

VERA RUBIN ŻYCIE

Fragment
książki
o wybitnej
astronomce

JACQUELINE MITTON
SIMON MITTON



PWN

Zapraszamy do lektury fragmentów biografii Very Rubin (1928–2016), wybitnej astronomki, zaliczanej do grona najbardziej wpływowych astronomów jej epoki, której obserwacje i obliczenia dotyczące rotacji galaktyk dostarczyły pierwszych dowodów na potwierdzenie teorii ciemnej materii...

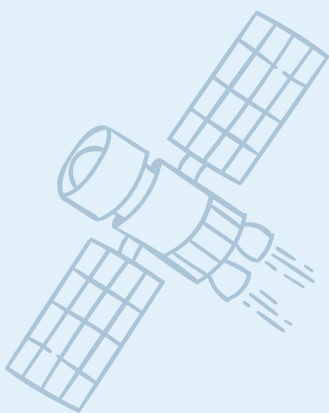
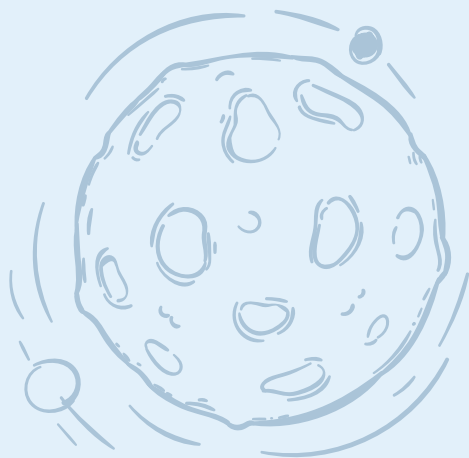
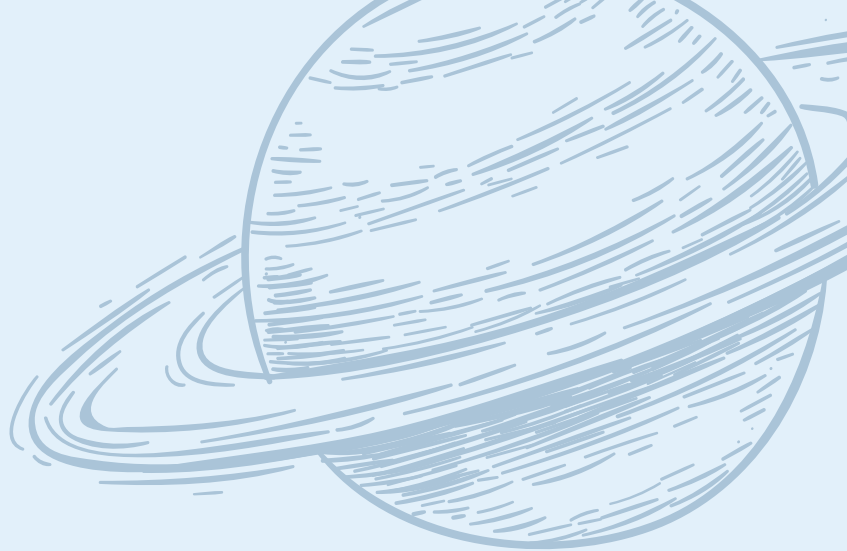
Kup
i dowiedz
się więcej



Kod
rabatowy
RUBIN28



Pytania



ROZDZIAŁ 2

Aspirująca astronomka

Pewnego dnia, podczas ostatniego roku nauki Very w liceum, Rose przyniosła córce kopertę, a w niej niezwykle ważny list, który zawierał wy-czekiwane przez Verę wiadomości dotyczące jej najbliższej przyszłości. A były one dobre, ponieważ list informował, że Vera otrzymała stypen-dium w Vassar College, prestiżowej uczelni w Poughkeepsie, małym mia-seczku nad rzeką Hudson, 75 mil na północ od Nowego Jorku.

Pomimo złej opinii i antypatii, jaką darzyła swojego nauczyciela fizyki, Vera nie mogła oprzeć się pokusie pochwalenia się swoim sukcesem. Po krótkiej rozmowie pan od fizyki na odchodne uraczył ją słowami: „Na pewno sobie poradzisz, o ile będziesz się trzymać z dala od nauki”¹. To była ich ostatnia rozmowa. I na szczęście dla nauki Vera nie miała naj-mniejszego zamiaru posłuchać jego chybionej rady.

Zapewnienie sobie stypendium było niezwykle ważne. Zastanawiając się nad wyborem uczelni i kierunku studiów, Vera była zdeterminowana, by znaleźć uczelnię zapewniającą kurs astronomii na poziomie studiów licencjackich. I musiała to być astronomia, nie fizyka. Nauczyciel fizyki



FOT. 2.1

Zdjęcie, które Vera Rubin wysłała wraz z podaniem o przyjęcie do Vassar College (DTM, Carnegie Institution of Washington)

z jej liceum bardzo skutecznie obrzydził jej ten przedmiot i sam dźwięk słowa „fizyka” przywoływał bardzo negatywne wspomnienia z prowadzonych przez niego lekcji. W Waszyngtonie nie było uczelni oferującej kurs astronomii, zatem wybór college’u musiał się wiązać z wyprowadzką z domu. A ponieważ rodzina Cooperów nie miała funduszy, by zapewnić córkom chesne i mieszkanie poza domem, trzeba było wystarać się o stypendium.

Na liście uczelni, które Vera rozważała, znalazły się także Swarthmore College oraz Uniwersytet Pensylwanii. Swarthmore, koedukacyjny college w Pensylwanii, miał wydział astronomii kierowany przez Petera van de Kampa. Vera nie pomyślała, by skontaktować się z wydziałem bezpośrednio; zamiast tego wysłała pisemne podanie. Jej rozmowa kwalifikacyjna w Swarthmore zaczęła się źle, a potem było jeszcze gorzej. Vera nawet się nie zdziwiła, że została odrzucona. Jedna z członkiń komisji nie wzięła jej naukowego zainteresowania astronomią na poważnie, a kiedy Vera wspomniała, że malarstwo jest jednym z jej hobby, egzaminatorka zapytała ją,

czy nie powinna rozważyć kariery w malowaniu astronomicznych obrazków. Sugestia ta była dla Cooperów niezłym dowcipem, przez wiele kolejnych lat opowiadany podczas rodzinnych spotkań.

Koniec końców Vera została przyjęta zarówno na uczelnię będącą *alma mater* Pete'a, czyli na Uniwersytet Pensylwanii w Filadelfii, jak i do Vassar College. Tak się złożyło, że para przyjaciół rodziny – Goldie Back, koleżanka Rose z lat szkolnych, i jej mąż, matematyk Michael Goldberg – dopiero co uczestniczyli w spotkaniu Towarzystwa Matematycznego w Vassar. Vera podziwiała zarówno ich samych, jak i ich akademicki styl życia. Ich wizyta w Vassar, nawet jeśli było to jedno spotkanie, bardzo jej zaimponowała. Poza tym dobrze wiedziała, że kiedy Vassar College został założony w 1865 roku, pierwszym profesorem astronomii na tej uczelni została kobieta – Maria Mitchell.

Maria Mitchell (1818–1889) była pierwszą kobietą w Stanach Zjednoczonych, która profesjonalnie zajęła się astronomią, i pionierką w edukacji kobiet. Urodzona i wychowana na małej wyspie Nantucket, dawniej światowej stolicy wielorybnictwa, Maria pod okiem swojego ojca Williama Mitchella stała się wykwalifikowaną matematyczką i astronomką, choć brakowało jej formalnego wykształcenia. W 1848 roku, spoglądając w niebo przez niewielki teleskop, Maria odkryła kometę, stając się pierwszą osobą w historii USA, która zaobserwowała nieznaną wcześniej kometę przy użyciu teleskopu. Kilka lat później król Danii ustanowił złoty medal przyznawany za takie obserwacje – można go było otrzymać, pod warunkiem że o odkryciu poinformowało się odpowiednie gremium wedle ściśle określonych zasad. Przyjaciel Williama Mitchella, ówczesny rektor Harvard College Edward Everett, bardzo chciał, by taki medal znalazł się w Stanach Zjednoczonych, wierząc, że podniosłoby to status amerykańskiej astronomii w świecie. Everett uznał, że jeśli odpowiednio sprawę rozegra, medal trafi w ręce Marii, choć nie do końca zastosowała się do wspomnianych zasad. Kampania Everetta na rzecz Marii odniosła sukces. Medal został jej przyznany i z miejsca katapultował ją do statusu gwiazdy, jednej z najbardziej znanych kobiet w Ameryce. Wkrótce potem Mitchell otrzymała swoje pierwsze płatne stanowisko, na którym jej zadaniem było

obliczanie przewidywanych pozycji Wenus do nowo utworzonego *Amerykańskiego Almanachu Morskiego*, publikowanego raz do roku².

Kiedy magnat przemysłu piwowarskiego Matthew Vassar postanowił wydać znaczną część swojego majątku na ustanowienie college'u dla kobiet, jego zamierzeniem – od samego początku – było zatrudnienie Marii Mitchell na stanowisku profesora astronomii. Vassar bardzo wysoko cenił Marię, nazywając ją często „najznamienitszą kobietą w naszym kraju”. Wśród członków zarządu jego przedsiębiorstwa było jednakże kilku takich, którzy zdecydowanie się sprzeciwiali nominowaniu kobiet na stanowiska akademickie, pomimo iż przecież celem uczelni miało być zapewnienie „gruntownej i rzetelnej edukacji” młodym kobietom. Zostali oni przegłosowani i Maria została formalnie mianowana w 1865 roku, kilka miesięcy przed powitaniem w murach uczelni pierwszych studentek. Oferta Vassara była zaskoczeniem dla Marii, która nigdy nie wyobrażała sobie siebie na takim stanowisku, lecz wysiłki Vassara, by zapewnić najlepsze możliwe udogodnienia dla jej astronomicznej pracy, w końcu ją przekonały. Uczelniane obserwatorium mieściło się w imponujących rozmiarów budynku, w którym znajdował się 12-calowy teleskop soczewkowy wraz z innym wyposażeniem. Obserwatorium miało także służyć jako mieszkanie dla Marii i jej owdowiałego ojca³. W swojej pracy nauczycielskiej Maria kładła nacisk na zajęcia praktyczne oraz rzetelną edukację matematyczną. Wierzyła, że ustalenie wysokich standardów nauczania oraz angażowanie studentek w dyskusje i praktyczne zajęcia naukowe ma ją większą wartość niż wygłaszanie wykładów⁴.

Po tym, jak Maria przeszła na emeryturę w 1888 roku, stało się zadość tradycji, którą zapoczątkowała: w ciągu kolejnych lat to kobiety piastowały stanowisko dyrektora obserwatorium. Zaraz po Marii zarządzanie obserwatorium przejęła jedna z jej najlepszych studentek Mary Watson Whitney (1847–1921), która wzorowała się na stylu nauczania swojej wielkiej poprzedniczki. W 1915 roku Whitney przekazała stanowisko swojej studentce Caroline Furness. Z kolei po śmierci Furness w 1936 roku dyrektorką obserwatorium została Maud Makemson (1891–1977) – to właśnie ona kierowała obserwatorium i otrzymała tytuł profesorski, w czasie

kiedy Vera Cooper zaczynała naukę w Vassar College w 1945 roku. I to Maud Makemson stała się dla Very najważniejszą nauczycielką i osobą, która wywarła na nią znaczny wpływ.

Makemson ukończyła Uniwersytet Kalifornijski w 1925 roku w wieku 33 lat. Studia z astronomii podjęła po kilku latach udanej kariery dziennikarskiej. Uniwersytet w Berkeley nadał jej stopień doktora w 1930 roku, a dwa lata później dołączyła do Caroline Furness w Vassar College jako adiunkt. Już wówczas uważano ją za mocną kandydatkę na stanowisko dyrektorki obserwatorium. Henry Norris Russell, profesor astronomii w Princeton, przekonał ówczesnego, piątego rektora Vassar, Henry'ego Noble'a MacCrackena, że Makemson to pewna i bezpieczna kandydatka. Jej pozostanie w Vassar było, według Russella, o wiele prawdopodobniejsze niż w przypadku kontrkandydatów, ponieważ jako kobieta nie miała większych szans na otrzymanie atrakcyjnych ofert gdzie indziej⁵.

Maud Makemson posiadała wiedzę ekspercką w dwóch odmiennych dziedzinach astronomii. Początkowo skupiała się na matematycznych teoriach stosowanych w obliczeniach orbit. Jej rozprawa doktorska dotyczyła orbity komety Gale, odkrytej w 1927 roku; opublikowała także serię prac na temat orbit kilku planetoid, m.in. planetoidy 1312 Vassar, zaobserwowanej po raz pierwszy w 1933 roku⁶. Propozycja nazwy tego obiektu wyszła zresztą od samej Makemson, która po obliczeniu jego orbity chciała uhonorować swoją uczelnię⁷. W pewnym momencie jej zainteresowania naukowe uległy zmianie, kiedy zafascynowała się „archoastronomią” i podjęła badania nad interpretacją zjawisk astronomicznych przez różne kultury na przestrzeni dziejów. W 1935 roku, przy wsparciu ze strony swojej uczelni, udała się na Hawaje, by badać starożytną astronomię polinezyjską, a w latach 1941–1942 otrzymała stypendium Guggenheima na studia nad astronomią Majów.

Kiedy Vera złożyła podanie do Vassar College w 1945 roku, upłynęło niecałe 60 lat od czasu, kiedy Maria Mitchell wciąż wykładała tam astronomię. Żadna inna uczelnia nie dorównywała Vassar College w tradycji mianowania kobiet na najwyższe stanowiska akademickie w tej dziedzinie

nauki. W Vassar idea udziału kobiet w astronomii od samego początku była normalną codziennością; dzięki temu Vera miała pewność, że będzie mogła bez przeszkód studiować astronomię przez cały czas nauki na tej uczelni. Co więcej, Vassar College strzegł swojej reputacji jako instytucji dającej studentkom możliwość realizowania elastycznego programu nauczania i samodzielnego myślenia. W styczniu 1946 roku rektor Vassar powiedział wychowankom zebranych na corocznym wspólnym lunchu w Nowym Jorku, że „Każda studentka powinna mieć zapewnioną taką edukację, na jaką się godzi”. Kursy nie mogą więc być z góry narzucone, a studentki powinny mieć prawo wyboru. „Kobieta, która jest wystarczająco dorosła, by wyjść za mąż, jest także w odpowiednim wieku na to, by zdecydować, co chce studiować”⁸. To podejście uczelni do procesu kształcenia, zapoczątkowane przez Marię Mitchell i innych akademików współtworzących college w pierwszych dniach jego istnienia, pozostało niezmienione⁹. Dla Very była to obietnica środowiska, w którym będzie mogła w pełni rozwinąć skrzydła.

Na ostateczną decyzję co do miejsca studiów wpłynęły także czysto praktyczne względy. W 1891 roku powstała filia Towarzystwa Pomocy dla Studentek Vassar w Waszyngtonie, której celem było zbieranie funduszy na stypendia dla miejscowych studentek. Do lat 40. XX wieku program stypendialny został włączony do działalności waszyngtońskiego Klubu Vassar i to dzięki wysiłkom jednej z lokalnych wychowanek uczelni Vera mogła starać się o wsparcie finansowe¹⁰. Aby uzyskać stypendium, musiała pojechać do Liceum Madeiry, jednej z najbardziej prestiżowych prywatnych szkół średnich dla dziewcząt w miasteczku McLean w Wirginii, około 12 kilometrów na północny zachód od Dystryktu Kolumbii – tam została przemaglowana przez założycielkę i dyrektorkę szkoły, budzącą grozę panią Lucy Madeirę Wing (1873–1960). Pani Madeira była absolwentką Vassar College (1896) i przeprowadzała rozmowy kwalifikacyjne z kandydatkami do stypendium w imieniu klubu.

W deszczowy dzień w połowie lutego 1945 roku – dzień rozmowy – Vera wyszła ze szkoły wcześniej niż zwykle. Na przejściu dla pieszych ujrzała kolumnę sześciu limuzyn jadących ulicą. Pomyślała, że jedną z nich musi

poruszać się ktoś bardzo ważny, i aby zaspokoić ciekawość, postanowiła poczekać, aż kawalkada przejedzie obok niej. Stojąc i moknąc w deszczu, w jednym z mijających ją aut dostrzegła prezydenta Roosevelta siedzącego obok kierowcy. Spojrzawszy na zmokniętą Verę, prezydent się roześmiał. Jak się później okazało, prezydencka kolumna zmierzała do Białego Domu, wioząc Roosevelta po jego powrocie z konferencji w Jałcie, podczas której spotkał się z Józefem Stalinem i Winstonem Churchillem i rozmawiał z nimi na temat przyszłości Europy po zakończeniu wojny¹¹.

Vera najwyraźniej dobrze się zaprezentowała podczas rozmowy z panią Madeirą, która zarekomendowała ją do otrzymania stypendium. Przyznane fundusze mogły pokryć nieco ponad połowę rocznych kosztów zakwaterowania i chesnego, które wynosiły 1250 dolarów. Do sumy stypendium uczelnia dokładała dodatkowe 200 dolarów – to wystarczyło, by Verę stać było na podjęcie studiów.

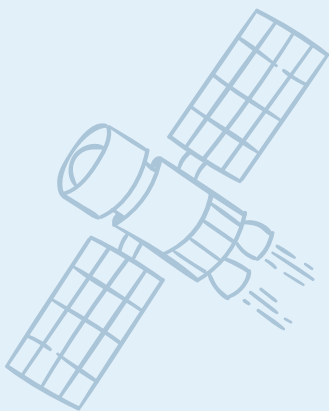
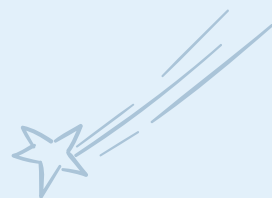
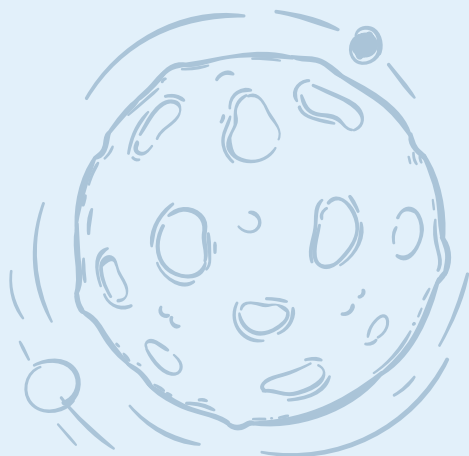
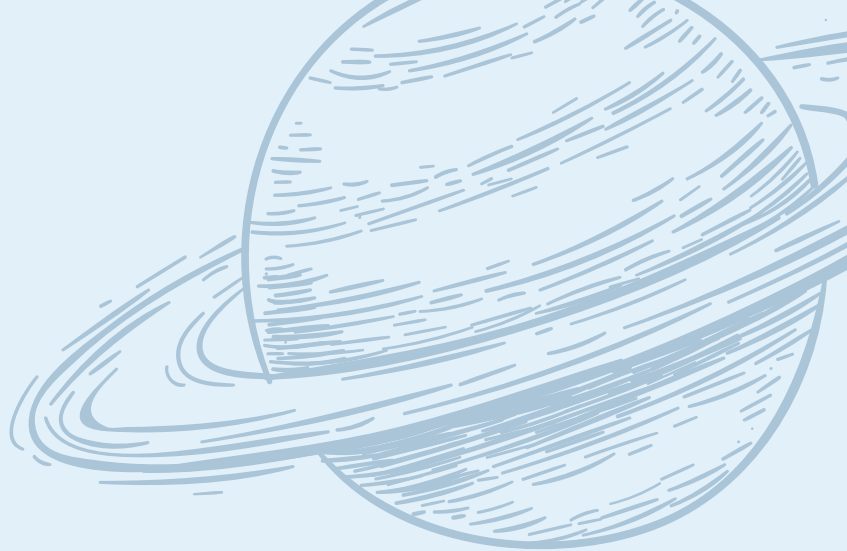
Kiedy Vera przybyła do Vassar College we wrześniu 1945 roku, wciąż panowała atmosfera wojenna. Zaledwie miesiąc wcześniej Stany Zjednoczone odniosły zwycięstwo nad Japonią i musiało upłynąć jeszcze sporo czasu, zanim życie codzienne uczelni przestawiło się w pełni na czasy pokoju. Studencka gazeta, „Kronika Vassar”, głosiła w swoim wrześniowym wydaniu, że zwycięstwo nad Japonią nie oznaczało powrotu do przedwojennego porządku społecznego – wręcz przeciwnie, koniec wojny miał zwiastować okres zmian. Obserwując nastroje panujące na uczelni, autorki artykułu pisały:

Wojna się skończyła. Uzyskałyśmy szansę na zbudowanie nowego świata. Samochody, papierosy i dziewczyny mogą wrócić do Vassar, lecz nie można powrócić do starych, przedwojennych idei i postaw. Musimy pracować dla stworzenia nowego świata. Oczywiście nikt nie oczekuje, że da się to zrobić w pojedynkę. Każda z nas studiujących w Vassar powinna mieć przekonanie, że nauka w college'u ma konkretny i poważny cel¹².

Chcesz poznać dalszy ciąg? Znajdziesz go w książce "Vera Rubin. Życie"



Początki



Wezwanie spod kopuły

Zima przełomu lat 1960–1961 w Waszyngtonie była wyjątkowo mroźna, więc kilka dni spędzonych w Teksasie z de Vaucouleursem było dla Very upragnioną, choć krótką ucieczką przed grudniowym mrozem. Dwa miesiące później musiała kupić kolejny zestaw łańcuchów na opony, lecz ani śnieg, ani lód zalegający na drogach nie powstrzymały jej przed dość niebezpiecznymi wycieczkami do usytuowanego na wzgórzu nad kampusem obserwatorium Uniwersytetu Georgetown. W korespondencji z de Vaucouleursem utyskiwała, że surowa zima spowalniała postępy jej pracy¹.

Pamiętnego dnia wiosną 1961 roku Jurij Gagarin na pokładzie statku kosmicznego Wostok odbył lot po orbicie Ziemi. Był to wielki triumf Związku Radzieckiego i cios w wizerunek USA. Siedem tygodni później, 25 maja 1961 roku, prezydent John F. Kennedy w przemówieniu wygłoszonym w Kongresie potwierdził, że celem Stanów Zjednoczonych jest wysłanie człowieka na Księżyc przed końcem dekady. Ameryka była zdecydowana wygrać to najwyższe trofeum w kosmicznym wyścigu, lecz koszt tego zwycięstwa miał być, no cóż, astronomiczny. Senator z Illinois Paul Douglas, który przed objęciem mandatu był wykładowcą akademickim w dziedzinie

ekonomii na Uniwersytecie w Chicago, poprosił astronomów o opinie dotyczące ewentualnej wartości naukowej programu Apollo. Wszyscy członkowie Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego (AAS) mieszkający w Stanach Zjednoczonych, wśród nich także Vera, otrzymali kwestionariusz. Nie wiemy, jakie były poglądy Very Rubin na temat lotu człowieka na Księżyc, lecz wiemy na pewno, że wówczas była ona zaabsorbowana czymś zdecydowanie odleglejszym niż naturalny satelita Ziemi. Jej uwaga skupiała się na gwiazdach oddalonych od nas o dziesięć tysięcy lat świetlnych, położonych w ramionach spiralnych Drogi Mlecznej².

Spośród nieco ponad trzydziestu studentów na wydziale astronomii w Georgetown sześć osób uczęszczało na prowadzony przez Verę wieczorny kurs na temat dynamiki galaktyk. Wszyscy oni mieli szeroką wiedzę z zakresu katalogów gwiazd. Clayton Smith, jeden z członków grupy, w ciągu dnia pracował w Obserwatorium Marynarki Wojennej USA (US Naval Observatory, USNO), w dziale, który w tamtym czasie był silnie zaangażowany w międzynarodową współpracę mającą na celu sporządzenie katalogu 21 500 gwiazd³. Jaylee Burley (Jaylee Mead po wyjściu za mąż za Gilberta Meada w 1968 roku) pracowała jako matematyczka w Centrum Lotów Kosmicznych im. Goddarda NASA od 1959 roku, czyli od momentu ustanowienia tej instytucji. Jej badania także dotyczyły katalogów i danych⁴.

Dzięki sumienności i pracowitości ludzi, którzy spędzają niezliczone godziny podczas systematycznych obserwacji, aby opracowywać katalogi, astronomowie mogą przeszukiwać skarbnice źródeł i zbierać cenne dane do programów badawczych bez potrzeby spędzenia choćby jednej nocy przy teleskopie. Vera wpadła na pomysł projektu studenckiego, który miał dać jej studentom świetną możliwość zdobycia doświadczenia badawczego i którego celem było znalezienie odpowiedzi na frapujące ją pytanie. Owo pytanie brzmiało: czy w istniejących już katalogach gwiazd kryje się wystarczająco dużo informacji pozwalających na odkrycie nowych faktów na temat obrotu Drogi Mlecznej?⁵.

To pytanie Vera zadała sobie mniej więcej dziesięć lat po tym, jak radioastronomowie zaczęli tworzyć mapy dużych obłoków wodoru w Drodze

Mlecznej, analizując emitowane przez nie promieniowanie o długości fali 21 centymetrów. Ich obserwacje ujawniły, ponad wszelką wątpliwość, spiralną strukturę naszej Galaktyki. Odchylenie od długości emitowanej fali wynoszące dokładnie 21,1061140542 centymetrów ukazuje prędkość, z jaką konkretny obłok przybliży się bądź oddala od nas – innymi słowy jego prędkość radialną *wzdłuż linii wzroku*. To, czego takie pomiary nie są nam w stanie jednoznacznie pokazać, to informacja na temat prędkości, z jaką obłok gazu obraca się wokół centrum Galaktyki.

Inaczej wygląda sytuacja w przypadku gwiazd. A przynajmniej jeśli chodzi o bardzo jasne gwiazdy znajdujące się w niedużej odległości od nas – w ich przypadku możliwe jest ustalenie ich obserwowanej prędkości *w poprzek linii wzroku*, czyli tak zwanego ruchu własnego. Łącząc takie pomiary z prędkościami radialnymi wydedukowanymi z ich widm, możliwe jest zbudowanie dokładniejszego obrazu ich wędrówki wokół centrum Drogi Mlecznej. Do takich badań świetnie nadają się gwiazdy sklasyfikowane w katalogu pod symbolami O lub B na podstawie ich koloru i widma. Te masywne, rozżarzone do białości bądź niebieskawe, bardzo jasne gwiazdy są zawsze stosunkowo młode jak na kosmiczne standardy, ponieważ ich cykl życia jest krótki. Było wiadomo od dawna, że gwiazdy O-B można zazwyczaj znaleźć w bogatych w gaz spiralnych ramionach dysku głównego Galaktyki, czyli tam, gdzie z kokonów kosmicznego pyłu wykluwają się nowe gwiazdy, a te, które osiągnęły wiek niemowlęcy, pozostają blisko swojej kolebki. Podjęto kilka badań, jednak dotyczyły one tylko pobliskich gwiazd O-B. Vera podejrzewała, że istniejące katalogi zawierają wystarczająco dużo danych umożliwiających znaczące poszerzenie wiedzy na temat obrotu naszej Galaktyki w obszarach oddalonych od sąsiedztwa Układu Słonecznego o około dziesięć tysięcy lat świetlnych zarówno w kierunku centrum Galaktyki, jak i przeciwnym. Choć przekopywanie się przez katalogi dla uzyskania wystarczająco dużej i spójnej próbki gwiazd, a potem analizowanie danych, było zadaniem niezwykle pracochłonnym, warto było się go podjąć. Vera wraz ze swoją grupą mogła poszukać odpowiedzi na rozmaite pytania. Czy ruch gwiazd wokół centrum Galaktyki jest zsynchronizowany z ruchem gazu? Czy gwiazdy poruszają się po orbitach kołowych w dysku Galaktyki, czy też podążają

po innych torach? I jak ogólna rotacja Drogi Mlecznej zmienia się wraz z rosnącą odległością od centrum?

Ostatnie z tych pytań najłatwiej zrozumieć wówczas, gdy zostanie ono zilustrowane w postaci wykresu pokazującego średnie prędkości orbitalne w stosunku do odległości od centrum Galaktyki. Taki wykres nazywamy krzywą rotacji galaktyki. W późniejszym okresie kariery naukowej Vera Rubin kształt krzywych rotacji galaktyk stał się kluczem do jej najważniejszych odkryć. Vera po raz pierwszy zaczęła rozważać skonstruowanie takiej krzywej w 1961 roku, kiedy jeszcze bardzo mało było wiadomo o krzywych rotacji galaktyk. Astronomowie do tego czasu opublikowali krzywe rotacji dla zaledwie 24 galaktyk, wśród nich Andromedy, dużej galaktyki spiralnej najbliższej Drogi Mlecznej. Krzywe te jednak nie obejmowały obszarów większych niż te sięgające tuż poza wewnętrzne obszary galaktyk, w których jasno świecące gwiazdy i obłoki gazu były w zasięgu dostępnych wówczas instrumentów i technik obserwacyjnych. Zewnętrzne rejony galaktyk wciąż spowite były tajemnicą.

Większość astronomów zakładała, że na tory, po których poruszają się gwiazdy i obłoki gazu w zewnętrznych obszarach galaktyk, wpływa głównie siła grawitacji wywierana przez masywne skupisko gwiazd z centrum galaktyki w sposób podobny do tego, w jaki planety Układu Słonecznego utrzymywane są na orbitach za sprawą siły grawitacji Słońca. W 1619 roku Johannes Kepler napisał o odkrytej przez siebie zależności pomiędzy odległością planety od Słońca a okresem jej obiegu wokół macierzystej gwiazdy. To bardzo prosty, matematyczny wzór, który mówi nam, że im dalej od Słońca dana planeta się znajduje, tym wolniej się porusza – w rzeczy samej prędkość planet zmniejsza się radykalnie wraz z rosnącą odległością. Zależność tę znamy jako trzecie prawo Keplera dotyczące ruchów planet⁶. Prędkości obiegu ciał niebieskich, które spełniają to prawo, opisujemy jako „keplerowskie”, nawet jeśli mówimy o obiektach niebędących planetami.

Sporządzenie krzywych rotacji dla galaktyk poza Drogą Mleczną było trudne, lecz nie mniejszym wyzwaniem było skonstruowanie takiej krzywej dla Drogi Mlecznej, którą przecież możemy obserwować, będąc w jej

wnętrzu. I właśnie takie zadanie Vera wyznaczyła swoim studentom. Cały projekt bardzo dokładnie przemyślała. Dwunastego lipca Jaylee Burley wysłała do Very długi, techniczny list dotyczący zebrania odpowiednich danych na temat gwiazd z dostępnych katalogów. „Jestem bardzo podekscytowana zagadnieniami, dla których zaproponowała Pani wykorzystanie naszych danych”, pisała Jaylee. „Bardzo dziękuję za wszelkie przemyślenia oraz za świetnie zorganizowany plan działań i sugestie, które od Pani otrzymałam”. Swoją list zakończyła słowami: „Jeszcze raz dziękuję za wszelkie Pani wysiłki, zainteresowanie i udzieloną nam pomoc”⁷. Jaylee porozumiewała się z Verą listownie, ponieważ 3 czerwca rodzina Rubinów przeniosła się na zachód na okres letni, po tym jak Bob załatwił sobie kilkutygodniową delegację w oddziale Narodowego Urzędu Miar (National Bureau of Standards, NBS) w Boulder w stanie Colorado. Rodzice Boba dołączyli tam do nich, aby zająć się dziećmi, w czasie gdy Vera uczestniczyła w spotkaniach w południowej Kalifornii⁸.

Od 15 do 24 sierpnia 1961 roku odbywało się Zgromadzenie Ogólne Międzynarodowej Unii Astronomicznej (International Astronomical Union, IAU) w Berkeley. Te wyjątkowe, odbywające się co trzy lata i trwające około dwóch tygodni zgromadzenia do dzisiaj pozostają ważnym wydarzeniem dla międzynarodowej społeczności astronomów od momentu utworzenia Unii w 1919 roku. Podczas zgromadzeń odbywają się liczne spotkania o charakterze naukowym oraz dyskusje nad sprawami administracyjnymi. Choć Vera nie mogła zostać w Kalifornii na tyle długo, by móc uczestniczyć w wydarzeniu głównym, miała możliwość udziału w kilku spotkaniach naukowych, które odbywały się krótko przed zgromadzeniem ogólnym. Spotkania takie zaplanowano po to, by wykorzystać obecność wielu uznanych astronomów z całego świata, którzy w sierpniu przybywali do Kalifornii.

Piętnaste sympozjum IAU w Santa Barbara, odbywające się między 10 a 12 sierpnia, było dla Very szczególnie pasjonujące. Jego tematem przewodnim były „Problemy w badaniach nad galaktykami poza Drogą Mleczną”. Namówiwszy de Vaucouleursa, by zarekomendował ją przewodniczącemu komitetu organizacyjnego Otto Heckmanowi, Vera otrzymała stosowne zaproszenie⁹. W czerwcu przyszedł do niej list dotyczący kwestii

administracyjnych. Jedno ze zdań listu miało nad wyraz protekcyjny wydźwięk: „W przygotowaniu jest specjalny program dla Pań”. Gdyby zdarzyło się to kilka lat później, kiedy Vera miała już bardziej ugruntowaną pozycję w świecie astronomii, z pewnością ostro by zaprotestowała przeciw takiemu sformułowaniu, jednak w 1961 roku było na to jeszcze nieco za wcześnie.

Wszyscy uczestnicy sympozjum otrzymali także zaproszenie na spotkanie organizowane w Santa Barbara w czasie dwóch poprzedzających je dni, którego tematem była „Niestabilność układów galaktyk”. Przez pięć dni Vera miała okazję nawiązywać liczne znajomości z największymi nazwiskami związanymi z badaniami w dziedzinie galaktyk. Wśród nich były osoby, z którymi już się знаła, oraz wiele takich, które miały odegrać ważną rolę w jej dalszej karierze. W spotkaniu uczestniczyli Margaret i Geoffrey Burbidge’owie, Bertil Lindblad i Per Olaf Lindblad, Jan Oort, Allan Sandage oraz Gérard de Vaucouleurs¹⁰. Podczas sympozjum Margaret Burbidge przedstawiła szczegółową relację z przygotowania obserwacji galaktyk dla sporządzenia krzywych rotacji¹¹. Margaret doskonale rozumiała te zagadnienia, ponieważ wraz z Geoffreyem już kilka lat wcześniej przystąpili do realizacji pionierskiego programu obserwacji służących temu celowi w Obserwatorium McDonalda w Teksasie. Geoffrey już od dawna interesował się ewolucją galaktyk, lecz by ją badać, potrzebował więcej danych na temat ich podstawowych właściwości, takich jak ich masy – a takie dane po prostu nie istniały. Jednak oboje badacze nie zrezygnowali ze swoich zamierzeń i rozpoczęli zbieranie odpowiednich informacji. Jak zważyć galaktykę? Wyznaczając jej krzywą rotacji. Zastosowanie teorii grawitacji w połączeniu z krzywą rotacji umożliwia stworzenie modelu całkowitej masy oraz jej rozkładu dla tej części galaktyki, dla której pozyskano dane dotyczące rotacji¹².

W 1957 roku Geoffrey, który odbywał wówczas staż podoktorski na Harvardzie, dołączył do Margaret w Obserwatorium Yerkes na Uniwersytecie w Chicago, by wraz z nią uzyskać dostęp do 82-calowego teleskopu w Obserwatorium McDonalda w Teksasie, które do 1963 roku było zarządzane przez Uniwersytet w Chicago w imieniu Uniwersytetu Tekskańskiego. Margaret uratowała stary spektrograf, który zalegał w rupieciarni na strychu Obserwatorium Yerkes, i przywróciła go do pracy. Choć spektrograf

pochodził z 1939 roku, idealnie się nadawał do wykonania zadania, a po naprawie jeszcze długo działał bez zarzutu¹³.

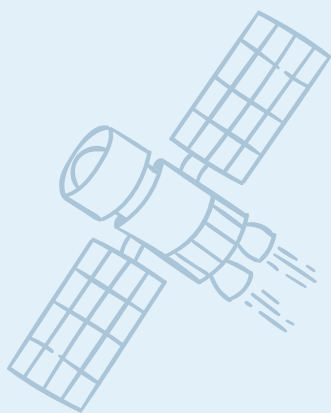
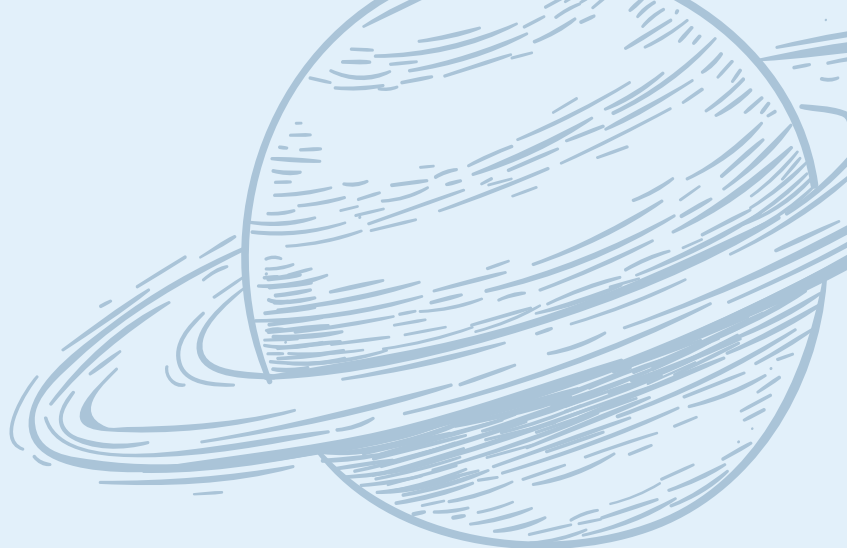
W Yerkes państwo Burbidge'owie poznali teoretyka Kevina Prendergasta, młodego adiunkta. W 1959 roku zwerbowali go do pracy nad analizą i interpretacją sporządzonych przez nich krzywych rotacji¹⁴. Prendergast przygotował także referat na sympozjum w Santa Barbara na temat jego roli w tych badaniach, zawierając w nim informacje o metodach obliczeń mas galaktyk i rozkładu masy w każdej z nich¹⁵. Tercet ten miał już na koncie imponującą listę publikacji będącą efektem ich współpracy oraz autorstwo aż 13 spośród 24 znanych krzywych rotacji. Jeśli w tamtym czasie możliwość wspólnych badań z tak znakomitym zespołem w ogóle przeszła Verze przez myśl, pewnie nawet nie ośmieliłaby się wtedy sądzić, że w ciągu zaledwie trzech lat dołączy do nich jako pełnoprawny członek i współautorka serii publikacji.

Po powrocie do Georgetown Vera wznowiła swoje własne badania i pracę dydaktyczną wraz z jesiennym początkiem nowego roku akademickiego. Projekt związany z gwiazdami O-B rozwijał się z sukcesem i do wiosny 1962 roku Vera i jej studenci mieli już na stole pierwszą wersję artykułu. Niektóre jego elementy wykuwały się podczas nocnych sesji przy stole w jadalni domu Very. W kwietniu Vera zaprezentowała wyniki w formie dwóch ustnych wystąpień podczas 110. spotkania AAS w Cambridge, Massachusetts¹⁶. Prędkości radialne badanej przez jej zespół próbki gwiazd były z grubsza podobne do tych charakterystycznych dla obłoków wodoru, brzmiała jedna z konkluzji, lecz z licznymi wahaniami w stosunku do średniej. „Muszą istnieć odchylenia torów ruchu gwiazd oraz losowe prędkości gwiazd większe niż losowe prędkości obłoków gazu”, powiedziała Vera do zebranej publiczności.

Chcesz poznać dalszy ciąg? Znajdziesz go w książce "Vera Rubin. Życie"



Misja



Jasne światło rzucone na ciemną materię

Vera Rubin i Kent Ford byli zadowoleni ze swojej krzywej rotacji dla Andromedy, najszerzej przebadanej galaktyki poza Drogą Mleczną¹. Jednak M31 to jedna galaktyka, a Vera pragnęła poszerzyć zakres swoich badań o więcej galaktyk spiralnych. Wciąż konsekwentnie i niezmiennie wyznawała pogląd, że ewolucję galaktyk oraz różnice pomiędzy galaktykami spiralnymi – jeśli chodzi o rozmiar, strukturę, kształt oraz rozkład masy – da się zrozumieć tylko dzięki dokładnym i systematycznym analizom wewnętrznej dynamiki jak największej liczby tych obiektów. Sporządzenie ich krzywych rotacji miało być ważnym elementem takich badań. Do 1975 roku Kent Ford zainstalował wzmacniacz obrazu na spektrografie przy czterometrowym teleskopie Mayalla w Narodowym Obserwatorium Kitt Peak (KPNO), a kiedy bliźniaczy teleskop dla Mayalla został ukończony w Międzyamerykańskim Obserwatorium Cerro Tololo w Chile w 1976 roku, także tam pojawił się wzmacniacz obrazu². Dysponując tymi narzędziami obserwacyjnymi, a także mając możliwość obserwowania zarówno północnego, jak i południowego nieba, Vera była zdeterminowana, by zbadać, czy rozkład masy oraz wewnętrzna dynamika galaktyk spiralnych są związane z ich właściwościami fizycznymi. Swoje obserwacje Vera

planowała według schematu klasyfikowania galaktyk ze względu na ich kształt, wymyślonego w 1926 roku przez Edwina Hubble'a, który uważał, że to właśnie kształt galaktyki odzwierciedla kolejne etapy jej ewolucji. Hubble podzielił galaktyki spiralne na sekwencję trzech klas – Sa (ciasno związana galaktyka spiralna), Sb (nieco luźniej związana) oraz Sc (galaktyka otwarta) – jednakże jakieś 50 lat później stało się oczywiste, że ewolucja galaktyk to proces znacznie bardziej złożony, niż sądził Hubble.

Od 1976 do 1986 roku wyjątkowo produktywny tandem Rubin–Ford intensywnie pracował nad widmami znacznych obszarów dysków bardzo jasnych galaktyk spiralnych. Prace te zaowocowały 35 artykułami naukowymi dla „The Astrophysical Journal”, a potem kolejnymi 11 w „The Astronomical Journal”. Każda z tych prac wzmocniła reputację Very jako specjalistki w dziedzinie astronomii obserwacyjnej o nadzwyczaj wysokich kompetencjach. Kent Ford był jej najważniejszym współpracownikiem przez wszystkie te lata, lecz do ich kampanii dołączali w różnych okresach inni cenni eksperci i badacze, wśród nich Norbert Thonnard, Charles J. Peterson, David Burstein, Morton Roberts oraz Bradley C. Whitmore. Niezachwiana determinacja Very, by uzyskać wysokiej jakości dane na temat galaktyk, dzięki którym będzie można „powiązać ich dynamikę z innymi parametrami”, wymuszała restrykcyjny harmonogram obserwacji. Na początek badacze celowo wykluczyli z niego galaktyki będące częścią grup lub gromad, by mieć pewność, że ich obserwacje nie będą zakłócone przez oddziaływania grawitacyjne sąsiednich galaktyk³.

Podczas roku spędzonego w La Jolla w okresie 1963–1964 Vera asystowała Burbidge'om w realizacji ich programu sporządzania krzywych rotacji galaktyk. Jednakże Margaret i Geoff zdołali jedynie zagłębić się w jasne obszary centralne galaktyk. Teraz, dziesięć lat później, dzięki przetwornikom obrazu, Vera miała możliwość dokładnego zmierzenia prędkości rotacji w obrębia dużych, widzialnych obszarów galaktyk. Do momentu, kiedy Vera rozpoczęła swój program obserwacyjny w 1976 roku, radioastronomowie badający promieniowanie radiowe o długości fali 21 centymetrów, emitowane przez neutralny wodór, z każdym rokiem dodawali kolejne obiekty do wciąż powiększającego się katalogu galaktyk spiralnych



FOT. 9.1

Vera Rubin przy stanowisku kontrolnym 98-calowego (2,5 metra) teleskopu du Ponta w zarządzanym przez Carnegie Institution of Washington Obserwatorium Las Campanas w Chile. Fotografia została zrobiona w 1978 roku, rok po tym, jak teleskop został oddany do użytku (DTM, Carnegie Institution of Washington)

o płaskich krzywych rotacji. Pierwszą taką galaktyką była M33 w konstelacji Trójkąta. Louise Volders z Lejdy odkryła, że krzywa rotacji dla tej galaktyki jest tak płaska, że można ją było narysować przy użyciu linijki. Volders opublikowała swoje wyniki w 1959 roku, lecz w swojej pracy nie odniosła się do wagi i znaczenia swojego odkrycia⁴. Vera jakiś czas później zauważyła, że „brak jakiegokolwiek oddźwięku w środowisku astronomów po takich doniesieniach jest zastanawiający; być może było tak, ponieważ wątpiono w możliwości techniczne instrumentów obserwacyjnych”⁵.

Takie wątpliwości przestały istnieć po 1971 roku, kiedy Seth Shostak, doktorant pracujący w Obserwatorium Radioastronomicznym Owens Valley, przedłożył swoją rozprawę doktorską. Shostak zawarł w niej krzywą rotacji dla NGC 2403, stwierdzając, że „niezwykle wyraźną cechą pola prędkości w tym obiekcie jest praktycznie niezmienna prędkość na znacznym obszarze galaktyki”⁶. Był to pierwszy przypadek, w którym płaska krzywa rotacji galaktyki spiralnej została ustalona przez radioastronoma⁷. Shostak i jego promotor David Rogstad niedługo potem opublikowali swoje obliczenia dotyczące pięciu galaktyk spiralnych, które ujawniły wiele zadziwiających podobieństw pomiędzy badanymi galaktykami, zarówno jeśli chodzi o rozkład wodoru, jak i płaskie krzywe rotacji – bez żadnych oznak ruchu w dół tam, gdzie wykres opisywał obrzeża galaktyki. Co więcej, w przypadku wszystkich pięciu galaktyk stosunki masy do jasności wzrastały stopniowo wraz z odległością od centrum, osiągając wartość około 20 w pobliżu zewnętrznego krańca obszaru widocznego dla instrumentów obserwacyjnych⁸. Autorzy z Owens Valley doszli do wniosku, że ich obserwacje „potwierdzają warunek obecności materii o bardzo małej jasności w zewnętrznych obszarach tych galaktyk”. W przypadku trzech z pięciu badanych obiektów stosunek masy do jasności wynosił trzykrotnie więcej niż wcześniej ustalona średnia wartość dla galaktyk spiralnych⁹. W międzyczasie zespół NRAO kierowany przez Mortona Robertsa poszerzył swoją analizę o galaktyki M81 i M101, potwierdzając, że i one wykazują płaskie krzywe rotacji. Interpretacja tych danych nie pozostawiała żadnych wątpliwości:

Trzy krzywe rotacji galaktyk opadają bardzo powoli, jeśli w ogóle, na odległościach znajdujących się w bardzo dużych promieniach od centrum, a to oznacza, że w tych odległych obszarach na obrzeżach galaktyk gromadzi się znaczna ilość materii. Dochodzimy do wniosku, że galaktyki spiralne muszą być większe, niż wynika to ze standardowych pomiarów fotometrycznych. [...] Aktualne dane potwierdzają, że stosunek masy do jasności zwiększa się wraz z odległością od centrum¹⁰.

Do połowy lat 70. XX wieku astronomowie zaczęli mierzyć się z wyraźnie nadmierną masą galaktyk, podejmując próby zrozumienia, czym jest

niewidoczna materia odpowiadająca za tę anomalię. We wrześniu 1974 roku Roberts ocenił znaczenie i wpływ danych z obserwacji radioastronomicznych na kształt krzywych rotacji i wysunął przekonująco brzmiący argument, że nadwyżka masy może być spowodowana obecnością czerwonych karłów – najchłodniejszych, najmniejszych i najpowszechniej występujących gwiazd w Drodze Mlecznej¹¹. Do tego momentu teoretycy prowadzili ożywioną dyskusję na temat obserwowanych rozbieżności dotyczących masy w galaktykach: Czym jest ta ciemna materia? Czy naprawdę istnieje, czy też jest to abstrakcyjny wytwór bogatej wyobraźni pomysłowych badaczy? Ile materii kryje się w niewidocznych czeluściach wszechświata?

Przystępując do swojego programu badania galaktyk spiralnych, Vera miała świadomość, że radioastronomowie gromadzą dowody na płaskie krzywe rotacji. Jednak jej naukowy plan działań nie był podyktowany głównie przez dążenie do otrzymania krzywych rotacji i rywalizację z radioastronomami. Swoją własną misję jako astronomki prowadzącej wysokiej jakości obserwacje optyczne Vera postrzegała inaczej. Informacje na temat dynamiki galaktyk, które mogła zebrać z zarejestrowanych podczas obserwacji widm optycznych, uzupełniały dane pozyskiwane przez radioastronomów. Krzywe rotacji były dla niej w pewnym sensie efektem ubocznym badań nad różnymi własnościami i charakterystyką galaktyk – a przynajmniej tak było na początkowym etapie. Wówczas jeszcze Vera za mało nie zaprzętała sobie głowy tym, co można było wyczytać z płaskich krzywych rotacji. To było zadanie, którym mogli się zająć inni. W końcu jednak nadszedł moment, kiedy Vera musiała uznać rolę, jaką odgrywały jej wyniki w dyskusjach o teorii ciemnej materii i zaakceptować fakt, że sama stała się ważną uczestniczką tej debaty. „Chyba trochę byłam tchórzem”, wyznała w jednym z wywiadów w 2007 roku. „Zawsze o wiele bardziej interesowało mnie zdobywanie danych naukowych niż wyciąganie daleko idących wniosków”, lecz „im więcej robiliśmy, tym bardziej to wszystko wydawało się przekonujące”¹².

Chcesz poznać dalszy ciąg? Znajdziesz go w książce "Vera Rubin. Życie"

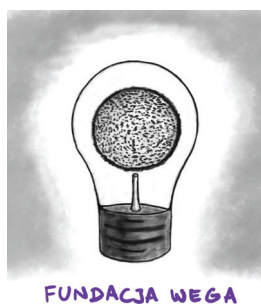


PATRONI MEDIALNI



ASTRONARIUM

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII



wiedza i życie

Kod rabatowy:
RUBIN28*



SUPERPREMIERA



KUP

 **PWN** KSIĘGARNIA
INTERNETOWA

*Zniżka 28% od ceny katalogowej książki. Kod jest ważny do 31.08.2024r