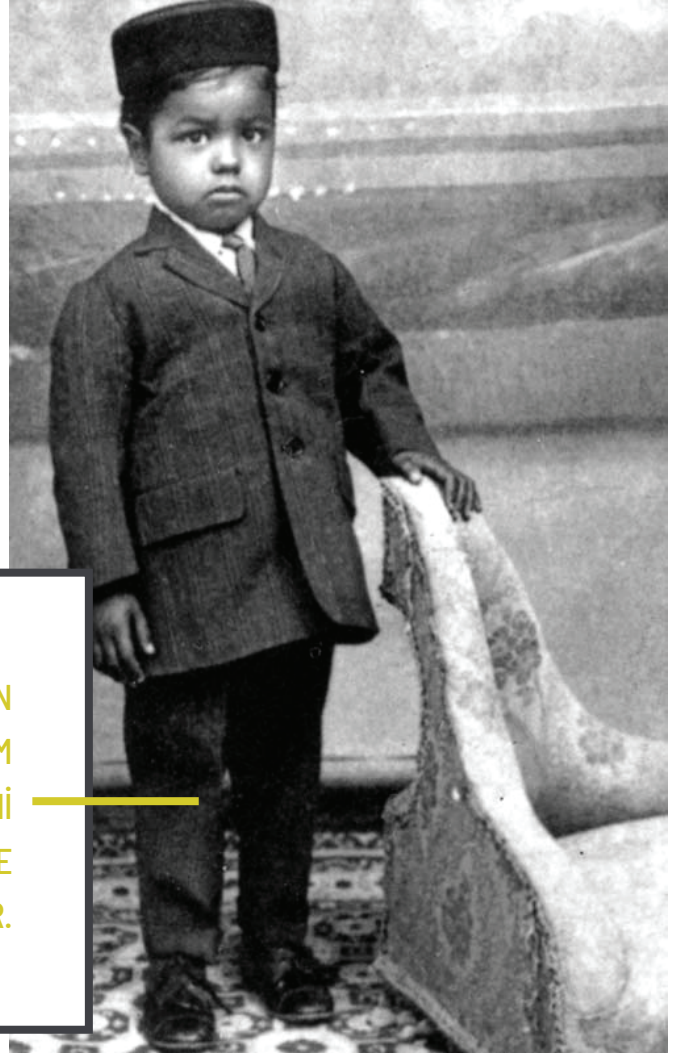


# Subrahmanyam Chandrasekhar

Merve Çalışır ve Dr. Adil Denizli

Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

Subrahmanyam Chandrasekhar, Hindistan'ın Lahor kentinde özgür düşünen, Tamilce konuşan bir Brahman ailesinde doğdu. İki kız kardeşten sonra dünyaya geldi ve onu üç erkek ve dört kız kardeş izledi. Annesi Sitalakshmi, geleneğe uygun olarak sadece birkaç yıllık resmi eğitim aldı. Fakat Ibsen ve Tolstoy'u Tamilceye başarılı bir şekilde çevirmesi, entelektüel gücünün bir göstergesiydi. Babası C. S. Ayyar, Hint Sivil Hizmetinin zirvesine yükselebilmiş dinamik bir kişiydi. Amcası Sir C.V. Raman'ın da, 1930'da, ışığın moleküllerden saçılmasındaki kuantum etkilerinin doğrudan gösterimini sağlayan çalışmasının Nobel Ödülü'ne layık görülmesi ilgi çekicidir.



**AMCASI SIR C.V. RAMAN'IN, 1930'DA, IŞIĞIN MOLEKÜLLERDEN SAÇILMASINDAKİ KUANTUM ETKİLERİNİN DOĞRUDAN GÖSTERİMİNİ SAĞLAYAN ÇALIŞMASININ NOBEL ÖDÜLÜ'NE LAYIK GÖRÜLMESİ İLGI ÇEKİCİDİR.**

Eğitimi evde Sitalakshmi'nin Tamilce ve İngilizce derslerini vermesiyle başladı. Ayrıca C. S. Ayyar sabah işe gitmeden ve akşam döndükten sonra çocuklarına İngilizce ve aritmetik öğretti. Chandra'nın hayatı, kendisini yerli kültüründen yabancı kıyılara kültürüne taşıyan bir adanmışlığıyla yönlendirildi. Her zaman mutlu olmasa da, başarılı bir şekilde yönettiği çapraz akımlar büyüleyici bir hikâye sunuyor. Kendisi, Sir Arthur Eddington'a göre zamanının en önde gelen teorik astrofizikçisiydi. Aile, 1918'de C.S. Ayyar'ın muhasebeci yardımcılığına yükselmesiyle Madras'a taşındı. Chandra ve kardeşlerinin o zamanlar özel öğretmenleri vardı, Chandra 1921'de normal bir okula gidiyordu. Okuldaki ikinci yılında cebir ve geometriyi tanıdı ve bu onu o kadar cezbedi ki, okul başlamadan önceki yaz ders kitapları ile çalışmalarına devam etti. Chandra, 1925'te Madras'taki Başkanlık Koleji'nde fizik, matematik, kimya, Sanskritçe ve İngilizce okudu. Fizik ve matematiğe karşı ilgisi çok arttı ve İngiliz edebiyatında süregelen bir çekicilik buldu. İngiliz edebiyatına olan hayranlığının, kendi net ve kusursuz yazı stiline katkıda bulunduğu varsayılabilir. Chandra, 1920'deki erken ölümüne kadar İngiltere'ye giden ve kendisini Cambridge'in seçkin matematikçilerinden

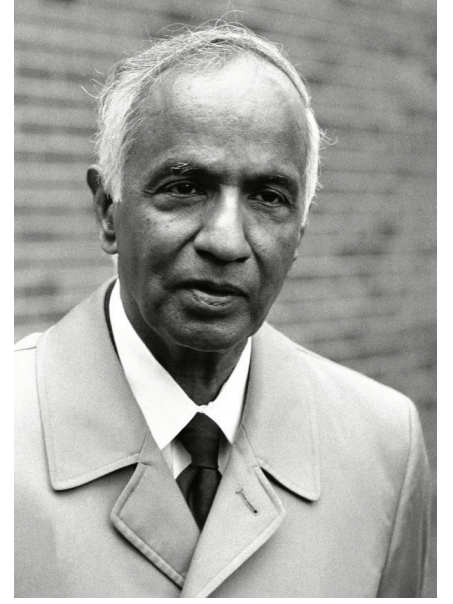
ayırarak S. Ramanujan'ın matematiksel başarılarından ilham aldı. Matematik, Kamu Hizmeti için zayıf bir hazırlık gibi görünüyordu. Sitalakshmi, kişinin gerçekten yapmayı sevdiği şeyi en iyi şekilde yaptığı felsefesiyle Chandra'yı destekledi. Chandra, kendi inisiyatifleriyle Arnold Sommerfeld'in Atomik Yapılar ve

Tayf Çizgileri kitabını okudu ve matematik derslerine katıldı. Fizik profesörleri, fiziği büyük ölçüde bağımsız okuma yoluyla öğrendiğini fark etti ve bu ona matematik derslerine katılma özgürlüğü sağladı. 1928 sonbaharında Sommerfeld, Başkanlık Koleji'nde ders verdi. Chandra, Sommerfeld'le tanışmayı hedefledi ve Sommerfeld'in kitabının dayandığı eski Bohr kuantum mekaniğinin yerine Schroedinger, Heisenberg, Dirac, Pauli ve diğerlerinin dalga mekaniğinin geçtiğini ve Boltzmann istatistiği ve Fermi-Dirac istatistiklerinin Pauli dışlama ilkesini geçtiğini savundu. Sommerfeld, yeni teoriyi metallerdeki elektronlara zaten uygulamıştı ve bu Chandra'nın makalesini kanatlandırdı. Chandra, yeni kuantum mekaniği ve istatistikleri üzerine yoğun bir çalışma başlattı ve ilk profesyonel araştırma makalesi olan "The Compton saçılması ve yeni istatistikler"i yazdı.

Ocak 1929'da bu çalışmayı Londra Kraliyet Cemiyeti Bildirilerinde yayınlanmak üzere Cambridge'de Prof. R. H. Fowler'a ilettili. Fowler adını kendisi önerdi çünkü Fowler yeni istatistikleri çökmüş yıldızlara uygulamıştı. Fowler, Chandra'nın makalesini Kraliyet Cemiyeti'ne usulüne uygun olarak



...VE İLK PROFESYONEL ARAŞTIRMA  
MAKALESİ OLAN  
"THE COMPTON SAÇILMASI VE  
YENİ İSTATİSTİKLER"İ YAZDI.



ilettili. Chandra'nın makalesinin değerini anlayan açık fikirli ve cömert bir kişiydi. Bu temas, Chandra İngiltere'ye geldiğinde bir yıl sonra çok önemli bir rol oynayacaktı. Heisenberg, Ekim 1929'da Başkanlık Koleji'nde ders verdi ve Chandra, o sırada onunla kapsamlı bir tartışma fırsatı buldu. Sonra, yıldız tayflarının yorumlanmasını sağlayan istatistiksel mekanikle tanınan Allahabad'daki Meghnad Saha, Chandra'nın Londra Kraliyet Cemiyeti Bildirilerindeki makalesi üzerine tartışmalar için Chandra'yı davet etti. Wali, biyografisinde, Chandra'nın çalışmalarının bilim camiası tarafından erken değerlendirilmesiyle kişisel düzeydeki İngiliz Hindistan'ının sınıf züppeliğini karşılaştırır. Başkanlık Koleji'ndeki son sınavlar 1930 Mart'ında yapıldı ve Chandra bir rekor kırdı. Şubat ayında Chandra, kendisine üç yıl boyunca İngiltere'de çalışma ve araştırma yapması için Hindistan Hükümeti'nin özel bir bursunun teklif edileceği konusunda bilgilendirildi. Burs kamuoyuna duyurulduğunda Chandra, kendisini ülkesini ve mirasını terk ettiğini düşünen diğer Hintlilerin kızgınlığını yaşadı.

## 4/3 DEĞERİ, YILDIZI YERÇEKİMİNE KARŞI DESTEKLEYEN BASINCIN, YILDIZ KÜÇÜLDÜKÇE ARTAN YERÇEKİMİ KUVVETİNDEN DAHA HIZLI BÜYÜMEDİĞİ VE BUNUN SONUCUNDA BEYAZ CÜCENİN İÇ BASINCININ YILDIZI ONA KARŞI DESTEKLEYEMEYECEĞİ BİR SINIRLAYICI KÜTLE OLDUĞU ANLAMINA GELİR.

Daha da kötüsü, Sitalakshmi ölüm döşeğindeydi ve Chandra İngiltere'ye giderse onu bir daha görmeyeceği belliydi. Doğru biçimde Sitalakshmi, Chandra'nın sadece kendisi için değil dünya için doğduğunu söyleyerek konuya el koydu. Chandra yetkililere, hükümet bursunu Cambridge'de R.H. Fowler ile çalışmak ve araştırma yapmak için kullanmak istediğini bildirdi. Hindistan Yüksek Komiserliği, düzenlemelere devam etti. Chandra 31 Temmuz 1930'da Bombay'dan ayrıldı ve Venedik'e gitmek üzere trenle Londra'dan ayrıldı ve bir daha hiç dönmedi. Chandra'nın gemide zamanını beyaz cüce yıldızlarda dejenere elektron gazının istatistiksel mekaniği üzerinde çalışarak geçirdiği ve Fowler'ın yapmadığı dejenere elektron gazının üst seviyelerinin göreceli olduğunu dikkate aldığı iyi bilinmektedir. Yoğunluk ve sıcaklıktaki değişikliklerden etkilenen üst seviyeler olduğu için, bir yoğunluk değişimi  $\Delta\rho$  ve basınç değişikliği  $\Delta p$ 'nin relativistik olmayan değer  $5/3$  yerine  $\rho\Delta p / p\Delta\rho = 4/3$  ile ilişkili olduğunu izler.  $4/3$ , daha önce Fowler tarafından verilmişti.  $4/3$  değeri, yıldızı yerçekimine

karşı destekleyen basıncın, yıldız küçüldükçe artan yerçekimi kuvvetinden daha hızlı büyümediği ve bunun sonucunda beyaz cücenin iç basıncının yıldızı ona karşı destekleyemeyeceği bir sınırlayıcı kütle olduğu anlamına gelir. Bu, basıncın yerçekimsel kuvvetlerden daha hızlı arttığı, böylece yeterli kasılmanın nihayetinde daha fazla kasılmayı engellemek için yeterli bir basınç sağlaması gerektiği bilinen, göreceli olmayan duruma çelir. Sınırlayıcı kütle, açıkça Güneş kütlelerinin mertebesindeydi ( $2 \times 10^{33}$  g). Kesin bir değer, yıldızın her yarıçapındaki üst tam göreceli seviyelerin yanı sıra ara seviyeler için kesin  $\rho\Delta p / p\Delta\rho$  değeriyle yıldızın iç yapısının ayrıntılı hesaplamalarını gerektirir.

Ancak bunun anlamı açıktı. Büyük bir yıldız, iç enerji kaynağı tükendiğinde beyaz bir cüce olarak kaybolamaz. Bunun yerine sınırsızca küçülür. Her zaman tamamen dejenere olamayacak kadar sıcaktır ve yüzeyinin üzerindeki yerçekimi alanı ışığın kaçamayacağı kadar güçlü hale geldiğinde ortadan kaybolur. Modern dilde, büyük yıldız sonunda bir kara deliğe dönüşür.

Muhakeme açıldı ve sonuç şaşırtıcıydı. Nihayetinde keşfinin ardından gelen yankılar, Chandra'yı yabancı bir Batı toplumunda ve kültürel kökenlerinden çok daha uzak olan bilim, belirsiz ve yalnız ara yollarına daha da itti. Londra'ya vardığında Chandra, Madras'taki Halk Eğitimi Direktörlüğü ve Londra'daki Hindistan Yüksek Komiserliği'nin Cambridge'e girişini iyice zorlaştırdığını fark etti. Dahası, yüksek komiserin ofisinin sekreteri, hatayı düzeltmekle hiç ilgilenmedi ve bu gerçeği iddia ederken açıkça kaba davrandı. Chandra, yalnızca Chandra'nın Londra'ya gelişi sırasında İrlanda'da tatil yapan Fowler'ın nihai sert müdahalesiyle kurtuldu. Chandra'nın ilk araştırma makalesinin sonuçları, herkesin hayal edebileceğinden çok daha geniş kapsamlıydı. Chandra, Cambridge'deki eğitimine başladı ve yoğun çalışma ve araştırmada yalnız ama verimli bir yıl geçirdi. Sitalakshmi, 21 Mayıs 1931'de yalnızlığına keder de ekleyerek vefat etti. Chandra, Royal Astronomical Society'nin aylık toplantılarına katıldı ve E. A. Milne ve P.A. M. Dirac ile tanıştı.





Chandra araştırma çabalarını opasiteleri hesaplamaya ve sonuçlarını dejenere yıldızın sınırlayıcı kütlesi için geliştirilmiş bir model oluşturmaya adadı. Milne çalışma konusunda hevesliydi, ancak daha sonra coşkusunun bilimsel değerlerin takdir edilmesinden çok A. S. Eddington ile rekabetine dayandığı ortaya çıktı. Cambridge'de yoğun bir eğitim yılı, Chandra'nın manzara değişikliği aramasını sağladı ve Max Born'un daveti üzerine 1931 yazını Göttingen'deki Born Enstitüsünde geçirdi. Orada Ludwig Biermann, Edward Teller, Leon Brillouin ve Werner Heisenberg ile tanıştı. Sonbaharda Cambridge'e döndüğünde Chandra, atomik soğurma katsayıları ve ortalama opasiteler üzerine çalışmalarına devam etti. Ancak fizik arayışıyla matematiği terk ettiği ve astrofizik arayışıyla saf fiziği terk ettiği hissinden giderek artan bir hayal kırıklığı kendisine eşlik etti Chandra, model yıldız fotoküreleriyle ilgili sonuçlarını Royal Astronomical Society'nin (RAS) Ocak 1932'deki toplantısında sunmaya davet

edildi ve sunumun ardından hem Milne hem de Eddington tarafından övgü aldı. Chandra'nın "çevre bilimi"nden duyduğu hayal kırıklığı, üçüncü yılını Bohr'un Kopenhag'daki enstitüsünde geçirmesine yol açtı. Gayri resmi atmosfere kolayca adapte oldu ve Victor Weisskopf, Leon Rosenfeld, M. Debrueck, H. Kopferman ve diğerleri ile tanıştı. Kopenhag'da, Chandra, gerçek gücünün, yeni doğa yasalarının peşinde koşmaktan farklı olarak, doğanın temel fiziksel yasalarının sonuçlarını geliştirmede ve açıklamada yattığına kendisini ikna etmeyi başardı. Dejenere yıldızlar üzerine yaptığı çalışmalardan dolayı fizik camiasında ilgili ve minnettar bir kitle buldu. Chandra, çalışması üzerine ders vermek üzere Liege Üniversitesi'ne davet edildi ve ardından kendisine bronz madalya verildi. Yılın genel deneyimi, zihnini rahatlatmak ve onu teorik astrofizikte kesin bir yola sokmaktı. Chandra, kendi kendine yerçekimine sahip dönen politroplar üzerine dört makale yayınlamak için yılını tamamladı ve bu onun doktora tezi oldu. Devlet bursu Ağustos 1933'te tükendi ve soru bundan sonra ne yapacaktı. Hindistan'da, yapmaktan nefret etse de amcası Raman'ın ismini kullanmadan hiçbir fırsat elde edemeyeceği açıktı. Neyse ki dört yıl süren Trinity College'ın bir üyesi olarak son derece rekabetçi atamalardan birini kazandı. Milne, Chandra'yı RAS üyeliğine

aday gösterdi ve Cambridge'de kapılar gelecek yıllar için açıldı. Burlington House Chandra'daki aylık toplantılarda ve William McCrea gibi çağdaşlar genellikle arka sırada oturdular, ancak ön sıradaki bazı sakinlerle tanıştılar (örneğin, Sir James Jeans, Sir Arthur Eddington, Sir Frank Dyson, Henry Norris Russell ve Harlow Shapley gibi uluslararası ziyaretçiler). Chandra, 1934 yazında B. P. Gerasimoviç'in daveti üzerine Sovyetler Birliği'nde dört hafta kaldı ve L.D. Landau ve V.A. Ambartsumian ile ve diğer pek çok hevesli genç adamla görüştü. Ne

**Chandra,  
kendi kendine  
yerçekimine  
sahip dönen  
politroplar  
üzerine  
dört makale  
yayınlamak için yılını  
tamamladı ve  
bu onun doktora  
tezi oldu.**

## AMBARTSUMIAN, CHANDRA'NIN CÜCE YILDIZLAR ÜZERİNDEKİ ÇALIŞMASININ ÖNEMİNİ KAVRADI.

yazık ki sadece Landau ve Ambartsumian, yakında gelecek olan büyük tasfiyelerden sağ çıktılar. Ambartsumian, Chandra'nın cüce yıldızlar üzerindeki çalışmasının önemini kavradı ve bunun tam olarak çalışmaya değer olduğunu öne sürdü. Bu, Chandra'yı Cambridge'e döndükten sonra bu büyük sorunu çözmesi için harekete geçirdi. Çalışma bir hesap makinesinin yardımıyla yapıldı ve 1934 yılının sonunda tamamlandı. Sonuçlarını RAS'ın Ocak 1935 toplantısında sundu. Eddington sonbaharda, işlerin nasıl ilerlediğini görmek için çoğu zaman Chandra'nın odasına uğramış, ancak Chandra'ya kendi özel düşünceleri hakkında hiçbir şey söylememişti. Eddington, RAS sekreterine, Chandra'nın çalışmasının sunum için olağan on beş dakikanın iki katını hak ettiğini söyledi ve hemen ardından "Göreceli dejenerelik" başlıklı bir makale sunmaya hazırlandı. Eddington, sunumunun içeriğini önceden açıklamayı reddetti. McCrea, Chandra için ölüm ilanında, Eddington'ın Chandra'nın hesaplamalarının göreceli dejenerelik elektron gazına dayalı olarak tamamen doğru olduğuna işaret ederek başladığını not eder. Eddington daha sonra sonucun, kritik değeri ( $\approx 1,4 M$ ) aşan kütleyle sahip bir beyaz cücenin kaybolana kadar yayılmaya ve küçülmeye devam edeceğini

öngördüğünü belirtti. Sonra Eddington, yıldızların bu şekilde davranmadığını açıkladı ve Chandra'nın hesaplamaları yalnızca göreceli dejenerelik teorisinin yanlış olduğunu gösterdi. Daha sonra Pauli dışlama ilkesinin göreceli elektronlar için geçerli olmadığını iddia etti. Eddington'a yıldızların bu şekilde davranmadığını nasıl bildiği sorulabilirdi ama Eddington, görünüşe göre kimsenin yapmadığı kadar güçlü ve etkili bir insandı.

Egolar da o zamanlar şimdiki ile aynıydı ve evrenin fiziksel doğasını kendi kişiselinden çıkarabileceği fikrine gelmekte olduğunu anlamak için yalnızca Eddington'ın olağanüstü monografı Temel Teorisini (Cambridge University Press, 1944) okumak yeterlidir. Fizikçiler, Chandra'nın genç çağdaşları (ör. Pauli, Rosenfeld, Dirac ve diğerleri), Eddington'un iddialarını saçma olarak değerlendirdi, ancak Eddington farklı bir dünyaya taşındı.

R.H. Fowler ve H.N. Russell, Eddington'un üstünlüğünden açıkça korkuyorlardı ve Eddington'un iddialarına muhalefet eden temel noktaları dile getirmediler. Örneğin Russell, Temmuz 1935'te Paris'teki Uluslararası Astronomi Birliği (IAU) toplantısında Eddington'ın kişisel görüşlerini bir saat süren açıklamasına cevaben Chandra'nın birkaç kelime söylemesine izin vermeyi reddetti ve oturumu çabucak bitirdi. Hindistan'a geri dönme sorunu C.S. Ayyar tarafından gündeme getirildi, ancak Chandra kendini Hindistan'daki akademinin politik doğasına sempati duymaktan giderek daha fazla rahatsız buldu. Sonra Harlow Shapley, Chandra'yı Harvard Gözlemevi'ni ziyaret etmeye davet etti. Chandra, 8 Aralık 1935'te Boston'a geldi. Dostane ortamın tadını çıkardı, ancak Cambridge'deki sıkı yapılandırılmış toplumdaki kayıtlardan sonra kayıt dışılıktan memnun değildi. Fred Whipple, Gerard Kuiper, Jerry Mulders ve diğerleriyle tanıştı.

*S. Chandrasekhar.*

## Yıldız Yapısının İncelenmesine Giriş (1939)

## Yıldız Dinamiklerinin İlkeleri (1943)

## Fizik ve Astronomide Stokastik Problemler (1943)

## Radiative Transfer (1950)

Lalitha,

### Chandra'nın tek

### amaçlı bilim

### arayışının

### önemini anladı

### ve kendi kariyeri

### pahasına onu

### destekledi.

Shapley, Chandra'nın derslerini o kadar çok sevdi ki, Chandra'ı seçilmek üzere Harvard Society of Fellows'a aday gösterdi. Ardından Otto Struve, Chandra'yı Chicago Üniversitesi Yerkes Gözlemevini ziyaret etmeye davet etti ve ardından bir yıl içinde görev süresi randevusu olacağı beklentisiyle bir yıl araştırma görevlisi olarak bir pozisyon

teklif etti. Resmi teklif, Şansölye Robert Maynard Hutchins'in ofisinden geldi. Aynı sonunda Chandra İngiltere'ye döndü. Eddington faktörü İngiltere'de kapıları kapatma etkisine sahipti ve Hindistan kabul edilebilir bir durum sunmuyordu. Böylece Chandra, oğlunun yabancı kültürün sislerinde kaybolduğunu gören babasının tiksintisine rağmen, Struve'un teklifini kabul etti. Chandra, Temmuz 1930'da Hindistan'dan ayrıldığından beri, Başkanlık

Koleji'nde fizik öğrencisi olan Lalitha Doraiswamy ile ara sıra yazışmıştı. 1935'te Bangalore'da Raman'ın laboratuvarında çalışıyordu. İkisi de birbirlerini çok iyi tanımadıklarının farkındaydı ve Chandra evliliğin bilim arayışına engel olup olmayacağı konusunda endişelenmişti. Chandra, Ağustos 1936'da bir ziyaret için

Hindistan'a döndü ve Lalitha'ya Madras'ta olacağını yazdı. Onunla tanışmak için Madras'a gitti ve altı yıllık coğrafi ayrılıktan sonra karşılaştıklarında endişeleri ortadan kalktı. 11 Eylül 1936'da evlendiler. Chandra ve Lalitha, Boston'a ve ardından Yerkes Gözlemevi'ne giderken Cambridge'de bir ay geçirdiler. Struve, Chandra'nın misyoner olarak vize alması için Chicago Üniversitesi hukuk müşaviriyle temasa geçti, aksi takdirde Hintlilerin Amerika Birleşik Devletleri'ne girmeleri için herhangi bir kotayoktu. 21 Aralık 1936'da Wisconsin'deki Cenevre Gölü'ndeki Williams Körfezi'ndeki Yerkes Gözlemevi'ne vardılar. Evleri hazır olana kadar Kuiperler'le birkaç gün kaldılar ve soğuk Wisconsin havası gözlemevindeki atmosferin dost canlılığıyla dengelendi. Lalitha, Chandra'nın tek amaçlı bilim arayışının önemini anladı ve kendi kariyeri pahasına onu destekledi. Amerikan Üniversiteli Kadınlar Derneği'nde faaldi

ve dışa dönük sosyalliği Chandra'nın hayata bakışını değiştirdi, böylece yeni vrelerinde çok iyi anlaştılar. Chicago niversitesi, sonraki elli dokuz yıl boyunca Chandra'ya bilimsel evi oldu, ancak zor anlar da yaşandı. şansölye Hutchins, yolu düzeltmek için birden fazla kez müdahale etti. Örneğin, 1938'de Struve, Yerkes Gözlemevi yeleri tarafından verilmek üzere niversitenin kampüsünde bir astronomi kursu düzenledi. Ancak fizik bilimleri dekanı Henry G. Gale, Chandra'nın katılımlarını belli ki ten rengi nedeniyle veto etti. Sorun Hutchins'e sevk edildiğinde, "Bay Chandrasekhar'a kesinlikle öğretin" dedi.

Bu noktada, ilk pozisyon teklifinin dekanı yerine neden şansölyenin ofisinden geldiği anlaşıldı. 1946'da Princeton, Chandra'nın Chicago'daki maaşının yaklaşık iki katı bir maaşla Henry Norris Russell'ın emekli olmasıyla boşaltılan ofis ve pozisyonu teklif ederek Chandra'yı onurlandırdı. Chandra kabul etmeye meylliydi. Hutchins, Princeton maaşını eşleştirdi ve Chandra'nın konuyu görüşmek için ofisine gelmesini istedi. Tartışma sırasında Hutchins, Chandra'nın araştırmalarının Princeton'da daha iyi olması durumunda Chandra'yı gitmekten vazgeçirmeye çalışmayacağını belirtti. Chandra, yle düşünmediğini

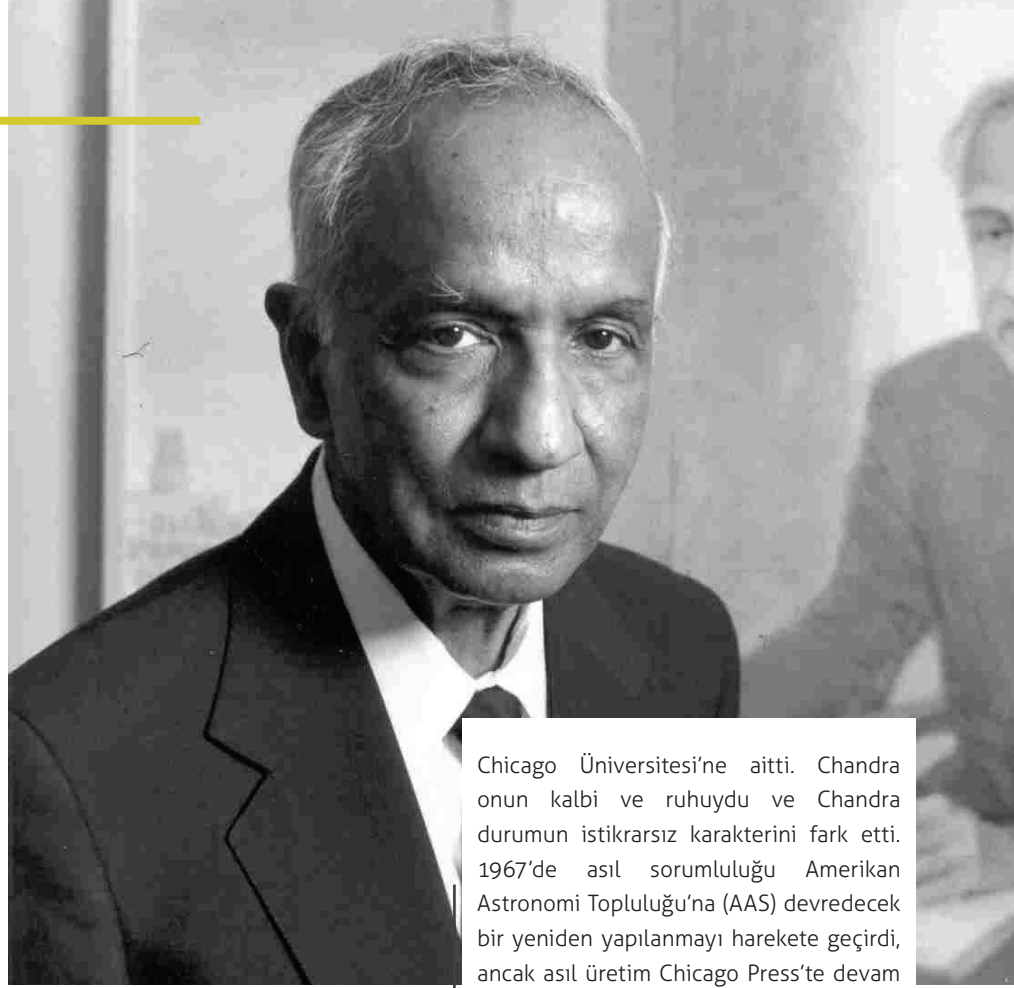
söyleyince, Hutchins, Chicago'nun, bir Henry Norris Russell'ın yerine geçme şerefini Chandra'ya sunamayacağını belirtti. Sonra Chandra'dan Kelvin'in Glasgow niversitesi'ndeki kürsüsüne geçmeyi başaran kişinin adını sordu. Chandra hiçbir fikri olmadığını söyledi; Hutchins'in "İşte buradasın" cevabını verdi. Chandra, Princeton teklifini reddetti ve Hutchins, birden fazla kez Chandra'nın Chicago niversitesi için alınmasın, şansölye olarak en büyük başarılarından biri olduğunu belirtti.

**Lalitha,  
Amerikan  
Üniversiteli  
Kadınlar  
Derneği'nde  
faaldi ve dışa  
dönük sosyalliği  
Chandra'nın  
hayata bakışını  
değiştirdi,  
böylece yeni  
vrelerinde çok  
iyi anlaştılar.**





Chandra'nın araştırmasının gidişatı belki de en iyi çalışmasının her aşamasını tamamlarken yazdığı monografilerle özetlenebilir. Yıldız Yapısının İncelenmesine Giriş (1939), dejenerasyon yıldızları ve beyaz cüceler için kütle sınırı üzerine yaptığı çalışmaları da dahil olmak üzere yıldız yapısı teorisinin gelişimini içerir ve bu konuda mükemmel bir ders kitabı hazırlar. Yıldız Dinamiklerinin İlkeleri (1943) ve "Fizik ve astronomide stokastik problemler" (1943), komşu yıldızların uyguladığı sürtünme kuvvetini gösteren diğer yıldızların varlığında yıldızların hareketlerinin dinamikleri teorisinin gelişimini özetlemektedir. Radiative Transfer (1950), bir yıldızın yüzeyindeki opaklığa hâkim olan negatif hidrojen iyonu üzerine yaptığı çalışma da dahil olmak üzere, yıldız içlerinde ve fotosferlerde ışınım yoluyla enerji akışının sistematik gelişimini içerir. 1952'de Astronomi Bölümü, atom fiziği, yıldız atmosferleri ve yıldız evrimi alanlarındaki hızlı gelişmeye ayak uydurmak için lisansüstü müfredatını yeniledi. Chandra, yıldız yapısı ve ışınım aktarımı ile ilgili temel kurslardan oluşan bir repertuar sunuyordu. Büyük ölçüde kendi temel çalışmasına dayanan bu kurslar, teorik öğrenciler için mükemmel bir arka plan sağladı, ancak gözlemsel öğrenciler için ağırdu ve her iki öğrenci grubunun da ihtiyaç duyduğu güncel bilgilerden yoksundu. Chandra, revizyondan dolayı yabancılaştı ve Enrico Fermi, Chandra'yı Fizik Bölümü ve Nükleer



Araştırmalar Enstitüsü'nün (şimdiki adı Enrico Fermi Enstitüsü) bir üyesi olmaya davet etme fırsatını yakaladı. Chandra davet kabuletti ve bundan sonra öğretimini esas olarak Fizik Bölümü ile sınırladı ve ders vermek için haftada iki gün Yerkes'ten Chicago'ya gidip geldi. 1964'te Chandra, John Simpson'ın yeni inşa edilen Astrofizik ve Uzay Araştırmaları Laboratuvarı'nda geniş bir köşe ofis teklifiyle katalize edilen Chicago kampüsüne kalıcı olarak taşındı. 1952'nin aynı zamanda Chandra'nın Astrophysical Journal'ın yönetici editörü gibi zahmetli görevini üstlendiği yıl olması ironiktir. Sorumluluklarını kendi üslubuyla sürdürdü, üretim, hakemlik ve toplum içindeki siyaset sorunları ile şahsen ilgilendi. Kurgu, Chicago Press Üniversitesi'nde bir sekreter ve bir editör asistanının yardımıyla gerçekleştirildi. Chandra'nın liderliğinde dergi, astrofizik alanında önde gelen uluslararası bir dergi haline geldi. Dergi gerçekte özel olarak

Chicago Üniversitesi'ne aitti. Chandra onun kalbi ve ruhuydu ve Chandra durumun istikrarsız karakterini fark etti. 1967'de asıl sorumluluğu Amerikan Astronomi Topluluğu'na (AAS) devredecek bir yeniden yapılanmayı harekete geçirdi, ancak asıl üretim Chicago Press'te devam edecekti. Derginin yılda altı sayıdan ayda iki büyük sayıya hızla yayılması, tek bir editörün, özellikle Chandra'nın 1967'de Astrophysical Journal Letters'ı kurmasıyla başa çıkmayı gittikçe zorlaştırdı. Chandra, yardımcı olacak başka editörler olmasını önerdi. Uzun lafın kisası, yeni şeyler Amerikan Astronomi Derneği tarafından onaylandı ve Chandra, muazzam yükünü 1971'de yeni takıma aktarabildi. Fizik Bölümü'nde ders kotasını öğrettiği sırada, bunca yüküne rağmen bilimsel araştırma hızında gözle görülür bir azalma yoktu. Bu, bir kişinin hayatındaki, öz disiplin yoluyla başaranlabilecek olağanüstü başarıların bir örneğidir. Editör olarak görevinden emekli olması Chandra için büyük bir rahatlama oldu. Yükün bu kadar uzun süre devam etmesi gerektiğini asla düşünmemişti. Chandra ve Lalitha, ABD vatandaşlığı sorunuyla karşı karşıya kaldılar ve bunu bir süre düşündükten sonra bunun tek gerçekçi seçenek olduğu sonucuna vardılar. Bu, kökenlerinden uzaklaşmak



## Chandra, manyetik alanların varlığı ve tüm sistemin dönüşü de dâhil olmak üzere çeşitli konfigürasyonlarda sınırların dinamik stabilitesine ilişkin kapsamlı bir çalışmaya girdi.

için büyük bir adımdı, ancak aksini yapmak, Birleşik Devletler'deki bir hayata karşı kalıcı bağlılıkları gerçeğini görmezden gelmek demektir. Böylece 1953'te vatandaşlığa kabul edildi. Lalitha'nın düşüncelerinin evrimine ilişkin dikkatli açıklaması, bu hareketi kendi koşullarındaki kaçınılmaz bir evrimden ziyade yalnızca kültürel kökenlerine ihanet olarak gören C.S. Ayyar'ın acı duygularını yatıştırmak için çok az şey yaptı. Vatandaşlığın ardından Chandra, 1955'te Ulusal Bilimler Akademisi'ne seçildi. Chandra'nın editörlüğünün ilk yıllarında, plazma fiziği alanı ve laboratuvarındaki manyetik alanlarda iyonize gazın hapsedilmesi, bugün hala gerçekleşmemiş olan umutla öne çıkıyordu. Aynı zamanda, tamamen iyonize gazların (yani plazmaların) fiziğinin yıldız içlerinin, atmosferlerin ve yıldızlararası gazın dinamik davranışının temeli olduğu takdir ediliyordu. Plazma koşulları, uzaydaki zayıf, esasen çarpışmasız gazlardan bir yıldızın merkezi bölgelerindeki inanılmaz yoğun plazmaya kadar uzanır. Chandra bilinmeyen meydan okumasından etkilendi. Mevcut çarpışmasız plazma teorisini, standart serbest parçacık yaklaşımı ve çarpışmasız Boltzmann denklemine dayanan plazma fiziğinin temelleri üzerine bir kursta açıkladı. S.K. Trehan, bu dersten alınan notlardan yola çıkarak bir Plazma Fiziği

(University of Chicago Press, 1960) hazırladı. A.N. Kaufman ve K.M. Watson Chandra ile işbirliği içinde, bir manyetik alan içinde hapsedilmiş çarpışmasız plazmanın dinamik kararlılığının muazzam hesaplamasını gerçekleştirdi. Aynı zamanda Chandra, manyetik alanların varlığı ve tüm sistemin dönüşü de dâhil olmak üzere çeşitli konfigürasyonlarda sınırların dinamik stabilitesine ilişkin kapsamlı bir çalışmaya girdi. Katkıları, Hidrodinamik ve Hidromanyetik Kararlılık (1961) adlı monografisinde özetlenmiştir. Oradan Chandra, homojen sıkıştırılmaz akışkanların kendi kendine yerçekimi yapan, dönen küremsi dinamiklerinin klasik ve tamamlanmamış sorununu ele aldı. Sorun Newton tarafından Dünya'nın basıncıyla bağlantılı olarak başlatılmış ve oradan Maclaurin, Reimann, Dedekind, Jacobi, Dirichlet ve diğerleri gibi büyük isimlerle devam ettirilmişti. Chandra, o zamana kadar büyük gücü takdir edilmeyen tensör virial denklemlerle bitmemiş sorunları yeniden açtı. Bu çalışmanın sonuçları, Ellipsoidal Denge Şekilleri (1969) adlı monografisinde yer almaktadır. Kendi kendine ağırlaşan nesnelere üzerindeki çalışma, kısa süre sonra Chandra'yı temel yerçekimi teorisi olarak genel göreliliğin eşliğine getirdi.

**B**u alandaki çabaları, kara deliklerden kütleçekimsel radyasyon kaynağı haline gelen Chandrasekhar-Friedman-Schultz istikrarsızlığının gelişmesine yol açtı. Kerr metriğinin ve dönen kara deliğin kapsamlı araştırması, Kara Deliklerin Matematiksel Teorisi (1983) monografına öncülük etti. Chandra ayrıca genel göreliliğin alan denklemlerini geliştirmek için Newton sonrası yaklaşımı geliştirdi. Şimdi birden fazla yıldız sisteminden gelen kütleçekimsel radyasyonu hesaplamanın yolu açıldı. B.C. Xanthopoulos ve V. Ferrari ile işbirliği içinde genel görelilik denklemlerine çeşitli kesin çözümler bulmaya devam etti ve bazı olağanüstü tekillikler gösterildi. Bu, yerçekimi dalgalarının etkileşiminde ve konik uzay çözümlerinin tepesinde ortaya çıkıyor. En ilginç keşiflerden biri, Newton kütleçekiminden dağılmanın (örneğin viskozite) varlığında aşırı stabilize sergilediği bilinen bir yıldızın radyal titreşimlerinin, kütleçekim dalgalarının yayılmasıyla temsil edilen enerji kaybı yoluyla genel görelilikte kararsız hale gelmesiydi. Dolayısıyla, içsel dağılması olmayan yıldız, Newton teorisine göre kararlıdır, ancak genel görelilik bağlamında kararsızdır. Kısa bir an için, Chandra'nın 1982'de Cambridge'de doğumunun yüzüncü yıldönümünde Sir Arthur Eddington hakkında konferans vermeye davet edilmiş olması ilginçtir. Dersler, Zamanının en seçkin astrofizikçisi Eddington adlı küçük kitapta (1983) yayınlandı. Dersler, Eddington'un yıldız

yapısı hakkındaki olağanüstü görüşlerini ve Einstein'ın genel göreliliğinin sonuçlarını erken tanıdığını vurguluyor. Chandra'nın Eddington'un elektron dejenerasyonu ve Pauli dışlama ilkesi hakkındaki iddiaları

## Chandra'nın Hakikat ve Güzellik (1987) adlı kitabı, düşüncelerinin tamamen farklı bir yönünü gösterir.

üzerine düşünceleri özellikle ilgi çekicidir. 1990'da Chandra, Sir Isaac Newton'un ç a l ı ş m a l a r ı n a artan bir ilgi ve hayranlık geliştirdi ve sonraki birkaç yıl boyunca Newton'un Principia'sının ayrıntılı ve eleştirel bir incelemesini yaptı. Bu çabanın sonuçları Newton'un Principia for the Common Reader (1995) adıyla yayınlandı. Bu, dünya çapında bir fizikçinin Principia'nın kapsamlı bir okumasını ve eleştirel yorumunun ilk çalışmasıydı ve Newton'un Ay'ın yörüngesindeki bozulmalar teorisinin hatalı olduğu ya da bazı diyagramlarının yanlış çizildiği şeklindeki kalıcı görüşlerini ortadan kaldırdı. Chandra'nın Hakikat ve Güzellik (1987) adlı kitabı, düşüncelerinin tamamen farklı bir yönünü gösterir. Bilim ve sanatın yaratılmasında yer alan motivasyonları ve duyguları araştırdığı ve karşılaştığı Ryerson Konferansı "Shakespeare, Newton ve Beethoven"ı içerir. Chandra'nın bilimsel makaleleri Selected Papers, S. Chandrasekhar (1989-96) başlığı altında yedi cilt halinde toplanmıştır. Yukarıda sıralanan monografileri onun düşüncelerinin günden güne gelişiminin daha ayrıntılı bir tarihsel resmini sunar. Chandra, doktora eğitimine büyük önem verdi. Şu an çalışan bilim insanlarını emekliliğe ve ötesine geçtiğinde onları astrofiziğin geleceği

olarak görüyordu. Struve, Pazartesi öğleden sonraları düzenlenen haftalık müzakerelerin sorumluluğunu ona vermişti ve Chandra, lisansüstü öğrencilerin düzenli olarak katıldığını gördü. Yerkes fakültesi, yüksek lisans öğrencileri ve ziyaretçiler çalışmalarını uygun zamanlarda sundular ve Chandra her yüzüncü müzakereyi ve aradaki pek çok kişiye konuları kendisi verdi. Chandra kampüse taşınmadan önce haftalık konuşma sayısı 500'ü geçti. Ayrıca pazartesi akşamları lisansüstü öğrencilerin eğitimi için seminerler düzenledi ve literatürde yer alan ilginç makaleleri sırayla haber yaptı. Chandra, en az kırk altı doktorayı yönetti.



**B**irçoğu astrofizik alanında öne çıkan ve çok azı Ulusal Bilimler Akademisi üyesi olmayan araştırma öğrencileriydi. Chandra, sıkı bir eğitim ve araştırma konusunda ısrar eden katı bir görev yöneticisiydi. Yerkes'te Chandra tarafından öğretilen teorik astrofizikteki yüksek lisans dersleri, ellili yılların başına kadar olağan hazırlıktı. Bundan sonra Chandra'nın öğrencilerinin çoğu Fizik Bölümü'nden geldi. Bir öğrenci doktorasını başarıyla tamamladığında, Chandra öğrencinin bilim camiasında yer alması için tam destek verdi. Aslında Chandra'nın desteği sadece öğrencileriyle sınırlı değildi. Elbette, Chandra'nın birçok onursal

derece ve madalya ile ödüllendirildiğini öğrenmek şaşırtıcı değil. 1944'te Kraliyet Cemiyeti'ne seçildi ve 1952'de Bruce Madalyası ile ödüllendirildi. Kraliyet Astronomi Topluluğu onu 1953'te Altın Madalya ile ödüllendirdi. 1967'de Başkan Lyndon Johnson tarafından Ulusal Bilim Madalyası ile ödüllendirildi. Chandra'nın dejenere yıldızlar için kütle sınırının doğası, astronomi ve fizik topluluklarında takdir görmeye başladı ve kuantum fiziğinin makroskopik cisimler üzerindeki etkisinin belki de en doğrudan ve çarpıcı örneği olduğu kabul edildi. Chandra, elli yıl önceki çalışmaları nedeniyle 1983'te Kral Carl Gustav tarafından Nobel Ödülü'ne

layık görüldü. Öte yandan Chandra'nın ışımaya aktarımı, yıldız dinamikleri, sıvıların dinamik kararlılığı, plazmalar ve kendi kendine ağır çekim yapan cisimler ve kütleçekim teorisi üzerine çalışmalarının toplu olarak fizik ve astrofizğe daha muhteşem kütle sınırından çok daha büyük bir katkıyı temsil ettiği takdir edilmelidir. Chandra'nın 1995'teki vefatı, yıldızın temel fiziğini geliştiren dönemin sonunu belirledi. Sert fiziği astronomik problemlere uygulayanlar arasında en üretken ve en geniş yelpazeye sahip olan bir bilim insanıydı.

**Chandra, elli yıl önceki çalışmaları nedeniyle 1983'te Kral Carl Gustav tarafından Nobel Ödülü'ne layık görüldü.**

