

Astronomia
na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika

(w 60-lecie istnienia UMK)

Redakcja prof. A.Woszczyk, prof. A.Kus,

Teksty : A.Woszczyk, A.Kus, A.Strobel, J.Krelowski, M.Szymczak, A.Marecki, K.Borkowski

Narodziny Astronomii w Toruniu.....	3
Kolejne etapy rozwoju	7
Struktury organizacyjne.....	11
Profil badawczy	12
Współczesne nurty badań	14
Badania gwiazd w późnych stadiach ewolucji	14
Badania struktury i ewolucji Galaktyki	17
Masowa fotometria gwiazd SAVS i teleskop SALT	20
Badania radioastronomiczne	22
Badania w dziedzinie mechaniki nieba	31
Działalność dydaktyczna i popularyzatorska.....	34

Narodziny astronomii w Toruniu

Istnieje powszechne przekonanie, że tradycje astronomiczne Torunia sięgają czasów Mikołaja Kopernika. Trudno dowieść tej tezy, ale też i nie sposób całkowicie ją odrzucić. Niektórzy badacze wręcz wysuwają tezę, że młodego Kopernika spacerującego po szerokich ulicach, wśród imponujących wielkością i urodą budowli, z otwartym, południowym, nadwiślańskim nieboskłonem, urzec musiał nie tylko szczególny splendor starego miasta Torunia, ale i jego gwiazdziste niebo. I to stało się pierwotnym impulsem, do przyszłych zainteresowań Kopernika ruchami ciał niebieskich, nad którymi pracował w czasie studiów we Włoszech i, po tym głównie, we Fromborku.

Mieszkańcy Torunia w minionych wiekach znali i doceniali wielkość Mikołaja Kopernika. Wyrazem tego mogą być, mimo zniewolenia obcym jarzmem, inicjatywy stawiania Mu pomnika, czy też patriotyczna manifestacja - spotkanie Polaków w salach hotelu Pod Trzema Koronami w lutym 1874 r dla uczczenia 400-lecia urodzin Wielkiego Astronoma. Po latach niewoli pruskiej, Toruń powrócił do Macierzy dopiero w 1920 r. I znowu odbyła się wielka patriotyczna manifestacja zorganizowana w 450 rocznicę urodzin Wielkiego Toruńczyka, 19 lutego 1923 r. Z tej okazji odbył się też ogólnopolski zjazd astronomów, na którym zawiązało się Polskie Towarzystwo Astronomiczne. Astronomowie głosili wykłady o Koperniku i jego dziele w toruńskich szkołach i innych specjalnych zgromadzeniach mieszkańców Torunia. Rok później, w 1924 r., w Gimnazjum Toruńskim (istniejącym od 1568 r.) zawiązało się kółko astronomiczne. Miało cele szkoleniowe, ale i badawcze. Opiekował się nim profesor fizyki Józef Zagórski, miłośnik astronomii i obserwator Słońca. Przy pomocy 12 cm lunety członkowie Koła prowadzili też obserwacje Słońca i gwiazd zmiennych oraz pokazy nieba dla kadry nauczającej w Gimnazjum, kolegów i generalnie dla społeczeństwa Torunia. Po paru latach, dzięki działalności Kółka Astronomicznego i prowadzonej przez nie akcji studiowania życia i dzieła Mikołaja Kopernika, Gimnazjum wystąpiło o nadanie mu imienia Wielkiego Toruńczyka. Oficjalna uroczystość nadania Gimnazjum Toruńskiemu im. Mikołaja Kopernika odbyła się w dniu 1 marca 1928 r. Działalność Kółka została wzbogacona o ogólnoszkolne akademie kopernikowskie organizowane w rocznicę urodzin Patrona, jako święto szkolne. Tradycja rocznicowych Akademii Kopernikowskich trwała do początku II Wojny Światowej, a po wojnie została wznowiona przez profesora Jana Szyca, fizyka i miłośnika astronomii, ostatniego przedwojennego opiekuna Kółka i została rozszerzona na całe miasto. Trwa do dzisiaj w formie Wieczornicy Kopernikowskiej organizowanej przez Muzeum Mikołaja Kopernika i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii..

Zawodowa, profesjonalna astronomia powstała w Toruniu dopiero z chwilą utworzenia Uniwersytetu. To właśnie imię Wielkiego Astronoma, Mikołaja Kopernika, było magnesem, który spowodował zainteresowanie Toruniem wypędzanych ze swych siedzib pracowników Uniwersytetów Wilna i Lwowa.

W lipcu 1945 r. przybyła z Wilna do Torunia, transportem repatriacyjnym adresowanym do Łodzi, liczna (prawie 200 osobowa) grupa pracowników Uniwersytetu Stefana Batorego. Pozostali oni w Toruniu i to przesądziło o utworzeniu w mieście Kopernika uniwersytetu nazwanego jego imieniem. Wśród przybyłych znalazło się troje astronomów: profesor Władysław Dziewulski, odnowiciel Obserwatorium Astronomicznego w Wilnie i były rektor USB, senior konwoju, docent Wilhelmina Iwanowska, astrofizyk i dr Stanisław Szeligowski, adiunkt USB, specjalista mechaniki nieba. To ich obecność i ranga naukowa

sprawiły, że na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym nowo powołanego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika utworzono dwie katedry: Katedrę Astronomii i Katedrę Astrofizyki. Ta ostatnia była pierwszą w Polsce katedrą astrofizyki. Katedrę Astronomii objął profesor Władysław Dziewulski, a Katedrę Astrofizyki docent Wilhelmina Iwanowska. Profesorowi Dziewulskiemu przypadł też trud pracy, przez dwie kadencje, w randze prorektora nad budowaniem zrębów nowego Uniwersytetu (władze nie zgodziły się, by został jego rektorem) oraz zaszczyt wygłoszenia wykładu inauguracyjnego na pierwszej inauguracji roku akademickiego na UMK (5 stycznia 1946).

Przybyli do Torunia astronomowie, obok obowiązków związanych z organizacją Uniwersytetu i własnego bytowania w nowym miejscu, musieli niejako od początku, po przerwie spowodowanej wojną, podjąć trud badań naukowych i organizacji astronomicznego warsztatu pracy. Nie było tu prawie żadnej tradycji astronomicznej, brakowało książek i instrumentów. Zajęli się najpierw tym, co jako najcenniejsze przywieźli z Wilna: swymi przedwojennymi obserwacjami i rachunkami. Wiedzieli, że jedyną drogą zdobywania literatury naukowej była wymiana publikacji między obserwatoriami. Opracowywali więc pilnie posiadane materiały badawcze: wieloletnie fotograficzne dwubarwne obserwacje fotometryczne 10 cefeid dokonane w Wilnie tamtejszym refraktorem z trypletem Zeissa (D 150 mm, F = 150 cm), analizowali obserwacje spektrofotometryczne innych cefeid, wykonane przed wojną w Obserwatorium Sztokholmskim w Saltsjöbaden, rachowali ruch różnych rodzin gwiazdowych w przestrzeniach naszej Galaktyki, mierzyli perturbacje w ruchu małych planet, wyznaczali krzywe blasku wielu gwiazd z prowadzonych także w czasie wojny obserwacji wizualnych. Podjęli też obowiązek pisania „wspomnień” o swych kolegach, którzy zginęli w zawierusze wojennej. Wyniki ich prac badawczych stały się treścią Biuletynów Obserwatorium Astronomicznego w Toruniu. Pierwszy Biuletyn ukazał się już w czerwcu 1946 r. i był także pierwszą publikacją naukową Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Rozesłano go do placówek astronomicznych na całym świecie wraz z informacją o nowym obserwatorium i apelem o nadsyłanie powstałych w czasie wojny publikacji, katalogów i innych książek i dzieł naukowych. Przez następne prawie trzy dziesięciolecia Biuletyn Obserwatorium Astronomicznego UMK, publikowany głównie w ramach wydawnictw Towarzystwa Naukowego w Toruniu, był ważnym świadectwem toruńskiego życia astronomicznego i środkiem wymiennym dla zdobywania wielu cennych pozycji bibliograficznych. Pierwsze przesyłki z książkami nadeszły z Poznania — tamtejsza Biblioteka Obserwatorium Astronomicznego oddała do Torunia posiadane dublety katalogów i map nieba oraz wielu kompletów czasopism.

Wraz z odzewem na apel o książki i czasopisma nadszedł też odzew na stawiane niektórym obserwatoriom pytania o instrumenty, które nie były im niezbędne, a które mogłyby jeszcze pełnić astronomiczną służbę w nowo powstałym toruńskim ośrodku badań astronomicznych. Nie można bowiem było mieć nadziei, aby w tak zniszczonym wojną kraju, jakim była Polska, rząd znalazł pieniądze na tak mało praktyczne rzeczy, jak instrumenty astronomiczne. Pierwsza odpowiedź nadeszła od prof. Harolda Shapleya z Harvard College Observatory w Cambridge w USA: „Mamy wolny 8-calowy teleskop Drapera i natychmiast wysyłamy go Wam”. Teleskop rzeczywiście nadszedł do Torunia w czerwcu roku 1947 i stał się załącznikiem dzisiejszego Obserwatorium Astronomicznego UMK w Piwnicach koło Torunia.

Fakt posiadania teleskopu stał się silnym impulsem do pracy nad utworzeniem obserwatorium astronomicznego. Wiadomo było, że obserwatorium nie może być budowane w mieście, i że trzeba odsunąć miejsce obserwacji od światła, pyłów i dymów miejskich. Ale też nie można odsuwać się za daleko od miasta, bo przecież obserwatorium, warsztat pracy

astronomów, musi funkcjonować w strukturach Uniwersytetu, temu Uniwersytetowi służyć i żyć jego życiem. Pracownicy i studenci muszą w rozsądnym czasie dotrzeć do obserwatorium i w rozsądnym czasie dojechać z obserwatorium do Uniwersytetu — a w owym czasie dostępnym środkiem transportu był transport konny! I rzeczywiście bryczka, zaprzężona w parę koni, przez jakiś czas wozila astronomów między Obserwatorium a Toruniem.

Po wielu, wcześniej już przeprowadzonych, rekonesansowych wyprawach wokół Torunia wybór padł na odległy o 12 km na północ od centrum miasta majątek Piwnice. Bardziej naturalną lokalizacją obserwatorium byłoby jakieś miejsce na południe od miasta, tak aby horyzont południowy nie zakłócał światłami i dymami światła gwiazd, ale tam panowało wojsko, co nie dawało żadnej nadziei lokalizacyjnej. Zdecydowano się na Piwnice, bo tu teren lekko się wznosił, osiągając najwyższe położenie w promieniu ok. 30 km od Torunia, był oddzielony od miasta głębokim na 4 kilometry pasem zieleni (w tym rezerwat dębów), mało zaludniony i bez, w dającej się przewidzieć przyszłości, perspektyw budowlanych. Plany rozwoju Torunia wskazywały na jego naturalną rozbudowę wzdłuż Wisły, w kierunku wschód–zachód, a nie na północ, w okalających go lasach. Wybór Piwnic na miejsce budowy obserwatorium pociągnął za sobą starania o „przydzielenie” tego majątku Uniwersytetowi. Własny, odpowiednio duży teren, z zapleczem gospodarczym, dawał bowiem szansę na odpowiednie wsparcie istnienia i przyszłą rozbudowę obserwatorium oraz jego ochronę przed szkodliwymi dla obserwacji astronomicznych skutkami „rozwoju cywilizacyjnego” okolicy. I od samego początku zdawano sobie sprawę z tego, że nie przystępuje się do budowy obserwatorium na miarę współczesnego stanu astronomii i jej potrzeb instrumentalnych. Nie tylko dlatego, że nie stać nas było na odpowiednio wielkie instrumenty, ale też i dlatego, że nasz klimat i rozległe równiny okolic dolnej Wisły czyniłyby bezowocnymi obserwacje dokonywane nawet największymi teleskopami. Z całą świadomością rozpoczynano więc budowę obserwatorium uniwersyteckiego, spełniającego elementarne potrzeby badawcze i służącego głównie celom dydaktycznym, a przede wszystkim kształceniu przyszłych astronomów na tyle obeznych ze współczesnymi metodami i technikami obserwacyjnymi, aby mogli łatwo i efektywnie korzystać z większych teleskopów i innych udogodnień placówek zagranicznych. Zresztą już w 1923 r., na zjeździe w Toruniu, astronomowie polscy podjęli uchwałę o potrzebie budowy w Polsce ponaduniwersyteckiego, ogólnonarodowego, dobrze wyposażonego ośrodka badań astronomicznych. I zaczęli tę ideę wcielać w życie, najpierw przed II wojną światową — pod nazwą Narodowego Instytutu Astronomicznego, a później, od 1953 r., pod nazwą Centralnego Obserwatorium Astronomicznego Polskiej Akademii Nauk. Później szwedzcy miłośnicy astronomii, za namową profesora Bertila Lindblada, opiekuna naukowego profesor W. Iwanowskiej z okresu przygotowywania przez nią doktoratu w Sztokholmie, wykonali dla UMK za symboliczną opłatą 2 instrumenty: teleskop paraboliczny w układzie Newtona o średnicy lustra 25 cm i kamerę Schmidta o średnicy lustra 35 cm i średnicy płyty korekcyjnej 30 cm. Te instrumenty przybyły do Torunia w 1951 r.

Jesienią 1947 r. rozpoczęła się budowa pierwszego pawilonu obserwacyjnego Obserwatorium Astronomicznego UMK z obrotową kopułą o średnicy 5 metrów. Przywieziona z Wilna dokumentacja podobnego budynku znakomicie ułatwiła sprawę i w ten sposób stoi w Piwnicach zakłeta w betonowych kształtach wileńska pamiątka astronomiczna. Nadesłany z Cambridge w USA teleskop, po niezbędnych adaptacjach (np. inna szerokość geograficzna Cambridge i Torunia) został tam ustawiony wiosną 1949 r. i od lipca 1949 r. podjął regularną pracę obserwacyjną. W roku 1999 minęło 50 lat od rozpoczęcia w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika zawodowego badania gwiazdzistego nieba, co uczczono

odpowiednią sesją naukową.

Teleskop Drapera to jeden z pierwszych na świecie astrografów. Zbudowany został w roku 1891 jako „pomnik” przedwcześnie zmarłego amerykańskiego fizyka Henry Drapera. Anna Maria, żona tego pioniera spektroskopii, wsparła w ten sposób prowadzony przez Edwarda C. Pickeringa ambitny program Obserwatorium Harvarda, polegający na opracowaniu katalogu jasności fotograficznych i fotowizualnych gwiazd oraz ich klasyfikacji widmowej. Teleskopem tym wykonano w Cambridge przeszło 60 tysięcy fotometrycznych i widmowych zdjęć nieba, i tak dalece przyczynił się on do realizacji zamierzenia Pickeringa, że opracowany katalog zawierający prawie ćwierć miliona gwiazd nazywa się katalogiem Drapera — Henry Draper Catalogue. Imiona gwiazd HD są do dzisiaj używane i znają je wszyscy astronomowie na świecie.

Fotograficzna metoda obserwacji astronomicznych była w 1949 r. wciąż nowoczesną i dającą wiele nowych i ciekawych rezultatów metodą badań astronomicznych. Podjęto więc w Toruniu program badań, do którego posiadany teleskop był szczególnie predysponowany: fotograficzną fotometrię i spektrofotometrię gwiazd. Postanowiono z jednej strony podjąć program obserwacyjny zmierzający do wyznaczenia struktury Galaktyki i ekstynkcji międzygwiazdowej w wybranych, po konsultacji z odpowiednimi Komisjami Międzynarodowej Unii Astronomicznej, polach Drogi Mlecznej oraz dwubarwne obserwacje fotograficzne wybranych cefeid i gwiazd typu RR Lyrae.

Fotometryczne prace kalibracyjne, fotometria fotograficzna i fotowizualna oraz klasyfikacja widmowa gwiazd toruńskich pól Drogi Mlecznej i fotometria gwiazd zmiennych stały się przedmiotem pierwszych „obserwacyjnych” prac magisterskich, doktorskich a nawet habilitacyjnych. Później tematyka prac badawczych rozszerzała się na inne dziedziny astronomii, stosownie do wzrostu własnego wyposażenia, kontaktów z ośrodkami zagranicznymi i rozwoju zainteresowań badawczych rosnącej kadry. W roku 1953 rozpoczęła pracę ustawiona w prowizorycznej „budce” wspomniana wyżej szwedzka kamera Schmidta zaopatrzona w pryzmat obiektywowy. Jej program badawczy dotyczył spektrofotometrii wybranych gwiazd, głównie w aspekcie ich spektroskopowych różnic populacyjnych. Następnie, w 1957 r., przeniesiono ją i drugi 25 cm paraboliczny teleskop szwedzki (też zaopatrzone w pryzmat obiektywowy) do nowo zbudowanych bliźniaczych pawilonów obserwacyjnych z kopułami o średnicy 5 m. W tym też czasie, na ciągle powiększającej swe rozmiary działce Obserwatorium, zbudowano „budynek główny” Obserwatorium mieszczący pracownie naukowe, bibliotekę, warsztat mechaniczno-elektryczny i pokoje noclegowe dla astronomów.

Kolejne etapy rozwoju

W drugiej połowie lat 50. i na początku lat 60. nastąpiły istotne zmiany w profilu badawczym i wyposażeniu toruńskiej astronomii. Z jednej strony rozpoczęto działania zmierzające do podjęcia w Toruniu obserwacji radiowego promieniowania ciał niebieskich, a z drugiej, w ramach realizacji projektu Centralnego Obserwatorium Astronomicznego PAN, zakupiono w firmie Zeissa w Jenie teleskop Schmidta i do czasu zbudowania COA zainstalowano go w Obserwatorium w Piwnicach.

Przygotowania do uruchomienia badań radioastronomicznych rozpoczęły się odpowiednim seminarium naukowym w roku 1956 i następnie budową anten i odbiorników. Duszą działań organizacyjnych i budowniczym pierwszych anten był Henryk Iwaniszewski, a projektantami i wykonawcami odbiorników Stanisław Gorgolewski i Kazimierz Grzesiak, pracownicy Katedry Fizyki Doświadczalnej UMK. Pierwszym instrumentem radioastronomicznym w Toruniu była, zbudowana w drugiej połowie 1957 r., antena cylindryczno-paraboliczna o rozmiarach 12×26 m. Za jej pomocą udało się zarejestrować m.in. promieniowanie aktywnego Słońca w dniu 6 lutego 1958 r. Po tym wyczynie antena runęła pod naciskiem nadmiernego oblodzenia i zimowej wichury. Na jej miejsce zbudowano w ciągu paru miesięcy inną, sterowaną w azymucie i wysokości antenę paraboliczną o średnicy 12 m. Używano jej do obserwacji Słońca na częstotści 127 MHz (2,36 m) w latach 1958–1960. Zapoczątkowane wówczas badania radiowej emisji Słońca na falach metrowych są prowadzone do dziś w formie codziennej służby, chociaż anteny były kilkakrotnie zmieniane. Obserwacje te (K. Borkowski, G. Gawrońska, S. Gorgolewski, J. Hanasz, A. Kus, Z. Turło) pozwoliły m.in. mierzyć długoczasową zmienność aktywności radiowej korony słonecznej. Odnotowano wyraźnie różne cykle 11-letnie oraz opóźnienia maksimum aktywności radiowej względem maksimum aktywności plamotwórczej. Zebrane w ramach tej służby dane stanowią obecnie najdłuższy na świecie ciąg obserwacji radiowych Słońca na tak niskich częstotściach.

Inny wieloletni program badawczy radioastronomów toruńskich dotyczył zakryć radioźródeł przez koronę słoneczną. Do tego programu zbudowano interferometr trójantenowy, o dłuższej bazie równej 1400 m, pracujący na częstotści 32,5 MHz w latach 1961–1975 (S. Gorgolewski, H. Iwaniszewski i B. Krygier). Wykryto anomalie w zachowaniu się korony, polegające na nieoczekiwaniu małych rozproszeniach fal radiowych w koronie w okresach wzrastającej już aktywności, duże gradienty gęstości elektronowej i okresowe wzmocnienia strumienia radioźródła Tau A (mgławicy Krab) przez koronę. W późniejszym okresie zbudowano jeszcze interferometr szerokopasmowy (100–150 MHz) do obserwacji centrów aktywnych na Słońcu (Z. Turło), spektrograf słoneczny na zakres 25–200 MHz z anteną logarytmiczno-periodyczną (J. Hanasz) i system do okołobiegunowej syntezy apertury na częstotści 43 MHz (A. Kus).

Z okazji Roku Kopernikowskiego (1973) udało się uzyskać środki na budowę obszernego budynku na radioastronomiczne pracownie naukowe, pracownie elektroniczne i warsztaty mechaniczno-elektryczne. Marzono o dużym ośrodku radioastronomicznym z 5 teleskopami o średnicy 25 m. Pieniędzy starczyło jednak tylko na budynek i rozpoczęcie działań w celu budowy jednej 15-metrowej anteny. Radioastronomowie wprowadzili się do nowych pomieszczeń w roku 1974/1975, a później (w latach 90.) uzupełnili budynek o

odpowiednie sterownie radioteleskopów i zaplecze hotelowe. Antena paraboliczna o średnicy 15 m powstała dzięki pasji i szczególnemu oddaniu tej sprawie dr Z. Turły, z Pracowni Astrofizyki PAN w Toruniu i inżynierów BIBROHUTu z Gliwic - Zygmunta Bujakowskiego i Eugeniusza Śledziewskiego. Opracowany przez nich projekt został zrealizowany przez MOSTOSTAL i oddany w ręce astronomów w 1978 r.

We wszystkich tych pionierskich latach istniało ściśle współdziałanie pracowników Uniwersytetu i Pracowni Astrofizyki PAN. Dzięki tej współpracy powstała aparatura badawcza (spektrograf na pasmo 0.6–6 MHz) do satelity KOPERNIK 500 (głównie J. Hanasz) wprowadzonego na orbitę 19 kwietnia 1973 r. oraz idea i realizacja budowy 15-metrowego radioteleskopu parabolicznego oddanego do eksploatacji w 1978 roku i niewielki sterowalny radioteleskop paraboliczny do służby Słońca na częstotliwości 2,8 GHz (H. Wełnowski) W tym okresie harmonijnej współpracy planowano utworzenie w Toruniu ogólnopolskiego, „międzyresortowego” Ośrodka Radioastronomii UMK–PAN.

W dziedzinie optycznej współpraca obu toruńskich instytucji astronomicznych była ciągle obecna. Jej owocem jest m.in. ulokowanie w Piwnicach, w 1962 r., największego polskiego teleskopu, który jest wspólną własnością Uniwersytetu Mikołaja Kopernika i Polskiej Akademii Nauk. Jest to teleskop typu Schmidta z wyprowadzonym, jako wtórnym, systemem optycznym Cassegraina (nazywamy go TSC). W ten sposób jest to instrument „uniwersalny”, bo z jednej strony jest szerokokątną i światłosilną kamerą fotograficzną (pole widzenia o średnicy 5°, światłosiła F/3) do obserwacji dużych obszarów nieba, a z drugiej — teleskopem pozwalającym badać indywidualne gwiazdy, np. za pomocą fotometru fotoelektrycznego czy spektrografu. Średnica jego lustra głównego (sferycznego) wynosi 90 cm, średnica płyty korekcyjnej Schmidta 60 cm, ogniskowa w układzie Schmidta 180 cm, a w układzie Cassegraina 1350 cm. Ówczesnym standardem było budowanie takich „uniwersalnych” teleskopów. Takie też rozwiązania optyczne zastosowano w największym na świecie 137/200 cm teleskopie Schmidta w Tautenburgu w Niemczech i tak zbudowano u Zeissa 4 mniejsze teleskopy dla Budapesztu, Jeny, Pekinu i Torunia Szczególnie aktywną i ważną rolę w pomyślnej realizacji tego zadania inwestycyjnego odegrał A.Woszczyk. . Toruński teleskop TSC został wyposażony w 2 pryzmaty obiektywowe, dające dyspersję widm gwiazdowych odpowiednio ok. 500 Å/mm i 250 Å/mm około linii wodorowej H β (4340 Å). W sumie teleskop ten pozwalał uzyskiwać widma gwiazd do 13 wielkości gwiazdowej i głównym jego programem badawczym stało się opracowanie Widmowego Przeglądu Drogi Mlecznej. Program realizowany był wspólnie z toruńską Pracownią Astrofizyki PAN.

Cennym uzupełnieniem instrumentarium Obserwatorium było uzyskanie w 1975 r. spektrografu szczelinowego, tzw. Kanadyjskiego Spektrografu Kopernikowskiego, mogącego współpracować z TSC. Został on wykonany przez G.A. Bradleya i E.H. Richardsona w Dominijnym Obserwatorium Astrofizycznym w Wiktorii w Kanadzie i jest kopernikowskim „darem Nauki i Polonii Kanadyjskiej dla Uniwersytetu Mikołaja Kopernika”. Do takiej formy kopernikowskiego daru dla Polski, Naukę i Polonię kanadyjską skłonili profesor Ryszard Bauer, toruński fizyk i dr Jan Smoliński, toruński astronom, ówczesnie przebywający na stażach w Kanadzie, oraz, w sposób szczególny, profesor Wilhelmina Iwanowska. Pani Profesor odbyła swoiste kopernikowskie tournée po Kanadzie, wygłaszając w ośrodkach naukowych i polonijnych wykłady o Koperniku i problemach nauki w Polsce. Wyjątkową cechą tego spektrografu jest oszczędność, z jaką wykorzystuje zebrane przez teleskop światło gwiazdy, m.in. zamiast klasycznej szczeliny używa tzw. *image slicer*, autorskiego pomysłu Richardsona, który wprowadza do spektrografu znacznie (praktycznie w naszych warunkach 3 razy) więcej światła przy tej samej rozdzielczości widma. Swoje wielkie dni

spektrograf ten przeżył już w końcu 1975 r., uzyskując jako pierwszy na świecie serię widm Nowej Cygni 1975 we wczesnych stadiach jej wybuchu. Później był głównym instrumentem w badaniach widm gwiazd magnetycznych i innych gwiazd osobliwych.

Kolejnym instrumentem obserwacyjnym w Piwnicach był 60-cm teleskop paraboliczny Zeissa, zainstalowany w 1989 r. w kopule po szwedzkim, amatorskim teleskopie 25-cm. Teleskop ten był pierwszym profesjonalnym instrumentem zakupionym przez UMK dla Obserwatorium w Piwnicach, dzięki wieloletnim staraniom profesora Andrzeja Woszczyka. Pracuje on, od samego początku, z szybkim fotometrem fotoelektrycznym (B. Wikierski, M. Mikołajewski), obserwując różne gwiazdy zmienne. Ten rodzaj obserwacji w Piwnicach został ostatnio wzbogacony poprzez zainstalowanie tzw. „małej kamery CCD”. Jest to skomputeryzowany 20-cm teleskop Schmidta-Cassegraina zaopatrzony w kamerę CCD, który razem z jeszcze jedną, pracującą na tym samym montażu kamerą CCD z teleobiektywem fotograficznym, służy do obserwacji fotometrycznych dużych liczb gwiazd w wybranych polach, czyli tzw. masowej fotometrii gwiazd. Z pomocą tego instrumentu prowadzi się monitorowanie jasności gwiazd w wybranych obszarach północnego nieba i obserwacje gwiazd zmiennych.

Lata 80. i 90. to okres budowy w Piwnicach 32 m anteny toruńskiego radioteleskopu skrótowo nazywanego RT-4. Radioteleskop ten został uroczystie uruchomiony w dniu 22 października 1994 r. i otrzymał wtedy imię Mikołaja Kopernika. Głównymi konstruktorami tego instrumentu byli, wspomniany już mgr inż. Zygmunt Bujakowski i inż. Stanisław Drwięga z Gliwic, a w procesie inwestycyjnym brało udział 59 krajowych firm. Generalnym wykonawcą był MOSTOSTAL Gdańsk, generalnym koordynatorem realizacji poszczególnych zadań był ówczesny rektor UMK prof. Stanisław Łęgowski przy wydatnym udziale pracowników Katedry Radioastronomii (S. Gorgolewski, A. Kus, B. Krygier).

Jest to reflektor paraboliczny z lustrami o ciągłej powierzchni, pracujący w układzie Cassegraina, i o klasycznym montażu horyzontalnym. Dokładność powierzchni jego lustra głównego sięga 0,4 mm i jest systematycznie kontrolowana i poprawiana. Ten 630-tonowy instrument śledzi obiekty na niebie z dokładnością 10 sekund łuku. Pod względem czułości i rozdzielczości ustępuje tylko dwóm największym radioteleskopom europejskim (100 m w Effelsbergu w Niemczech i 76 m w Jodrell Bank w Wielkiej Brytanii). Radioteleskop ten jest wyposażony w nowoczesne, kriogenicznie chłodzone systemy odbiorcze na pasma 1,4; 1,6; 5; 6,8 i 30 GHz, które są zamontowane w kabinie ogniskowej teleskopu. Są to radiometry mierzące dwie ortogonalne składowe polaryzacji w szerokim paśmie odbieranych częstotliwości (500 MHz). Są one komputerowo sterowane i strojone, posiadają też przemianę częstotliwości zsynchronizowaną fazowo z wodorowym wzorcem częstotliwości i czasu. Wzorcem tym jest maser wodorowy pracujący nieprzerwanie od roku 1994, posiadający stabilność 10^{-14} s. Na pomocniczy osprzęt radioteleskopu składają się również odbiorniki czasu GPS, szybki szerokopasmowy spektrograf, zwany „maszyną pulsarową”, cyfrowy „4x4096”-kanałowy spektrograf autokorelacyjny oraz stacja meteorologiczna. Obecnie (2005 r.) trwają, wraz z radioastronomiami z Jodrell Bank, intensywne prace nad budową i zainstalowaniem na tym radioteleskopie matrycy 100 odbiorników na falę o długości 1 cm (30 GHz) czyli systemu OCRA (A. Kus, E. Pazderski, R. Feiler, P. Wilkinson). Ten projekt umożliwi dokonanie w Piwnicach pionierskiego przeglądu nieba na tej długości fali. W ramach Szóstego Europejskiego Programu Ramowego radioastronomowie toruńscy uczestniczą obecnie, razem z ośrodkami badawczymi w Wielkiej Brytanii, Włoszech, Holandii i Australii w programach Faraday i PHAROS, których celem jest wypracowanie nowych, bardzo efektywnych technologii obserwacji radiowych ciał niebieskich, a w szczególności

dokonywania przeglądów nieba na wybranych długościach fali. Udział i doświadczenia zdobyte poprzez uczestnictwo we wspomnianych wyżej programach otworzą radioastronomom toruńskim pełnoprawny dostęp do uczestnictwa w budowie i eksploatacji planowanego radioteleskopu-olbrzyna, SKA (Square Kilometre Array) – tj. radioteleskopu o powierzchni zbierającej równej jednemu kilometrowi kwadratowemu.

Nowe perspektywy i możliwości stworzyła w Piwnicach przeprowadzona w 2004 r. renowacja obydwu (60cm i 90cm) teleskopów optycznych oraz wyposażenie ich w nowe kamery pomiarowe i podglądowe. Wszystkie lustra teleskopów zostały poaluminizowane w zakładach Zeiss w Jenie. Superczuła, sprzężona ze wzmacniaczem obrazu kamera do podglądu szczeliny spektrografu pozwoli na pracę z tzw. *image slicerem*, wydawnie zwiększającym zasięg i zdolność rozdzielczą Spektrografu Kanadyjskiego. Fotometr diafragmowy na teleskopie 60cm został zastąpiony szybką, fotometryczną kamerą CCD (SBIG STL-1001). Najciekawsze perspektywy wydają się rysować przed spektrofotometrią bezszczelinową opartą na teleskopie 90cm w systemie Schmidta z pryzmatem obiektywowym i nową kamerą CCD (SBIG STL-11000M) w ognisku głównym tego teleskopu.

Niewątpliwie największy przełom w dziedzinie dostępu astronomów toruńskich do nowoczesnych instrumentów badawczych w dziedzinie optycznej stanowi udział Polski (w tym UMK) w budowie i eksploatacji wielkiego, 10-metrowego teleskopu SALT (Southern African Large Telescope). W roku 1998 Polska, wraz z Republiką Południowej Afryki, Stanami Zjednoczonymi, Zjednoczonym Królestwem, Nową Zelandią i Niemcami przystąpiła do Konsorcjum, którego celem była/jest budowa i eksploatacja w Afryce wielkiego teleskopu tranzytowego, podobnego do teleskopu HETa w Teksasie. Jego celem będzie badanie, głównie metodami spektroskopowymi, obiektów południowego nieba. Polska ma 10% wkład w koszty budowy tego teleskopu i taki też będzie polski udział w wykorzystywaniu czasu obserwacji. Astronomowie Toruńscy są obecni w gremiach kierowniczych tego projektu i pilnie przygotowują się do pracy z tym teleskopem. Choć oficjalne uruchomienie tego teleskopu nastąpiło w dniu 10 listopada 2005 r., to początek jego regularnej pracy przewidywany jest w połowie roku 2006.

Struktury organizacyjne

Początkowo powstały na UMK dwie katedry: Katedra Astronomii i Katedra Astrofizyki. Później tworzyły one Zespół Katedr z Obserwatorium Astronomicznym jako odrębną jednostką. Od roku 1956 jednostkom tym towarzyszyła toruńska Pracownia Astrofizyki I Zakładu Astronomii PAN. Zakład Astronomii PAN został powołany do życia w tym samym roku jako załączek przyszłego Centralnego Obserwatorium Astronomicznego Polskiej Akademii Nauk. To Obserwatorium nigdy nie powstało, ale widomym świadkiem tej idei, obok Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie (CAMK), jest 60/90-cm teleskop Schmidta-Cassegraina, stojący i pracujący od 1962 r. w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach.

W roku 1969, w ramach ogólnej reformy Szkolnictwa Wyższego, Zespół Katedr został przekształcony w Instytut Astronomii UMK, w którego skład wchodziły, jako zakłady, poprzednie katedry z lekko zmienioną nazwą. Były to: Zakład Astrofizyki i Astronomii Gwiazdowej, Zakład Mechaniki Nieba oraz Obserwatorium Astronomiczne. Z Zakładu Astrofizyki i Astronomii Gwiazdowej wydzielił się wkrótce Zakład Radioastronomii, którego załączek funkcjonował wcześniej jako Zespół Radioastronomii w ramach Katedry Astrofizyki. W roku 1979 Zakład ten uzyskał samodzielność instytucjonalną jako Katedra Radioastronomii. Ten stan organizacyjny trwał do końca roku 1996. Z dniem 1 stycznia 1997 r. połączono wszystkie uniwersyteckie jednostki organizacyjne astronomii w jedno Centrum Astronomii UMK z podziałem na Katedrę Astronomii i Astrofizyki oraz Katedrę Radioastronomii. Zakład Mechaniki Nieba znalazł się w strukturze Katedry Astronomii i Astrofizyki, ale jego kadra zachowała swą tematykę badawczą i perspektywę wydzielenia się w odrębną jednostkę organizacyjną.

Zakład Astronomii PAN w Warszawie w roku 1973 zmienił nazwę na Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika. Toruńska Pracownia Astrofizyki I, od tego momentu należąca do CAMK, choć była w sensie formalno-prawnym odrębną jednostką naukowo-badawczą, fizycznie znajdowała się w łonie astronomii uniwersyteckiej aż do roku 1993. Od początku swego istnienia, do roku 1976, kierowana była przez profesor Wilhelminę Iwanowską, a jej pracownikami byli i są absolwenci toruńskiej astronomii. Kierownictwo Pracowni po roku 1976 kolejno sprawowali Antoni Stawikowski, Jan Hanasz, Jan Smoliński i Romuald Tylanda. Wzajemnie też przenikały się programy badawcze i prowadzone były wspólne Seminarium naukowe. W 1993 r. Pracownia ta przeprowadziła się do nowo odrestaurowanej staraniem CAMK (głównie J. Hanasza i J. Smolińskiego) kamieniczki mieszczącej na Starym Mieście w Toruniu i stanowi, obecnie nawet w sensie terytorialnym, odrębną toruńską astronomiczną jednostkę badawczą. Niemniej jednak, niektórzy pracownicy, obecnie już Zakładu Astrofizyki PAN, na tzw. częściowych etatach zasilają kadrę naukowo-dydaktyczną Centrum Astronomii UMK, prowadząc wykłady i ćwiczenia oraz zdobywając w ten sposób młodych adeptów astronomii jako doktorantów i pracowników tej placówki astronomicznej Polskiej Akademii Nauk w Toruniu.

Profil badawczy

Astronomia gwiazdowa, mechanika nieba i astrofizyka były specjalnością naukową twórców toruńskiej astronomii i w tych też kierunkach ukształtował się profil badawczy założonego przez nich ośrodka. Astronomia gwiazdowa to dziedzina, która zajmuje się ruchami i rozmieszczeniem gwiazd w naszej Galaktyce, posługując się głównie metodami statystycznymi. Profesor Władysław Dziwulski, wraz z pierwszymi uczniami, wyznaczał kierunek i tempo ruchu Słońca względem różnego rodzaju „rodzin” gwiazdowych i ruchy w Galaktyce różnych kategorii gwiazd (np. gwiazd szybkich, gwiazd podwójnych, gwiazd typu A itp.). Dużo też czasu poświęcał profesor Dziwulski badaniom ruchu i perturbacji wiekowych planetoid, wywołanych działaniem planet. Pomagali Mu pierwsi asystenci-studenci Katedry Astronomii (H. Gadzikowska-Hutorowicz, H. Iwaniszewski). Tej tematyki dotyczyła też rozprawa habilitacyjna Stanisława Szeligowskiego broniąca w 1947 r. Później uczestniczyli w tych badaniach S. Gąska i T. Boenig, którzy uzyskali doktoraty w dziedzinie mechaniki nieba jeszcze pod opieką profesora Dziwulskiego. Nie było wtedy maszyn liczących — tablice logarytmiczne były podstawową pomocą naukową, a zdobyte po jakimś czasie, napędzane ręcznie, zwykły arytometr stał się najbardziej zapracowanym instrumentem badawczym Katedry. Z biegiem czasu problemy stabilności orbit ciał układu planetarnego i badania orbit planetoid stały się głównym przedmiotem badań Zakładu Mechaniki Nieba. W tej dziedzinie duże znaczenie miał roczny staż K. Goździewskiego we Francji. Owocem działalności astronomów toruńskich w dziedzinie Mechaniki Nieba jest kilkadziesiąt publikacji naukowych, 7 doktoratów i 3 habilitacje własnych wychowanków.

Astrofizyka posługuje się głównie fotometrią, mierząc strumień dochodzącego do nas promieniowania ciał niebieskich, i spektroskopią, rozkładając ten strumień według długości fal i badając ten rozkład i szczegóły jego struktury. Do tego rodzaju badań doskonale nadawał się teleskop Drapera i program badawczy Katedry Astrofizyki został dopasowany do jego możliwości. Dość długa seria prac magisterskich i doktorskich dotyczyła dwubarwnych badań fotometrycznych różnych obszarów nieba. Z fotometrii fotograficznej, na podstawie własnych, zebranych w Piwnicach materiałów obserwacyjnych, wnoszono o strukturze Drogi Mlecznej w wybranych polach (C. Iwaniszewska, R. Ampel, S. Grudzińska, A. Lisicki, H. Iwaniszewski, H. Hutorowicz) i o zmienności różnych gwiazd zmiennych, w tym gwiazd typu RR Lyrae (m.in. A. Burnicki, T. Boenigk, J. Hanasz, A. Stawikowski, A. Woszczyk). Dla tych ostatnich gwiazd W. Iwanowska wcześniej odkryła spektroskopowe różnice związane z przynależnością do różnych populacji, wskazujące na dwudzielność tej grupy, uważanej za jednorodną. Należało więc przesunąć punkt zerowy skali relacji „okres—jasność absolutna” i w konsekwencji to odkrycie stanowiło poważny argument dla podwojenia skali odległości we Wszechświecie, co rzeczywiście się dokonało w początku lat pięćdziesiątych. Prowadzono też analizę spektrofotometryczną różnych grup gwiazdowych w aspekcie uchwycenia spektroskopowych kryteriów ich różnej przynależności populacyjnej. W długiej serii prac W. Iwanowska z szeregiem współpracowników, magistrantów i asystentów poszukiwała statystycznych wskaźników przynależności populacyjnej różnego rodzaju „rodzin” gwiazdowych i mgławic planetarnych.

Uruchomienie w Piwnicach teleskopu Schmidta-Cassegraina zintensyfikowało badania spektrofotometryczne. Głównym programem obserwacyjnym tego teleskopu było opracowanie spektrofotometrycznego katalogu gwiazd Drogi Mlecznej i okolic bieguna galaktycznego w dwóch dyspersjach, stosownie do posiadanych pryzmatów obiektywowych (pracowali na tym m.in. R. Głębocki, J. Smoliński i A. Strobel). Niejako w „wolnym czasie”

proawodono obserwacje spektrofotometryczne wybranych gwiazd osobliwych, np. węglowych, nowych, a nawet komet (m.in. oprócz ww. również A. Burnicki, J. Krempeć, A. Woszczyk). Kanadyjski spektrograf szczelinowy ukierunkował badania na spektrofotometrię gwiazd osobliwych, najpierw magnetycznych gwiazd Ap (A. Burnicki, J. Gertner, M. Muciek, A. Woszczyk, D. Zarembina), później obserwowane były m.in. gwiazdy nowe i gwiazdy symbiotyczne (J. i M. Mikołajewscy i inni). Użycie teleskopu Schmidta do bezpośrednich zdjęć nieba w okresie powrotu komety Halleya wykazało jego znakomitą jakość optyczną i przydatność do pomiarów astrometrycznych. Przy okazji odkryto kilka asteroid (M. Antal, A. Woszczyk).

Staże toruńskich astronomów w ośrodkach zagranicznych zaowocowały rozszerzeniem tematyki badań macierzystego ośrodka. Długoterminowe pobyty 3 młodych pracowników w Instytucie Astrofizycznym w Liege w Belgii i we Francji (S. Grudzińska, A. Stawikowski i A. Woszczyk) wprowadziły do Torunia trwającą do dziś tradycję badań kometarnych. S. Gorgolewski przez rok specjalizował się w badaniach radioastronomicznych w Cambridge i zaszczerpiał później w Toruniu radiowe badania Słońca i nowe idee instrumentalne. Później, jego śladem do MRAO w Cambridge jechał A. Kus, do MPIfR w Bonn - A. Wolszczan, a do NRAO w USA - Z. Turło. Zaowocowało to nowymi stopniami naukowymi, programami badawczymi i nowymi instrumentami, co procentuje we współczesnych badaniach radioastronomicznych. W USA odbywali też swe podoktorskie staże A. Stawikowski, A. Woszczyk, A. Strobel; w Kanadzie J. Smoliński i J. Krełowski. Badania atmosfer gwiazdowych, materii międzygwiazdowej i atmosfer planetarnych weszły lub zostały pogłębione w planach badawczych w Toruniu. Przyjeżdżali też do nas astronomowie z całego świata. Z ważnych międzynarodowych konferencji w Toruniu odbyły się: Nadzwyczajny Kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej (1973), 4 specjalistyczne sympozja pod patronatem tej organizacji (1973, 1974, 1976 i 1987) oraz kongres Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego (1993).

Ogromnego wysiłku wymagała budowa, najpierw oddanego do użytku w 1978 r., 15-m radioteleskopu RT-3, a następnie uruchomionego w 1995 r. radioteleskopu RT-4. Ten ostatni to instrument o europejskiej klasie, mający średnicę paraboloidalnej czaszy równą 32 m. Pierwszy z tych instrumentów wprowadził radioastronomów toruńskich do międzynarodowej wielkobazowej sieci interferometrycznej VLBI i dostarczył niezbędnych doświadczeń do budowy RT-4. Ten ostatni stał się istotnym elementem światowej sieci VLBI i pozwolił na przedsięwzięcie nowej, atrakcyjnej tematyki badawczej, o czym jest mowa w rozdziale poświęconym współczesnym badaniom radiowym w Toruniu. Tutaj wspomnijmy tylko, że chodzi o badania aktywnych jąder galaktyk tzw. AGNów, międzygwiazdowych maserów, kwazarów i temu podobnych obiektów. We współpracy z Uniwersytetem w Manchesterze i jego 76-m radioteleskopem w Jodrell Bank, przy pomocy technologii zaczerpniętej z przygotowywanych misji kosmicznych Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA, planuje się wykonać pionierskie przeglądy nieba na długości fali 1 cm.

Kilkaset (przeszło 500) publikacji naukowych, przeszło 200 astrofizycznych dyplomów magisterskich, 28 doktoratów i 18 habilitacji wychowanków toruńskiego ośrodka ze specjalnością „astrofizyka”, 12 doktoratów i 3 habilitacje radioastronomiczne to plan astrofizycznych zakresów naszej działalności naukowo-dydaktycznej.

Współczesne nurty badawcze

Badania gwiazd w późnych stadiach ewolucji i obiektów osobiowych

Znaczna część badań prowadzonych w Katedrze Astronomii i Astrofizyki dotyczy gwiazd w zaawansowanych stadiach ewolucji. Zaliczyć tu można gwiazdy Wolfa-Rayeta, żółte skrajne nadolbrzymy, mgławice planetarne i gwiazdy symbiotyczne.

Podstawowa część badań ma charakter obserwacyjny i interpretacyjny. Opierają się one na oryginalnym materiale obserwacyjnym, zgromadzonym przez autorów badań w różnych obserwatoriach (Piwnice, Europejskie Obserwatorium Południowe ESO w Chile, Haute-Provence we Francji, Asiago we Włoszech, Rozhen w Bułgarii, McDonald/HET w Teksasie, Toeravere w Estonii, teleskop kosmiczny Hubble'a), na danych archiwalnych (IUE, HIPPARCOS, IRAS, ROSAT, 2MASS) czy też na bazach danych, pochodzących z kompilacji z różnych źródeł. Zasadnicza część danych pochodzi z obserwacji w zakresie optycznym, aczkolwiek nierzadko sięga się po obserwacje ultrafioletowe, rentgenowskie, podczerwone i w zakresie radiowym. Celem badań jest poznanie natury wyżej wspomnianych obiektów, toteż wiele prac polega na konfrontowaniu danych obserwacyjnych z istniejącymi modelami teoretycznymi.

Gwiazdy typu Wolfa-Rayeta

Istnieją dwie grupy gwiazd z widmami typu Wolfa-Rayeta: właściwe gwiazdy WR - masywne (typowo kilkanaście mas Słońca) gwiazdy I populacji oraz jądra mgławic planetarnych typu WR (typowa masa to 0,6 masy Słońca). Znaczna część badań masywnych gwiazd WR prowadzona jest w na podstawie archiwalnych danych z satelity IUE – INES (A. Niedzielski, K. Rochowicz) w ultrafioletowym zakresie widma. Ich celem jest wyznaczenie podstawowych parametrów fizycznych tych gwiazd (temperatura, promień, dzielność promieniowania, tempa utraty masy, prędkości końcowe ekspansji otoczek), co pozwala m.in. umiejscowić obiekty na diagramie HR. Prowadzone są również badania struktury jonizacyjnej otoczek gwiazd WR na podstawie analizy linii emisyjnych w różnych zakresach widmowych (A. Niedzielski, K. Rochowicz).

Badania natury fizycznej utraty masy i struktury otoczek gwiazd WR prowadzone są także na podstawie obserwacji zmienności w profilach linii emisyjnych w zakresie optycznym (A. Niedzielski). Prace bazują na oryginalnym materiale obserwacyjnym, gromadzonym w Obserwatorium w Asiago (Włochy) oraz w Piwnicach. Analiza danych archiwalnych z satelity HIPPARCOS ma na celu określenie liczby gwiazd WR będących członkami gromad i asocjacji (A. Strobel, A. Niedzielski). Informacja ta ma istotne znaczenie dla zrozumienia ewolucji gwiazd WR i ich powiązań z gwiazdami OB. We współpracy z astronomami estońskimi prowadzone są badania dotyczące analizy składu chemicznego zewnętrznych obszarów gwiazd WR oraz dynamiki ich wiatrów gwiazdowych (A. Niedzielski) .

Mgławice planetarne

Niewielka część (kilka procent) mgławic planetarnych posiada gwiazdy centralne typu Wolfa-Rayeta. Analiza danych obserwacyjnych dla tych obiektów prowadzona jest pod kątem wyjaśnienia ich natury i pochodzenia (R. Tylenda). Okazuje się, że mgławice wokół jąder WR pod wieloma względami nie różnią się od reszty populacji mgławic planetarnych: podczas gdy same gwiazdy mają drastycznie różne atmosfery (skład chemiczny zdominowany przez hel i węgiel, bardzo silna utrata masy). Analiza różnych diagramów, na których pozycje mgławic planetarnych z jądrami WR porównywane są z pozycjami innych mgławic i modelami teoretycznymi, prowadzi do wniosku, że obiekty te, podobnie jak reszta populacji, ewoluują bezpośrednio z gałęzi asymptotycznej olbrzymów. Najprawdopodobniej tuż przed rozpoczęciem jonizacji mgławicy następuje ostateczna utrata otoczki bogatej w wodór i odsłonięcie warstw bogatych w hel i węgiel. Prowadzona jest analiza widm podczerwonych, otrzymanych dla kilku mgławic planetarnych z jądrami WR za pomocą satelity ISO. Niektóre obiekty wykazują obecność zarówno pasm PAH (policykliczne węglowodory aromatyczne), jak i ziaren pyłu krzemianowego. Wygląda na to, że w trakcie formowania mgławicy planetarnej w tych obiektach nastąpiło przejście ze stosunku obfitości $C/O < 1$ do $C/O > 1$.

Badania struktury mgławic planetarnych są prowadzone na podstawie analizy obserwacji profili linii widmowych przy zastosowaniu komputerowych „modeli toruńskich” (K. Gęsicki). Dla próbki ponad 100 obiektów otrzymana wartość średnia prędkości ekspansji to 22 km/s. Stwierdzono gradient prędkości ekspansji materii mgławicowej z promieniem. Wskazuje to na rozpędzanie materii przez przechodzący front jonizacyjny. Dla niektórych mgławic udokumentowano obecność dużych prędkości w ich rejonach wewnętrznych. Dla mgławic z gwiazdami centralnymi typu WR wykazano obecność silnych ruchów turbulentnych. Jak dotychczas jest to jedyna cecha odróżniająca je od „zwykłych” mgławic, jest to zapewne efekt oddziaływania silnego wiatru gwiazdowego z ekspandującą mgławicą. Porównanie wyznaczonego z obserwacji wieku dynamicznego z torami ewolucyjnymi pozwala na szacowanie mas gwiazd centralnych mgławic, otrzymano średnią wartość 0,61 masy Słońca.

Prowadzone są próby obserwacyjnego wyznaczania mas gwiazd centralnych mgławic planetarnych (R. Tylenda). Obserwowane pozycje na trajektoriach ewolucyjnych porównywane są z modelami ewolucji gwiazd o różnych masach. Wyniki dają rozkład mas z silnym maksimum w pobliżu 0,6 masy Słońca. Bardziej masywne jądra grupują się bliżej płaszczyzny Galaktyki i mają większą wartość stosunku obfitości N/O w mgławicy.

Gwiazdy symbiotyczne i zaćmieniowe

Za pomocą 60-cm teleskopu Cassegraina w Piwnicach z fotometrem diafragmowym prowadzone jest od wielu lat systematyczne monitorowanie zmienności szeregu gwiazd symbiotycznych: CH Cyg, MWC 560, T CrB, AG Dra, Z And i innych (M. Mikołajewski). W kilku przypadkach odkryto kolejne wybuchy tych gwiazd i analizowano ich wieloletnią zmienność fotometryczną i spektroskopową opartą na obserwacjach z Piwnic, Toeravere i Rozhen. Uzyskano szereg argumentów na poparcie hipotezy, że CH Cyg i MWC 560 należą do podklasy gwiazd symbiotycznych nazwanych *propellerami*, z akreującym, szybko rotującym, namagnesowanym białym karłem jako źródłem energii i

powodem aktywności gorącego składnika. Gwiazdy te wyróżniają się mniejszą niż pozostałe gwiazdy symbiotyczne dzielnością promieniowania w maksimum, obecnością szybkiej zmienności fotometrycznej (tzw. flikeringu), pojawianiem się bipolarnych dżetów i wpływów centryfugalnych oraz bimodalnym charakterem wybuchów (T. Tomov, M. Mikołajewski). Intensywne, spektroskopowe poszukiwania dżetów i flikeringu w innych gwiazdach symbiotycznych pozwoliło wytypować kilku nowych kandydatów do grupy propellerów (T. Tomov).

Inną klasą obiektów monitorowanych fotometrycznie (teleskop 60-cm) i spektroskopowo (teleskop 90cm ze spektrografem szczelinowym) są układy zaćmieniowe o ekstremalnie długich okresach orbitalnych (M. Mikołajewski, D. Graczyk, C. Gałan) oraz krótkookresowe układy odkryte przez satelitę Hipparcos (T. Tomov). Uproszczona analiza zaćmień unikalnego układu dwóch nadolbrzymów OW Gem (okres orbitalny ok. 3,5 roku) pozwoliła określić parametry geometryczne i temperatury składników. Odkryto opóźnienie dwumiesięczne zaćmienia 1998 w układzie VV Cep (okres orb. ok. 20 lat), świadczące o intensywnej utracie masy i zmieniające dotychczasowe wyobrażenia o masach składników i ich statusie ewolucyjnym. Inna gwiazda klasyfikowana dotąd jako zaćmieniowa, HP Lyr, okazała się najgorętszą gwiazdą pulsującą rzadkiego typu RV Tau. Wreszcie, przeprowadzone w Piwnicach obserwacje zaćmienia w 1997 r. długookresowego układu EE Cep (okr. orbitalny ok. 6 lat) wskazują na to, że jest to bliźniaczy obiekt do unikatowego układu *epsilon* Aurigae, z ciemnym dyskiem materii wokół najprawdopodobniej ciasnego układu podwójnego jako obiektu zaćmiewającego. Kolejne zaćmienie w tym układzie w 2003 r. stało się przedmiotem zainicjowanej przez Centrum Astronomii (M. Mikołajewski, D. Graczyk, T. Tomov) międzynarodowej kampanii obserwacyjnej, w której wzięło udział kilkanaście obserwatoriów i około pięćdziesięciu astronomów z całego świata. Wstępne wyniki pozwoliły ocenić rozmiary i cechy poszczególnych składników układu. Odkryte przez Hipparcosa układy krótkookresowe były analizowane głównie z punktu widzenia misji GAIA przygotowywanej do wprowadzenia w przestrzeń kosmiczną przez ESA. We współpracy z obserwatorium w Asiago, przeanalizowano prędkości radialne i krzywe blasku kilka układów wyznaczając rozmiary, temperatury i przede wszystkim masy składników (T. Tomov).

V838 Monocerotis

Jednym z najbardziej zagadkowych obiektów w dziedzinie astrofizyki gwiazdowej ostatnich lat jest gwiazda V838 Monocerotis, której rozbłysk zaobserwowano na początku 2002 r. Duży rozgłos i zainteresowanie, jakie uzyskał ten obiekt - nie tylko w profesjonalnej literaturze astronomicznej - są w dużej mierze wynikiem zaobserwowania zjawiska echa świetlnego, którego spektakularne obrazy otrzymano m.in. teleskopem Hubble'a (*Rys.....*). Zjawisko to było dotychczas obserwowane przede wszystkim po wybuchach supernowych (m.in. supernowej w Dużym Obłoku Magellana w 1987 r.) i jest wynikiem propagacji i rozpraszania promieniowania rozbłysku w otaczającej materii pyłowej.

Obserwacje V838 Mon były także prowadzone w Piwnicach w pierwszych miesiącach po odkryciu. Kontynuowane były potem innymi teleskopami. 10m teleskopem HET udało się uzyskać widma echa, dające możliwość badania współczynnika rozpraszania na pyłe (M. Mikołajewski, T. Tomov).

Analiza obrazów echa świetlnego otrzymanych teleskopem Hubble'a pozwoliła na oszacowanie odległości obiektu na ok. 8 kpc i przeprowadzenie badań rozkładu materii w

sąsiedztwie V838 Mon. Pokazano, że materia ta jest najprawdopodobniej pochodzenia międzygwiazdowego (a nie wynikiem utraty masy z samego obiektu w przeszłości - R. Tylenda).

Analiza wcześniejszych obserwacji fotometrycznych doprowadziła do wniosku, że przed wybuchem V838 Mon była najprawdopodobniej gwiazdą ciągu głównego typu widmowego B, a więc dość młodą gwiazdą o masie 5-10 mas Słońca. Przeprowadzono kompleksową analizę dostępnych obserwacji fotometrycznych V838 Mon otrzymanych w okresie 3 lat po odkryciu rozbłysku. Na ich podstawie przedstawiono ewolucję temperatury efektywnej, promienia i dzielności promieniowania (luminosy) tego obiektu. W okresie maksimum rozbłysku obiekt osiągnął jasność milion razy większą od jasności Słońca. Po rozpoczęciu spadku jasności V838 Mon szybko stała się bardzo chłodnym nadolbrzymem o temperaturze efektywnej ~2000 K i promieniu rzędu 1000 promieni Słońca. Ewolucji obiektu nie można wytłumaczyć znanymi mechanizmami wybuchów termojądrowych, takimi jak gwiazda nowa czy późny rozbłysk helowy. Postawiono hipotezę, że rozbłysk V838 Mon był wynikiem zderzenia się gwiazdy typu B z małowasywną protogwiazdą. (R. Tylenda)

Badania struktury i ewolucji Galaktyki

Jesteśmy mieszkańcami ogromnego skupiska gwiazd i materii międzygwiazdowej zwanego Galaktyką. Nasze najbliższe otoczenie to około sto miliardów gwiazd najróżniejszych rodzajów i typów. Teoria ewolucji gwiazd podpowiada, że są one w bardzo różnym wieku. Fakt ten sugeruje, iż gwiazdy bez przerwy rodzą się i umierają, a skład Galaktyki ulega ciągłym zmianom. Młode gwiazdy odznaczają się innym od starych składem chemicznym — są znacznie bogatsze w ciężkie pierwiastki, które powstawać mogą jedynie w jądrach gwiazd starszych. Aby mogło tak być, potrzebny jest jakiś pomost pomiędzy kolejnymi pokoleniami gwiazd. Pomost ten dostrzeżono stosunkowo późno — wpisał się on na listę obiektów zainteresowania astronomów dopiero w latach 30. Jest to materia międzygwiazdowa — ośrodek niezmiernie rozrzedzony (średnia gęstość to tylko 2 (dwa) atomy wodoru w centymetrze sześciennym) i rozmieszczony wyspowo, tj. w formie oddzielnych obłoków, głównie w płaszczyźnie Drogi Mlecznej.

Materia rozproszona występuje w sposób wyjątkowo spektakularny wewnątrz systemów młodych i gorących gwiazd, zwanych asocjacjami OB. Występują tam zarazem ciemne „plamy”, zwane globulami lub trąbami słoniowymi, jak i jasne mgławice, świecące na koszt energii pobliskich gwiazd. Jest to zarazem dowód, iż obserwowane gorące gwiazdy niedawno powstały z wielkich skupisk rozproszonej materii, tzw. wielkich obłoków molekularnych. Jasne mgławice bez przerwy rozszerzają się, ekspandują w przestrzeń, a więc ich żywot jest stosunkowo krótki. Asocjacje OB z racji młodego wieku znajdują się w pobliżu miejsc swych narodzin, co pozwala dodatkowo śledzić ewolucję dynamiczną Galaktyki.

Istotnym problemem dla opisu ciemnych mgławic (J. Krelowski, A. Strobel i A. Megier wraz ze współpracownikami z wielu polskich i zagranicznych ośrodków) jest analiza widm absorpcyjnych gwiazd, których światło ulega częściowemu wygaszeniu przez ciemne obłoki. Powoduje to pojawienie się w widmach rozmaitych struktur absorpcyjnych:

- ekstynkcji ciągłej: selektywnego osłabienia światła gwiazd, wywołanego obecnością w obłokach drobnych cząstek pyłu,
- polaryzacji (częściowej); która jest świadectwem obecności wydłużonych i w jakiś sposób uporządkowanych (przez pole magnetyczne?) ziaren pyłu,
- linii atomów w stanie gazowym; pierwsze z nich (zjonizowanego wapnia) odkryto 100 lat temu (w 1904), potem doszły linie neutralnego sodu i potasu, większość wszakże pierwiastków tworzy struktury w głębokim ultrafiolecie, dostępnym tylko dla satelitów,
- struktur prostych molekuł, takich jak CH, CN, CH⁺, C₂, C₃ oraz H₂ i CO - widocznych jedynie spoza atmosfery,
- rozmytych linii międzygwiazdowych; tajemniczych struktur widmowych, odkrytych w 1922 r., ale o do dziś nieznanym pochodzeniu.

Obserwacyjny opis takich struktur wymaga zastosowania rozmaitych technik badawczych, w szczególności widm o wysokiej rozdzielczości i stosunku sygnału do szumu oraz wnoszenia aparatury poza atmosferę.

Badania prowadzone w ośrodku toruńskim dotyczą wszystkich wyżej wymienionych zjawisk. W szczególności opublikowano trzy atlasy krzywych ekstynkcji oparte na danych satelitarnych. Pokazują one znaczne zróżnicowanie prawa ekstynkcji od obłoku do obłoku, co wskazuje na różną strukturę ziaren pyłu w różnych mgławicach. Szczególnym zainteresowaniem darzone są rozmyte linie międzygwiazdowe. Dla nich właśnie zebrano bardzo obfity materiał obserwacyjny; toruńska baza danych (oparta na wynikach z wielu obserwatoriów: rosyjskiego SAO, ukraińskiego – Terskoł, teksaskiego McDonald, francuskiego Pic du Midi, Canada-France-Hawaii Telescope, European Southern Observatory i, oczywiście - toruńskiego) nie ma sobie równej na świecie. Ponieważ linie rozmyte przypisywane są najczęściej dużym, organicznym molekułom, więc na liście instytucji współpracujących z ośrodkiem toruńskim są: kalifornijski NASA Ames Reserach Center, niemiecki Max Planck Institut fur Astrophysik, francuskie laboratorium w Orsay pod Paryżem i Instytut Fizyki PAN w Warszawie.

Do najciekawszych wyników uzyskanych w naszym ośrodku należą:

- wykazanie, że linie rozmyte pochodzą od szeregu różnych nośników (najpewniej złożonych molekuł),
- wykrycie wielu słabych linii rozmytych (warto wspomnieć, że laboratoryjne widma molekuł zwykle zawierają po jednej silnej strukturze i szeregu słabych); opublikowany przez nas atlas linii rozmytych zawiera prawie 300 pozycji,
- ustalenie, że poszczególne elementy widm absorpcyjnych obłoków (wymienione wyżej) zmieniają się równocześnie – zapewne skutkiem zmiennych warunków fizycznych,
- współodkrycie podstruktur w profilach silnych linii rozmytych,
- odkrycie podstruktur w profilach słabych linii rozmytych,
- współodkrycie molekuły C₃ - największej wykrytej dzięki liniom absorpcyjnym,
- wykrycie silnej korelacji obfitości molekuł CH i H₂,
- ustalenie związku pomiędzy odległością obserwowanych gwiazd i natężeniem, widocznych w ich widmach linii międzygwiazdowych zjonizowanego wapnia.

Wspomniane asocjacje OB pozwalają na odtworzenie pierwotnego rozkładu

przestrzennego i ruchów materii, z której zostały uformowane i tym samym zrozumienie wielkoskalowej struktury młodej składowej Dysku Galaktyki. Ich budowa, kinematyka, skład gwiazdowy i własności fizyczne stanowią bogate źródło informacji o mechanizmach formowania gwiazd i relacjach pomiędzy nowo utworzonymi gwiazdami i otaczającą je materią. Dla uzyskania odpowiedzi na te ważne pytania podjęto w ośrodku toruńskim systematyczne badania pobliskich asocjacji wchodzących w skład tzw. Pasa Goulda. W kierunku tych obiektów można oczekiwać jedynie śladowych ilości materii międzygwiazdowej, a zatem obserwowane efekty są pochodzenia lokalnego. Dotychczasowa analiza dostępnych danych astrometrycznych, fotometrycznych i spektroskopowych pozwoliła m.in. stwierdzić, że struktura ta jest prawdopodobnie utworzona z materii ubogiej w metale, charakterystycznej dla starych gwiazd — tzw. podkarłów.

W Centrum Astronomii UMK prowadzone są również badania teoretyczne dynamiki ośrodka gazowego w obiektach astrofizycznych różnych typów. Głównym przedmiotem zainteresowań grupy magnetohydrodynamiki astrofizycznej pod kierunkiem Michała Hanasza jest dynamika ośrodka międzygwiazdowego z udziałem pola magnetycznego i promieniowania kosmicznego (gazu relatywistycznych cząstek, obecnego w pozostałościach po wybuchach gwiazd supernowych). Badania w tej dziedzinie, prowadzone we współpracy z grupami teoretycznymi w Instytucie Astronomii i Astrofizyki Uniwersytetu w Monachium oraz w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, skupiają się wokół problemów wzmocnienia galaktycznych pól magnetycznych w procesie turbulentnego dynamo oraz problemów niestabilności ośrodka międzygwiazdowego (tj. niestabilności wyporu magnetycznego, niestabilności magneto-rotacyjnej, niestabilności termicznej i niestabilności grawitacyjnej) prowadzących do powstawania obłoków molekularnych, z których następnie powstają gwiazdy.

We współpracy z grupą relatywistyczną na Uniwersytecie w Walencji (Hiszpania) prowadzone są również badania niestabilności relatywistycznych strug (dżetów) w pozagalaktycznych radioźródłach. Strugi relatywistyczne wytwarzane są w bliskim sąsiedztwie czarnych dziur w aktywnych jądrach galaktyk. Poprzez badanie dynamiki relatywistycznych strug próbujemy zrozumieć złożoną fizykę kwazarów, egzotycznych obiektów kosmologicznych..

Obecnie (2005 r.) rozpoczynamy prace nad kolejnymi zagadnieniami dotyczącymi dysków akrecyjnych wokół czarnych dziur oraz fizyki dysków protoplanetarnych i powstawania planet.

Prace teoretyczne w ramach wymienionych tematów prowadzone są w znaczącej części metodą modelowania komputerowego. Głównym narzędziem obliczeniowym jest klaster komputerowy HYDRA (zaprojektowany i zbudowany przez K.Goździewskiego i M. Hanasza - 2005 r.) złożony z 16. szybkich dwuprosesorowych jednostek klasy PC o łącznym rozmiarze pamięci około 40 gigabajtów oraz przestrzenią dyskową o rozmiarach kilku terabajtów.

Bieżące informacje dotyczące naszych badań w tej dziedzinie można znaleźć na stronie: <http://hydra.astr.uni.torun.pl>

Masowa fotometria gwiazd SAVS i teleskop SALT

Masowa fotometria gwiazd

Program masowej fotometrii gwiazd, w skali światowej, został zainicjowany w połowie lat 90. ubiegłego wieku przez wybitnego polskiego uczonego – prof. Bohdana Paczyńskiego z Uniwersytetu w Princeton i uprawiany jest w wielu ośrodkach. Najbardziej znanym tego typu przeglądem nieba jest program ASAS (All Sky Automated Survey) wdrożony przez dr Grzegorza Pojmańskiego z Obserwatorium Warszawskiego w Obserwatorium Las Campanas w Chile. Ambicją tego programu jest automatyczne monitorowanie jasności ok. 10 milionów gwiazd jaśniejszych od 14 wielkości gwiazdowej na całym nieboskłonie. Zachęcony niskimi kosztami tego programu, przy oczywistych korzyściach naukowych i dydaktycznych, profesor Bohdan Paczyński zaproponował, na przełomie wieków, kilku polskim obserwatoriom prowadzenie podobnego programu badawczego dla jaśniejszych gwiazd i ofiarował im odpowiednie kamery CCD. Wśród wybranych ośrodków znalazło się też Obserwatorium Astronomiczne UMK.

Po okresie prób i przymiarek program masowej fotometrii gwiazd działa regularnie, w Obserwatorium Astronomicznym w Piwnicach, od września 2002 r. Przy pomocy tzw. małej kamery z odbiornikiem CCD realizowany jest projekt badawczy pt. Półautomatyczne Poszukiwanie Zmienności (*Semi-Automatic Variability Search* - SAVS). Celem tych badań jest odkrywanie gwiazd zmiennych w wybranych obszarach nieba północnego na podstawie fotometrii dużej liczby gwiazd w określonych polach gwiazdowych. W Toruniu realizują go A. Niedzielski i G. Maciejewski.

W odróżnieniu od typowych przeglądów nieba, projekt SAVS nie monitoruje w sposób ciągły całej dostępnej sfery niebieskiej, a jedynie kilkadziesiąt wybranych pól gwiazdowych o łącznej powierzchni około kilkuset stopni kwadratowych. Taka strategia podyktowana jest brakiem możliwości wykonywania systematycznych obserwacji z powodu niezbyt korzystnych warunków pogodowych panujących na terenie Polski.

Obserwacje prowadzone są za pomocą nowoczesnej kamery CCD. Jako układ zbierający światło służy achromatyczny obiektyw fotograficzny o światłosile F/2,8 i ogniskowej 135 mm zamontowany na tubusie teleskopu Meade 200 – do prowadzenia za gwiazdami wykorzystuje układ osi i napęd tego teleskopu. Układ optyczny pozwala na detekcję gwiazd do około 14,5 wielkości gwiazdowej w czasieminut. Obserwując kamerą BIG ST-7XE obejmujemy pole o wymiarach 3 x 2 stopnie, w którym mierzymy ok. 1600 gwiazd w obszarach nieba bogatych w gwiazdy. Z kamerą ST-8XE, w polu o wymiarach 6 x 4 stopnie, liczba mierzonych gwiazd sięga nawet 8000. Do tej pory (2005 r.) odkryto ponad 120 wcześniej nieznanymi gwiazd zmiennych różnych typów – układów zaćmieniowych, gwiazd pulsujących regularnie, półregularnie oraz zmiennych nieregularnych.

Teleskop SALT

W roku 1998 rozpoczął się udział polskich astronomów w budowie, a w perspektywie, eksploatacji 10-metrowego teleskopu optycznego SALT (Southern African Large Telescope) w Republice Południowej Afryki. Wspólnie z astronomami RPA, Niemiec, Wielkiej Brytanii, Nowej Zelandii i USA, Polacy stanowią konsorcjum, które w latach 2000 –

2005 zbudowało wielki teleskop tranzytowy, bliźniak teleskopu HET (Hobby-Eberley Telescope, Teksas, USA)..

Teleskop SALT jest teleskopem posiadającym sferyczne lustro mozaikowe złożone z 91 elementów heksagonalnych wyciętych z luster o średnicy 90 cm. Fizyczna średnica tego lustra jest prawie 11 m, ale jaka będzie efektywna średnica teleskopu wykorzystywana w czasie konkretnej obserwacji, będzie zależeć od położenia danego obiektu obserwacji na niebie. Teleskop nie posiada tradycyjnego systemu osi i nie porusza się za gwiazdami w czasie obserwacji. W czasie obserwacji stoi w miejscu, a gwiazdy przed nim „defilują”, dlatego mówimy, że jest to teleskop tranzytowy. Za przemieszczającym się w ognisku obrazem gwiazdy podąża specjalny robot, który przekazuje następnie zebrane promieniowanie światłowodem do odpowiedniego spektrografu. Na tym właśnie polega znaczne obniżenie kosztów jego budowy (będą wynosiły ok. 10% kosztów klasycznego teleskopu), ale też i wprowadza pewne ograniczenia i niedogodności. Lustro sferyczne nie daje tak dobrej jakości obrazów, jak lustro paraboloidalne – stąd ukierunkowanie teleskopu na obserwacje spektroskopowe. Stała pozycja w czasie obserwacji ogranicza z jednej strony obszar nieba dostępny do obserwacji, a z drugiej czas obserwacji danych obiektów. Ale jak wielka będzie „moc” zbierania światła ciał niebieskich tego teleskopu uświadomić nam może stwierdzenie, że będziemy mogli obserwować gwiazdy, galaktyki, kwazary i tp. obiekty miliardy razy słabsze od najsłabszych gwiazd widzianych okiem człowieka. Albo inaczej – teleskop ten będzie mógł dostrzec płomień świeczki umieszczonej na Księżycu.

Polski udział jest na poziomie 10% wkładu finansowego i z takiego proporcjonalnie czasu obserwacyjnego będziemy korzystać. Astronomowie toruńscy, poprzez odpowiedni wkład Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, są uczestnikami tej inwestycji, wchodzi w skład jej gremiów kierowniczych i przygotowują się do wykorzystywania tego teleskopu poprzez seminaria naukowe, tzw. warsztaty i projekty obserwacyjne na teleskopie HET. Planowane są badania mgławic planetarnych za pomocą metod spektroskopii wysokiej rozdzielczości i przy pomocy interferometru Fabry-Perot (K. Gęsiński), badania gwiazd i galaktyk Wolfa-Rayeta za pomocą metod spektroskopowych w średniej i niskiej rozdzielczości oraz rozdzielczości czasowej i spektropolarymetrii (A. Niedzielski, K. Rochowicz). Takimi samymi metodami będą też badane gwiazdy symbiotyczne i podobne do nich inne obiekty (T. Tomov, M. Mikołajewski) Podsumowanie podstawowych tematów i zadań badawczych, które będą realizowane przez astronomów toruńskich za pomocą teleskopu SALT można znaleźć w materiałach konferencji: „The First Robert Stobie Memorial SALT Workshop” (<http://www.salt.ac.za/content/downloads/stobiewshops/one/niedzielski>). Kilka projektów toruńskich już zostało przyjętych do realizacji na teleskopie HET. Przeprowadzono już obserwacje kilku galaktyk podejrzewanych o silne procesy gwiazdotwórcze (galaktyki WR – K. Rochowicz, A. Niedzielski) oraz obserwacje spektroskopowe wybuchu „gwiazdy” V838 Mon (T. Tomov, M. Mikołajewski).

Udział Polski w budowie i eksploatacji teleskopu SALT będzie miał bardzo poważny wpływ na rozwój polskiej i toruńskiej astrofizyki w perspektywie najbliższych kilkunastu lat. Pracownicy Katedry Astronomii i Astrofizyki UMK, jak widzieliśmy wyżej, włączają się aktywnie do realizacji tego przedsięwzięcia i w swoich pracach badawczych uwzględniają możliwości, jakie stworzy ten instrument. A otworzy on też nam nowe perspektywy badawcze, z przyszłymi misjami kosmicznymi włącznie. Przykładem może tu być masowy przegląd prędkości radialnych olbrzymów typu widmowego K prowadzony już obecnie (rok 2005) za pomocą teleskopu HET (A. Niedzielski, A. Wolszczan) w ramach przygotowań misji kosmicznej SIM (Space Interferometry Mission) planowanej na początek przyszłej dekady.

Badania radioastronomiczne

Podstawowymi instrumentami badawczymi Katedry Radioastronomii są: oddany do eksploatacji w 1978 r. radioteleskop o średnicy 15 m i uruchomiony w 1996 r. radioteleskop o średnicy 32 m. Ten ostatni, wraz z ciągle rozwijanym i rozbudowywanym oprzyrządowaniem, jest jednym z najnowocześniejszych urządzeń badawczych nauki polskiej.

Radioteleskop 15-metrowy, zwany RT-3, został wyposażony w tzw. terminal interferometrii na bardzo dużych bazach VLBI (Very Large Baseline Interferometry), specjalną aparaturę odbiorczą na wiele pasm (w zakresie 400–5000 MHz) oraz rubidowy wzorzec częstości. Dzięki temu obserwatorium toruńskie mogło włączyć się w 1982 r. do regularnych obserwacji w europejskiej i światowej sieci interferometrii wielkobazowej VLBI. Prowadzono tym teleskopem również inne obserwacje, m.in. monitorowanie pulsarów, obserwacje obszarów wodoru neutralnego HI, obserwacje aktywności słonecznej oraz odbiór sygnałów telemetrii satelitarnej. Doświadczenia zdobyte przy budowie RT-3 ogromnie się przydały przy projektowaniu, budowie i wyposażaniu dużego, 32-metrowego teleskopu RT-4. Ten radioteleskop jest obecnie podstawowym instrumentem badawczym Centrum Astronomii UMK i jest wykorzystywany 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu.

Ostrość obrazów ciał niebieskich tworzonych przez teleskopy jest jednym z najważniejszych wyzwań współczesnej astronomii. W astronomii optycznej jest to jeden z argumentów za budową coraz większych teleskopów i lokowania ich wysoko w górach, dla unikania wpływu ziemskiej atmosfery na jakość obrazu. W radioastronomii problem ostrości obrazu i możliwość tworzenia radiowych map obserwowanych obiektów wydawał się barierą nie do pokonania. Ostrość obrazu zależy bowiem od wielkości stosunku średnicy teleskopu do długości fali, na jakiej prowadzimy obserwacje (D/λ). Dla światła widzialnego źrenica naszego oka jest ok. 10 tysięcy razy większa od średniej długości fali odbieranego promieniowania. Aby więc np. obserwować na fali 1 metra z taką rozdzielczością, jaką ma nieuzbrojone oko, należałoby zbudować radioteleskop o średnicy ok. 10 000 metrów, co jest oczywiście niewykonalne. Problem ten można jednak „obejść” z pomocą interferometrii — odległość między dwoma teleskopami równocześnie obserwującymi dany obiekt stanowi „średnicę” wirtualnego teleskopu. Równoczesne stosowanie wielu anten połączonych w wieloelementowy interferometr umożliwia syntezę dużego radioteleskopu o średnicy dyfrakcyjnej równej największej odległości między antenami interferometru. Interferometria wielkobazowa VLBI obejmuje dzisiaj sieć największych radioteleskopów na całym świecie i umożliwia syntezę radioteleskopu „globalnego”, czyli posiadającego średnicę równoważną średnicy Ziemi, a przy wykorzystaniu sztucznych satelitów, nawet kilkakrotnie większą.

Udział w programach kosmicznych (np. *Kopernik 500* w roku 1973), światowej służbie badań Słońca oraz w tworzeniu i wykorzystywaniu światowego radioteleskopu VLBI, sprawiły, że Katedra Radioastronomii UMK zajmowała, prawie od początku swego istnienia, wyjątkową pozycję jako ośrodek badawczy. Po uruchomieniu 32m radioteleskopu toruński ośrodek radioastronomii stał się nowoczesnym, europejskim centrum naukowym atrakcyjnym zarówno dla studentów jak i pracowników naukowych z innych uczelni krajowych i z zagranicy.

Stosowanie i rozwijanie nowoczesnych metod interferometrycznych, badania gwiazd

neutronowych, rozwijanie metod detekcji słabych sygnałów radiowych, spektroskopia mikrofalowa oraz techniki analizy i przetwarzania obrazów, obok swych unikatowych walorów badawczych są też wartościową propozycją dydaktyczną oferowaną na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK.

Badania naukowe toruńskich radioastronomów obejmują szeroki zakres tematyki od astrofizycznej przez astronomię praktyczną do badań stosowanych, a koncentrują się one w następujących dziedzinach:

Interferometria wielkobazowa (VLBI).

Jednym z najważniejszych prowadzonych obecnie programów badawczych jest, rozpoczęta w roku 1982, współpraca w ramach międzynarodowej sieci VLBI (Very Large Baseline Interferometry). VLBI jest zaawansowaną techniką badań radioastronomicznych stosowaną w świecie od połowy lat 60-tych. Umożliwia ona syntezę wirtualnego radioteleskopu o rozmiarach kontynentu lub nawet globu ziemskiego a przez to pozwala uzyskać rozdzielczości kątowe (tysięcznej części sekundy łuku) nieosiągalne w żadnej innej gałęzi badań astronomicznych. Radioteleskop VLBI, którego integralną część składową była do roku 1994 antena 15 m w Piwnicach, a od roku 1996 jest 32m radioteleskop RT4, wykorzystywany jest w ramach wspólnych programów badań zwartych źródeł promieniowania radiowego w naszej Galaktyce oraz badań aktywnych jąder innych galaktyk i kwazarów. Włączenie 32m anteny wyposażonej w nowoczesne systemy aparatury odbiorczej i kontrolno-pomiarowej do programu VLBI umożliwiło integrację ośrodka toruńskiego z nauką europejską. Obserwacje z udziałem 32m. anteny odbywają się obecnie co kwartał i trwają miesiąc. W ich ramach, obok „europejskich” realizowane są także toruńskie projekty badawcze. Od kwietnia 1998 Centrum Astronomii UMK jest pełnoprawnym członkiem EVN (Europejskiego Konsorcjum VLBI). W latach 1998-2003 prowadzono współpracę z japońskim satelitą VSOP wyposażonym w antenę 8m. Program ten, zwany kosmicznym VLBI był zaawansowanym zadaniem o zasięgu ogólnosiwiatowym. Funkcjonowanie RT4 w EVN i VSOP jest postrzegane za granicą jako wizytówka możliwości polskiej nauki.

W ostatnich latach systemy radioteleskopu zostały poważnie zmodyfikowane. Zainstalowano najnowszej generacji urządzenia terminala VLBI (Mark Va) do zapisu danych oraz do bezpośrednich połączeń anten sieci drogą światłowodową. CAUMK jest jednym z czterech instytutów europejskich, które uczestniczą w eksperymentalnych obserwacjach VLBI w tzw. czasie rzeczywistym. Wykorzystuje się do tego celu dedykowane linie szerokopasmowego internetu o przepustowości 2 x 1 Gb/s. Toruński radioteleskop wraz ze swoim wyposażeniem jest jednym z kluczowych ogniw europejskiej sieci VLBI. Głównymi wykonawcami tych badań są: A. Kus, K. Borkowski, J. Usowicz, E. Pazderski, G. Hrynek i A. Kępa.

Badania Aktywnych Jąder Galaktyk (AGN-ów)

W tej dziedzinie, z jednej strony chodzi badanie (1.) zmienności radiowej aktywnych jąder galaktyk (w skrócie AGN), a z drugiej strony, (2.) o badanie „radiowo głośnych” AGN-ów.

Ad. 1. Dla realizacji pierwszego z tych zadań A. Kus, K. Katarzyński i M. Gawroński wykorzystywali głównie 32m radioteleskop. Efektem tych prac jest rozwinięcie nowych metod analizy szybkiej zmienności w oparciu o pomiary wykonane toruńską maszyną pulsarową. Stworzono matematyczny model pozwalający opisać emisję AGN-ów w całym zakresie promieniowania elektromagnetycznego, od wysokoenergetycznego gamma do niskoenergetycznego radiowego. Na podstawie kształtu widma obserwowanego w zakresie wysokich energii (od X do gamma) przedstawiono zakres dopuszczalnych parametrów fizycznych obszaru centralnego źródła. Wykonano obliczenia pozwalające dopasować standardowe widmo galaktyki eliptycznej do obserwowanej emisji w przedziale promieniowania widzialnego (od podczerwieni do nadfioletu). Od wielu lat prowadzone są badania zmienności struktur wybranych radioźródeł metodami VLBI, które dostarczyły cennych informacji o ich budowie i ewolucji. Kwazary 3C309.1 i 3C380 są tu dobrymi przykładami tych badań.

Zbadano też własności emisji radiowej galaktycznego obiektu GRS 1915+105, nazywanego minikwazarem. Obiekt ten jest znanym źródłem promieniowania X i charakteryzuje się obecnością krótkotrwałych, o czasie trwania minut, wybuchów. Podobne zjawiska mają miejsce w zakresie mikrofal i stanowiły przedmiot toruńskich studiów. Wykorzystując teleskopy sieci europejskiej (EVN) dokonano kilku obserwacji przed i po wybuchu i stwierdzono, że dżet radiowy jest obecny cały czas (co oznacza ciągły wypływ materii), oraz że akceleracja cząstek w dżecie do wysokich wartości gamma następuje w odległości ok. 50-100 jednostek astronomicznych od centrum obiektu.

Pomyślnie ukończona została praca dotycząca obserwacji AGN-ów w głębokim polu Hubblea HDF. Polegała ona na przeprowadzeniu obserwacji EVN kilku wybranych bardzo odległych galaktyk. Wyniki dotyczą obiektów niezmiernie słabych (sub mJy) we wczesnych fazach ich ewolucji. Interesujące jest to, że źródła centralne tych galaktyk, którymi są najprawdopodobniej masywne czarne dziury otoczone dyskiem akrecyjnym posiadają wyjątkowo małe (jak na pomiary w zakresie radiowym) rozmiary: ~30pc.

W roku 2004 instrumentarium RT4 uzupełnione zostało o polarymetr zbudowany w MPIfR w Bonn. Głównym jego zadaniem jest zbadanie polaryzacji emisji naszej Galaktyki, ale wykorzystywany jest także do badań zmienności AGN-ów.

Ad. 2. Ewolucję radiowo-głośnych AGN-ów próbuje się zrozumieć od dawna, ale dotychczas robiono to w oparciu o dane dotyczące najsilniejszych radioźródeł. Czułość współczesnych radioteleskopów pozwala zająć się obiektami znacznie słabszymi. I właśnie w Toruniu, wspólnie z kolegami z zagranicy, badana jest nowa próbka pozagalaktycznych obiektów radiowych. Na podstawie analizy map tych obiektów uzyskanych dzięki teleskopom sieci MERLIN, VLBA i EVN można stwierdzić, że mogą one być się kandydatami na pewne "brakujące ogniwa" ewolucji lub mogą reprezentować obiekty podążające nową, nie poznaną dotąd, ścieżką ewolucji. Badania ewolucji tych obiektów prowadzone są też w oparciu o analizę danych VLBI.

Z badanej już od wielu lat grupy zwartych obiektów typu CSS zostało wyodrębnionych kilka obiektów o rozmiarach kątowych poniżej 40 milisekund kątowych, a mimo to mających strome widma. Obiekty te obserwowano siecią VLBA na kilku częstotliwościach. W ich rezultacie okazało się, iż jeden z nich, 0809+404, jest obiektem z jednej strony bardzo młodym, a z drugiej pozbawionym cech czynnego AGN-u. Wynika z tego, że centralne źródło

energii produkujące strugi zasilające płaty radiowe może "wygasnąć" na każdym etapie ewolucji obiektu.

Panuje zgoda co do tego, że aktywność radiowo czynnych AGN-ów jest zjawiskiem powtarzalnym i, mimo że najwięcej kwazarów obserwuje się w epoce związanej z przesunięciem ku czerwieni $z = 2$, może zostać wzbudzona nawet w obiektach pobliskich, a więc na znacznie późniejszym etapie historii Wszechświata. Taka powtórna aktywność radiowa objawia się w postaci struktur podwójno-podwójnych lub typu "X". Utało się przekonanie, że obiekty o takich strukturach mają z reguły wielkie rozmiary (rzędu 1 Mpc). Okazuje się jednak, że obiekty o znacznie mniejszych rozmiarach, a mające cechy zdradzające powtórzoną aktywność, też mogą istnieć – jeden z badanych przez A. Mareckiego obiektów ma rozmiary zewnętrzne wynoszące tylko 10 kpc. Rzuca to nowe światło na drogi ewolucyjne AGN-ów.

Szczegółowo badane obiekty CSS są oddzielną klasą radioźródeł o subgalaktycznych rozmiarach (10 -15 kpc) i o budowie morfologicznej podobnej do tej, która charakteryzują się obiekty wielkoskalowe. Aby wyjaśnić powyższe cechy fizyczne tej grupy obiektów zaproponowano dwie równorzędne hipotezy. Według pierwszej z nich, źródła CSS stanowią pośrednie stadium ewolucji radioźródeł pomiędzy młodszymi obiektami GPS a wielkoskalowymi FRI I FRII, natomiast według drugiej hipotezy CSS-y są obiektami starymi, które swoje małe rozmiary zawdzięczają gęstemu i turbulentnemu ośrodkowi.

Panuje też pogląd, według którego źródła CSS, które cechuje słabsza emisja radiowa, staną się w przyszłości wielkoskalowymi obiektami typu FRI. Podjęte przez grupę toruńskich radioastronomów obserwacje zupełnie nowej próbki słabych radiowo radioźródeł CSS oraz analiza ich cech morfologicznych i fizycznych, mogą przyczynić się do potwierdzenia lub zaprzeczenia wcześniej wspomnianej teorii ewolucji radioźródeł. Ogólny wniosek, jaki wysnuć można na podstawie ostatnio uzyskanych faktów obserwacyjnych, wydaje się być następujący: biorąc pod uwagę dobrze ugruntowaną w literaturze teorię powtarzalnej aktywności AGN-ów – w tym wypadku radiowo głośnych – badane tu obiekty mogą zdradzać właśnie ślady krótkotrwałej aktywności. "Umieranie" radiowo głośnych AGN-ów może nastąpić w dowolnym czasie, a więc także we wczesnym etapie ich ewolucji.

Na podstawie obserwacji obiektów CSS/GPS instrumentem ISOPHOT na pokładzie satelity ISO (Fanti, Marecki i inni) stwierdzono także, że obiekty te nie wykazują nadwyżki promieniowania w dziedzinie dalekiej podczerwieni w porównaniu z obiektami wielkoskalowymi o podobnych przesunięciach ku czerwieni, co stanowi jeszcze jedno potwierdzenie hipotezy, iż CSS/GPS nie są "nieprawidłowo" (ang. frustrated) rozwijającymi się obiektami na skutek interakcji z domniemanym gęstym ośrodkiem, lecz obiektami młodymi.

Badania gwiazd neutronowych i pulsarów radiowych.

Projekt obejmuje kontynuację obserwacji wybranych pulsarów radiowych pod kątem badania niestabilności okresów i zmienności amplitudy. Ma on duże znaczenie dla poznania fizyki magnetosfer pulsarów i badania ośrodka międzygwiazdowego, a także dla poszukiwania nowych układów planetarnych. Realizują go A. Wolszczan, W. Lewandowski i doktoranci. Od momentu uruchomienia 32 m anteny program chronometrażu pulsarów

uzyskał wysoki priorytet. Ponad 1/3 czasu obserwacyjnego przeznaczona jest na systematyczne pomiary 80 wyselekcjonowanych obiektów. Do obserwacji wykorzystywana jest maszyna pulsarowa (PSPM2) zbudowaną w ramach grantu KBN na Uniwersytecie Stanowym Pensylwanii. Znaczący postęp w jakości i ilości gromadzonego materiału obserwacyjnego nastąpił od uruchomienia z początkiem roku 1997-go chłodzonych odbiorników o niskim poziomie szumów. Kontynuacja programu staje się coraz trudniejsza z uwagi na silnie rosnący poziom zakłóceń radiowych. Powoduje to konieczność ciągłych modernizacji aparatury oraz wprowadzania metod kompensujących niekorzystny wpływ silnych sygnałów zakłócających na pomiary wykonywane radioteleskopem. Tworzona i systematycznie powiększana baza danych wykorzystana jest do realizacji szeregu tematów badawczych z udziałem astronomów z innych ośrodków krajowych. W ramach projektu udało się odkryć nieznane dotąd uskoki okresów rotacji dla kilku pulsarów oraz stwierdzić obecność zmienności chronometrażowej, której natura nie jest jeszcze wystarczająco poznana.

Opracowane i opublikowane zostały wyniki wspólnych, 8-mio letnich obserwacji chronometrażowych pulsarów milisekundowych teleskopami w Arecibo i Effelsbergu. Wyniki zawierają m.in. nowe ograniczenia na czwartą planetę wokół pulsara PSR B1257+12, nowe pomiary ruchów własnych i interesujące ograniczenia na możliwą zmienność stałej grawitacji wynikającą z relatywistycznej analizy orbit pulsarów podwójnych.

Obserwacje pulsara PSR B1257+12 (z planetami) wykonane na innych radioteleskopach pozwoliły lepiej określić parametry czwartej planety - D. Masa planety wynosi 2x masy planety Pluton, okres orbitalny to ok. 3,5 lat, duża półoś $\sim 2,6$ au a excentryczność $e=0.5$. Zakończono badania nad podwójnym pulsarem, wyznaczono efekty relatywistyczne w tym opóźnienie relatywistyczne Shapiro dla PSR J1640+244. Na tej podstawie oszacowano parametry orbit i mas układu. Pulsar krąży w układzie podwójnym w okresie 175 dni, jego towarzyszem jest biały karzeł. Dzięki obserwacjom Arecibo i Effelsberg udało się wyznaczyć wielkość opóźnienia pulsu wynikającego z ugięcia promieniowania w polu grawitacyjnym białego karła.

Odkryty w Arecibo 0,409 sec pulsar J1752+23 aż przez 70-80 procent czasu pozostaje niewidoczny – w fazie tzw „quasi null” - aby pojawiać się na około 400-600 pulsów. Takie wybuchy pulsów o gwałtownym wzroście amplitudy i powolnym spadku są wyjątkowo rzadkim zjawiskiem wśród obserwowanych dotychczas pulsarów. W roku 2004 przeprowadzono długie serie obserwacji tego obiektu przy pomocy 32m teleskopu. Prace nad interpretacją wybuchów trwają nadal. Zmienność emisji pulsara spowodowana może być przez gęsty turbulentny ośrodek plazmowy otaczający pulsara.

Radiowe obserwacje emisji maserowej (OH, H₂O, CH₃OH)

Od lipca 1996, kiedy uruchomione zostały na teleskopie 32 m. systemy odbiorcze na pasmo L (1.6 GHz) rozpoczęto testowe pomiary widm masera OH w obłokach materii międzygwiazdowej i w otoczkach gwiazd późnego typu oraz nadolbrzymów. Pierwsze obserwacje linii metanolu (6,7 GHz) pokazały nowy potencjał badawczy w tej dziedzinie. Uruchomiono więc długofalowe programy poszukiwania emisji od gwiazd późnych typów oraz program monitorowania zmienności strumienia i częstości emisji wybranych silnych

źródeł OH. Przeprowadzono też kilka własnych obserwacji EVN dla specjalnie do tego celu wyselekcjonowanych nowoodkrytych źródeł (M. Szymczak, A. Nieżurawska-Bartkiewicz, G. Hrynek).

Zadania badawcze obejmują studia struktury otoczek maserowych wokół wyewoluowanych gwiazd późnego typu (post AGB) oraz wyznaczenie struktury pola magnetycznego w tych otoczkach. Dane pozyskano z obserwacji radioteleskopami MERLIN (JBO) w Wielkiej Brytanii oraz VLBI. Zadanie jest złożone, gdyż obejmuje analizę nie tylko natężenia promieniowania w liniach, ale także pomiar polaryzacji promieniowania.

Innym bardzo dla toruńskich radioastronomów ważnym obszarem badań w tej tematyce to studia maserów metanolowych zlokalizowanych w obszarach formacji masywnych gwiazd i układów planetarnych. Zadania obejmują przegląd płaszczyzny Galaktyki oraz badanie zmienności amplitudy linii (obserwacje pojedynczym radioteleskopem) a także zbadanie zmian struktury przestrzennej źródeł metodami VLBI. Jest to tematyka szczególnie bliska toruńskim radioastronomom, gdyż dzięki pomiarom wykonanym w CA UMK znacząco powiększyła się liczba znanych maserów metanolowych w lokalnym obszarze Galaktyki. Wykonany przegląd Galaktyki jest najlepszym przeglądem źródeł masera metanolowego dla nieba północnego. Toruńskie dane są materiałem odniesienia dla wielu badań pojedynczych, odkrytych 32-m radioteleskopem, kompleksów gwiazdotwórczych.

Oto niektóre szczegółowe wyniki badań:

Radioteleskopem w Nancay (Francja) wykonano (M.Szymczak) obserwacje 4 przejść OH w paśmie 18cm dla grupy 100 obszarów powstawania gwiazd. Określono statystykę występowania linii OH, wykrywając 31 nowych obiektów. Z analizy uzyskanych danych potwierdzono hipotezę, że masery metanolu pojawiają się we wcześniejszych fazach ewolucyjnych gwiazd niż masery OH.

Wykonane obserwacje VLBI wybranych obiektów pozwoliły wykryć struktury liniowe – najprawdopodobniej dyski akrecyjne oraz pierścienie emisji metanolu otaczające intensywne źródło promieniowania podczerwonego. Te ostatnie prace zostały szeroko odnotowane w środowisku europejskich radioastronomów.

Wykonano polarymetryczne pomiary linii 1612/1667MHz dla grupy obiektów w fazie przed mgławicowej (PPN). Oszacowano natężenie i częstotliwość występowania promieniowania spolaryzowanego kołowo i liniowo, wyznaczając wszystkie parametry Stokes'a i ich pochodne. Uzyskane dane implikują obecność uporządkowanych pól magnetycznych w obszarach powstawania maserów OH. Porównanie obserwacji radiowych i optycznych sugeruje, że w obiektach o asymetrycznych otoczkach optycznych dominują składowe pola prostopadle do osi dużej mgławicy. To potwierdza hipotezę, że bipolarne płaty mgławicy są kształtowane przez pole magnetyczne.

Badania struktury wielkoskalowej Wszechświata

Wydaje się, że statystyczne parametry struktury wielkoskalowej Wszechświata lub cechy widma mocy zaburzeń gęstości w skali kilku setek megaparseków mogą być użyte, bez dodatkowych założeń standardowej miary („standard ruler”) do wyznaczania lokalnych parametrów kosmologicznych. W badaniach tych wykorzystuje się już dostępne oraz rozwija się nowe metody matematyczne - pozwalające badać rozkłady przestrzenne kwazarów i galaktyk oraz topologii przestrzeni. Kształt Wszechświata jest nieznan, wiemy, że do horyzontu jest on w przybliżeniu płaski podobnie jak sferyczna Ziemia wydaje się być płaska dla odległości setek kilometrów. Luminet et al. (2004) zasugerował, że kształt naszego wszechświata może być opisany przez dwunastościan Poincare ale prezentowana idea opierała się jedynie na pewnych ograniczonych testach statystycznych. Grupa toruńska pod kierunkiem B. Roukemy (A. Marecki, M. Gawroński i B. Lew) testowała tę możliwość w oparciu o najnowsze dane otrzymane z satelity WMAP. Jest to całkowicie nowa dziedzina badań w CA UMK a obejmuje atrakcyjne zagadnienia atakowane przez współczesną kosmologię.

Badanie struktury pola magnetycznego Galaktyki

W ramach wspólnego projektu MPIfR Bonn (R. Wielebiński), OA UJ Kraków (M. Urbanik) i CA UMK (A. Kus, E. Pazderski i S. Soberski) prowadzone są badania pól magnetycznych Galaktyki. Metoda pomiarowa polega na wyznaczeniu kąta pozycyjnego polaryzacji nietermicznego promieniowania radiowego na dwu częstotliwościach (rotacja Faradaya). Toruński 32m radioteleskop wykorzystywany jest do obserwacji w paśmie 5 GHz komplementarnym do obserwacji wykonanych już 100m teleskopem MPIfR w Effelsbergu. Przygotowano i uruchomiono specjalistyczną aparaturę w 2004 r. (polarymetr i system akwizycji danych) i rozpoczęto obserwacje wybranych obszarów Galaktyki

Oddziaływanie pomiędzy galaktycznym polem magnetycznym, a obłokami międzygwiazdowymi prowadzi do powstawania bardzo różnych interesujących struktur promieniujących na falach radiowych. Powstają takie struktury jak: jądra, włókna, pętle i inne, które rozciągają się aż do wysokich szerokości galaktycznych. Struktury te są jednak bardzo słabe (słabsze niż wielkoskalowe rozmyte struktury galaktyczne) i trudno je wyodrębnić wśród innych silniejszych emisji. Okazuje się, że badania tych struktur mogą w znacznym stopniu przyczynić się do lepszego zrozumienia oddziaływań pomiędzy dyskiem a halo galaktycznym. Pozwolą znaleźć lepszą interpretację dla kolumn, fontann, pętli Parkera oraz „super-bąbli” produkowanych przez asocjacje gwiazd OB w „celu” transportu materii z dysku do halo galaktycznego Tego typu formacje kompresują i zaburzają pole magnetyczne w Galaktyce. Jeżeli takie struktury dają istotny wkład do nietermicznego, rozmytego tła Galaktyki to powinny one być dostatecznie liczne i rozległe.

Rejon Galaktyki powyżej $b = +4^\circ$ oraz poniżej $b = -4^\circ$, w którym powyższe struktury odgrywają istotną rolę, nigdy wcześniej nie był badany w systematyczny sposób. Wielkoskalowe przeglądy wykonane wcześniej miały niewystarczającą rozdzielczość albo traciły informacje o rozmytych strukturach. Planowane badania pozwolą więc rzucić nowe światło na strukturę Galaktyki, aczkolwiek obserwacje na innych częstościach będą konieczne w celu potwierdzenia interpretacji odkrytych struktur jako pozostałości po supernowych.

Badania radiowej emisji Słońca

Od roku 1957 do dziś prowadzi się codzienną służbę monitorowania radiowego promieniowania Słońca na falach metrowych ($f = 127$ MHz). Dane, publikowane są co miesiąc w trzech wydawnictwach zagranicznych o zasięgu światowym, stanowią jeden z najdłuższych (na falach metrowych najdłuższy) jednorodnych ciągów pomiarowych. Poszukiwane i analizowane są okresowości w aktywności Słońca. Badania na falach metrowych dostarczają informacji o zachowaniu się górnych warstw korony słonecznej. W ramach tego programu radioastronomowie toruńscy prowadzili przez wiele lat (od połowy lat 60-tych do końca lat 70-tych) badania rozpraszania w koronie słonecznej wykorzystując fakt przesłaniania przez koronę mgławicy Krab.. W chwili obecnej obserwacje te, choć systematycznie nadal wykonywane (G. Gawrońska) nie mają jednak istotnego znaczenia dla rozwoju naukowego Katedry.

Znaczący postęp w dziedzinie badań Słońca przyniósł nowy projekt badawczy – obserwacje i analiza tzw. szpilek radiowych – krótkoczasowych zjawisk aktywności słonecznej. Wykorzystując 15m antenę i szybki spektrograf, jakim jest maszyna pulsarowa, zbadano własności szpilek. Otrzymane w dwuletniej kampanii obserwacyjnej wyniki (B. Dąbrowski) charakteryzujące się bardzo dużą rozdzielczością czasową (80 mikrosekund), rozdzielczością widmową 3 MHz i dużą czułością, należą do najlepszych dotychczas uzyskanych na świecie. Obserwacje szpilek prowadzono na częstotliwości 1420 MHz od lutego 2000 do grudnia 2001 roku. Uzyskane równoległe dane w zakresie rentgenowskim, ultrafioletowym oraz w linii H α umożliwiły zidentyfikowanie najbardziej prawdopodobnych zjawisk słonecznej aktywności związanych z radiowymi szpilkami. Analiza materiału obserwacyjnego pokazała, że szpilki mogą powstawać przy różnych konfiguracjach oddziałujących pól magnetycznych i w różnych fazach słonecznego rozbłysku. Badania te pozwalają lepiej rozumieć zjawiska gwałtownej dyssypacji energii w obszarach centrów aktywnych.

Do znaczących osiągnięć w radiowych badaniach Słońca zaliczyć także trzeba zaprojektowanie i wykonanie części podzespołów do aparatury radiospektrografu umieszczonego w 1974 r. na satelicie Kopernik 500

Budowa aparatury obserwacyjnej i pomiarowej – projekt OCRA.

Budowa nowoczesnej specjalistycznej aparatury odbiorczej i kontrolno-pomiarowej dla potrzeb radioastronomii. Od początku istnienia grupy radioastronomicznej w Toruniu jednym z naczelných i koniecznych zadań, wynikających ze specyfiki tej dziedziny, było projektowanie oraz budowa aparatury niezbędnej dla prowadzenia badań. Prace obejmowały projektowanie, budowę i testy: anten, wzmacniaczy wejściowych o ultra niskim poziomie szumów własnych, radiometrów, urządzeń służących do analizy rejestrowanego sygnału (np. spektrograf, układy do obserwacji promieniowania impulsowego, terminala do rejestracji sygnałów w modzie VLBI), układów kontroli, atomowej służby czasu, automatyki i sterowania. Lata pracy i doświadczeń stworzyły unikalny w kraju zespół specjalistów potrafiący skutecznie wykorzystywać najnowsze zdobycze techniki.

Projekt OCRA (*One Centimeter Receiver Array*) to najnowszy planowany system odbiorczy, który zakłada zbudowanie we współpracy z kolegami z Manchesteru i zainstalowanie w ognisku 32 m. teleskopu 100 niskoszumowych odbiorników na falę 1 cm. To coś na kształt matrycy CCD w nowoczesnych cyfrowych aparatach fotograficznych. Po

zainstalowaniu, system ten sprawi, że toruński radioteleskop będzie równoważny stu 32-metrowym radioteleskopom! Przegląd całego nieba „zwykłym radioteleskopem zająć może 100-200 lat, matrycą OCRA – 100 razy krócej. Ten wieloletni projekt zasadniczo realizowany jest ze środków KBN (zespołowy grant badawczy: A. Kus, E. Pazderski, R. Feiler, S. Soberski, M. Gawroński) oraz częściowo z grantu europejskiego (P. Wilkinson i I. Browne z Jodrell Bank Observatory w Wielkiej Brytanii).

W planie zadań naukowych przewidziane jest m.in. wykonanie głębokiego przeglądu małego obszaru nieba, poszukiwanie nowych, dotychczas nieznanymi obiektów, poszukiwanie efektów absorpcji promieniowania 2,7K w gromadach galaktyk oraz badanie zmienności AGN-ów. Projekt nakłada wysokie wymagania na jakość i niezawodność radioteleskopu. Prace instrumentalne przeprowadzane w latach 2002-2005 miały więc wysoki priorytet. Poprawiono własności radioteleskopu przez regulację paneli lustra anteny oraz wyznaczono nowe tabele poprawek pozycjonowania anteny. Uzyskano wysoką czułość i dużą niezawodność oraz wysoką jakość pomiarów. Przebadano ponad 350 obiektów z listy aktywnych galaktyk i kwazarów, wykonano mini przeglądy wyselekcjonowanych obszarów nieba pod kątem detekcji najsłabszych i najmłodszych obiektów Wszechświata - nowej klasy super aktywnych, bardzo zwartych młodych obiektów. Badania te pozwolą uzyskać większą dokładność przy ocenach niejednorodności reliktyowego promieniowania tła oraz pozwolą zmierzyć stałą kosmologiczną z dużą dokładnością poprzez studiowanie efektu Sunyaeva-Zeldowicza (absorpcji tła 3 K przez gorącą materię międzygalaktyczną w gromadach galaktyk). Projekt ma być realizowany do roku 2009. Dla toruńskiego teleskopu jest to największa z dotychczasowych szansa na prowadzenie unikalnych badań na poziomie światowym pojedynczą 32m anteną w następnych 5 latach. Prototypowy odbiornik OCRA-p zainstalowano na RT4 w grudniu 2002 natomiast testowe obserwacje rozpoczęto w styczniu 2003 r. W roku 2004 przeprowadzono wiele testów obserwacyjnych, jednakże prace koncentrowały się na przygotowaniu anteny (pomiarów holograficznych powierzchni anteny i regulacja paneli), układów akwizycji danych i oprogramowania do pierwszych serii długich pomiarów astronomicznych.

Wyniki naukowe uzyskane w 2004 i 2005 zadecydują o realizacji kolejnego etapu projektu z użyciem 16 odbiorników i pozyskaniu zagranicznych środków finansowych na realizację dużego projektu matrycy 100 odbiorników dla RT4. Koszt matrycy OCRA jest porównywalny z kosztem budowy całego 32-m. teleskopu.

Funkcjonowanie radioteleskopu.

32m radioteleskop jest otwarty dla polskich astronomów w ramach Krajowego Ośrodka Radioastronomii. Wprowadzenie od roku 1998 całodobowych obserwacji prowadzonych przez zespół profesjonalnych operatorów znakomicie poprawiło jakość danych oraz zwiększyło efektywność wykorzystania urządzeń. Realny czas obserwacyjny na 32m radioteleskopie wynosi w ostatnich latach około 90%. Wynik ten jest dobrą miarą jakości radioteleskopu i aktywności obserwatorów.

Współpraca krajowa i międzynarodowa

Toruńscy astronomowie w Kraju współpracują głównie z Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego (w dziedzinie instrumentalnej i realizacji wspólnego projektu badawczego dotyczącego pomiarów polaryzacji promieniowania radiowego i badania struktury pola magnetycznego Galaktyki – M. Urbanik) oraz z Instytutem Astronomicznym we Wrocławiu w dziedzinie badań heliofizycznych. Poszczególni astronomowie rozwijają też owocną współpracę indywidualną z różnymi partnerami. Np. K. Borkowski współpracuje z K. Królakiem z Warszawy w dziedzinie metodyki poszukiwania okresowych sygnałów w danych z detektora Explorer w Genewie, co ma znaczenie w analizie sygnałów z detektorów fal grawitacyjnych LIGO, VIRGO i GEO600.

Katedra Radioastronomii była i jest realizatorem kilku projektów Unii Europejskiej w ramach IV, V i VI Programu Ramowego . Np.:

-„Infrastructure Cooperation Network in Radio Astronomy” – HPRI-CT-1999-40003, projekt trzyletni, realizowany od roku 2000. Dotyczy on współpracy w badaniach prowadzonych instrumentami składowymi sieci EVN.

-„FARADAY” – Focal-plane Arrays for radio Astronomy: design, Access and Yield – HPRI-CT-2001-50031, projekt trzyletni, rozpoczęty w roku 2001. Udział ośrodka toruńskiego polega na przygotowaniu kompleksowego oprogramowania kontrolno-diagnostycznego i użytkowego dla realizacji astronomicznych celów wykorzystywania wielowiązkowych (radiowe kamery CCD) systemów odbiorczych.

-„RADIONET” – Duży projekt obejmujący współpracę w VLBI (EVN) oraz rozwój nowoczesnych technologii i metod obserwacyjnych radioastronomii. CA UMK uczestniczy w VLBI i subprojekcie „PHAROS” polegającym na opracowaniu i budowie prototypowego systemu wieloantenowego do użycia na antenach parabolicznych (phased array focal plane systems).

Badania te wspierane są również środkami pozyskanymi w ramach grantów KBN.

Badania w dziedzinie mechaniki nieba

Tematyka badawcza profesora Władysława Dziewulskiego w dziedzinie mechaniki nieba obejmowała badanie ruchu asteroid i komet głównie poprzez wyznaczanie perturbacji wiekowych w ich ruchu. Później tematyka tych badań została rozszerzona w wielu kierunkach, m.in. podjęto prace związane z wyjaśnieniem problemu pochodzenia asteroid (S. Gąska, L. Zaleski).

Metody badawcze mechaniki nieba mają charakter matematyczny. Dlatego też, poza badaniami ruchu konkretnych ciał, istotne jest poznanie analitycznych własności równań opisujących ten ruch oraz globalnych i jakościowych własności ich rozwiązań. Takie zagadnienia były podejmowane przez mechaników nieba w Toruniu już w latach 1960. (S. Kasperczuk). Wraz z pojawieniem się komputerów uległa zmianie skala trudności pojawiających się przy rozwiązywaniu problemów ruchu ciał w Układzie Słonecznym. W

„epoce przedkomputerowej” śledzenie orbity danego obiektu (np. komety) było poważnym przedsięwzięciem, wymagającym wielomiesięcznego nakładu pracy. Zastosowanie komputerów spowodowało jakościową rewolucję, obliczenia stały się łatwiejsze, dokładniejsze i dużo szybsze. Aktualnie jest możliwe precyzyjne śledzenie orbit w bardzo długich okresach czasu, sięgających miliardów lat.

Zmiany warsztatu badawczego w latach 80. przyniosły ewolucję zainteresowań pracowników ówczesnego Zakładu Mechaniki Nieba w Instytucie Astronomii. Pojawiła się tematyka dotycząca ruchu sztucznych satelitów Ziemi i zastosowań techniki satelitarnej (A. Drożyner). Precyzyjne techniki pomiarowe wymagają, aby modele ruchu były bardzo dokładne. Trzeba więc uwzględniać w nich wiele z pozoru słabych zaburzeń, jak przykładowo zmiany siły przyciągania wywołane prądami oceanicznymi, ciśnienie promieniowania Słońca. Dużą rangę tych badań wyznaczają ich zastosowania praktyczne.

Wbrew pozorom, pojawienie się w ciągu ostatnich 10-20 lat szybkich i tanich komputerów oraz łatwość przeprowadzenia eksperymentów numerycznych, nie zmniejszyło roli badań analitycznych w mechanice nieba. Metody numeryczne z natury rzeczy pozwalają analizować ograniczoną liczbę rozwiązań. Aby przeprowadzić badania numeryczne w sposób poprawny, efektywny i właściwie interpretować uzyskane wyniki, trzeba odnieść się do solidnych, ścisłych matematycznie podstaw teorii analitycznej. W szczególności dotyczy to zjawiska chaosu deterministycznego, który poznano już w latach 60. Chaos deterministyczny nie jest rezultatem stosowania metod numerycznych, ale wynika z własności równań ruchu. Zjawisko to jest wszechobecne w modelach ruchu orbitalnego i obrotowego planet, księżyców, asteroidów. Wbrew wyobrażeniom, jakie wynosimy z lektury podręczników, tylko nieliczne modele matematyczne w mechanice nieba pozwalają uzyskać pełny, zamknięty i analityczny opis ruchu. Wyłania się on przykładowo z praw Kuplera, opisujących orbity planet. Jest to jednak przypadek rzadki i wyjątkowy. W typowej sytuacji nie można rozwiązać równań opisujących ruch badanego układu obiektów. Mówimy wtedy, że są one niecałkowalne. A tam gdzie mamy do czynienia z niecałkowalnością pojawia się też chaos deterministyczny. Jego obecność nie pozwala na precyzyjne przewidywanie położenia i prędkości ciał niebieskich w długich okresach, ponieważ nawet małe błędy warunków początkowych narastają eksponencjalnie z czasem. Nie można np. zbudować efemerydy dla planet w Układzie Słonecznym na dłużej niż kilkadziesiąt milionów lat. Po tym czasie błąd wyznaczenia pozycji planet na orbitach rośnie do wartości 360 stopni. Chaos implikuje również tzw. dyfuzję chaotyczną, która powoduje, że badany układ może w nieprzewidywalny sposób zmienić swoje zachowanie.

Tematyka badań chaosu deterministycznego i niecałkowalności modeli opisujących ruch obrotowy sztucznych i naturalnych satelitów została podjęta w Instytucie Astronomii UMK w latach 80. i 90. (K. Goździewski, A. Maciejewski, Z. Niedzielska). Zajmowano się także aktywnie problematyką opisu pól grawitacyjnych małych obiektów w Układzie Słonecznym, w szczególności nieregularnych księżyców Jowisza i Saturna. Analityczne teorie orbitalne księżyców Marsa konstruował P. Waż. Od końca lat 90. zaawansowane analityczne badania dotyczące problemu całkowalności prowadzi M. Przybylska we współpracy z A. Maciejewskim. Pomimo świadomości, że większość matematycznych modeli ruchu jest niecałkowalna, wcale nie jest łatwo ściśle udowodnić, że w danym przypadku mamy rzeczywiście do czynienia z niecałkowalnością, a nie jest jedynie pozornym przejawem braku umiejętności rachunkowych. Zagadnienie to jest w ogólności jednym z najtrudniejszych zadań mechaniki nieba.

Ostatnia dekada przyniosła nieoczekiwane odrodzenie i równocześnie nowe wyzwanie mechanice nieba, jakim m. in. stało się odkrycie pozasłonecznych układów planetarnych. Jest to jedno z najbardziej spektakularnych osiągnięć astronomicznych ostatnich lat. Pierwszą planetę wokół gwiazdy typu słonecznego 51 Pegasi odkryli w roku 1995 astrofizycy z zespołu prof. M. Mayora (Genewa). W chwili pisania tych słów (2005 r.) znamy ponad 140 planet w takich układach i około 17 przypadków, gdy gwiazdę obiega więcej niż jedna planeta. Wielkim zaskoczeniem jest fakt, że układy te wcale nie przypominają Układu Słonecznego. Zawierają bowiem wielkie, jowiszowe planety na ciasnych orbitach, bardzo często o dużych mimośrodkach. Poprawna interpretacja obserwacji prędkości radialnych gwiazd (obecnie najbardziej efektywnej metody detekcji planet pozasłonecznych) musi uwzględniać silne oddziaływania grawitacyjne i specyfikę indywidualnych przypadków. Wciąż nie są dobrze wyjaśnione mechanizmy prowadzące do powstania takich systemów. Badania układów pozasłonecznych mają świetlane perspektywy. Spodziewamy się, że doprowadzą one do odkrycia planet typu ziemskiego. Analiza złożonej dynamiki i ewolucji układów planetarnych pociąga za sobą rozwój teorii analitycznej, technik obliczeniowych i metod numerycznych. Problemy te stały się przedmiotem badań prowadzonych aktualnie przez K. Goździewskiego, A. Maciejewskiego (obecnie pracownik Uniwersytetu Zielonogórskiego), P. Węża i grupy studentów. Szczególną uwagę poświęca się analizie obserwacji oraz badaniu dynamiki globalnej układów wieloplanetarnych. Podstawowym narzędziem w tych badaniach jest zbudowany w naszym Centrum wspomniany wyżej, klaster komputerowy HYDRA. Połączenie wielu relatywnie niedrogich komputerów za pomocą szybkiej sieci komputerowej tworzy potężną moc obliczeniową, którą dysponowały do niedawna jedynie ogromne centra komputerowe. I tym razem technologia wyznacza nowe możliwości i perspektywy badań.

Badania układów planetarnych prowadzone są aktywnie przez wielu polskich astronomów, w szczególności wywodzących się z ośrodka toruńskiego. Mamy na tym polu wielką i piękną tradycję w osobie Mikołaja Kopernika. Warto także przypomnieć niedawne odkrycia A. Wolszczana pierwszego pozasłonecznego układu planetarnego, wokół pulsara PSR B1257+12. Odkryć i potwierdzić istnienie planet, tzw. gorących Jowiszów, dokonał nasz niedawny absolwent M. Konacki, na bazie materiału zgromadzonego przez grupę OGLE z Uniwersytetu Warszawskiego. On też, w czasie stażu podoktorskiego w USA odkrył planetę w układzie gwiazdy potrójnej HD 188753. To odkrycie zmusza astronomów do przemyślenia na nowo teorii powstawania planet. W programie wykorzystywania teleskopu SALT przewiduje się dużo czasu obserwacyjnego poświęcić poszukiwaniu planet pozasłonecznych. Nie sposób więc oprzeć się wrażeniu, że jesteśmy na dobrej drodze, aby poszukiwania pozasłonecznych układów planetarnych i badania ich właściwości stały się polską specjalnością.

Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Nauczanie jest immanentnie powiązane z uprawianiem nauki. Już pierwszy, uroczysty wykład na inauguracji pierwszego roku akademickiego w Uniwersytecie Mikołaja

Kopernika wygłosił astronom, profesor Władysław Dziwulski. I też od pierwszego roku istnienia Uniwersytetu astronomowie prowadzili zajęcia dydaktyczne. Z jednej strony były to wykłady i ćwiczenia dla studentów różnych kierunków studiów, a z drugiej kształcenie przyszłych astronomów. Tradycyjnie, tak jak w Wilnie, astronomowie prowadzili wykłady i ćwiczenia z matematyki dla biologów, elementy astronomii dla nauk humanistycznych, astronomiczne podstawy geografii i matematykę dla geografów oraz astronomię dla fizyków i matematyków. Kształcenie przyszłych astronomów odbywało się wspólnie ze studentami matematyki lub fizyki, ale miało charakter studiów indywidualnych. Pierwsi absolwenci otrzymywali dyplom „magistra filozofii w dziedzinie”, ale pod koniec lat 40. wprowadzono obowiązkowy dwustopniowy system studiów – najpierw studia 3-letnie dające dyplom „ukończenia studiów wyższych”, a następnie 2-letnie studia magisterskie w wybranych uczelniach. W astronomii taką wybraną, jedyną, uczelnią był Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego, ale astronomowie toruńscy wybroniли się i swych studentów kształcili na UMK do momentu uzyskania przez nich dyplomu magistra astronomii. Ostatni studenci w tym systemie uzyskali dyplomy magisterskie w roku 1955. Od roku 1951 obowiązywał jednolity, 4-letni, system studiów magisterskich. Astronomię można było wtedy studiować tylko wspólnie z matematyką lub z fizyką, ale uzyskała ona prawo samodzielnego kierunku studiów już w roku akademickim 1953/54 r. Od roku 1958 do 1997 studia astronomiczne były jednolite i trwały 5 lat. Następnie, dostosowując się do tzw. procesu bolońskiego, przyjęto model studiów dwustopniowych – licencjat po 3 latach i magisterium po następnych dwóch latach zachowując też opcję studiów jednolitych 5- letnich.

Materiał nauczany na studiach astronomicznych obejmuje, generalnie mówiąc, 3 bloki:

- Matematykę i fizykę – w zasadzie program taki sam, jak na pierwszych 3 latach studiów na kierunku fizyka,
- Astronomię i astrofizykę z jej współczesnymi odmianami,
- Przedmioty ogólne – w tym języki obce, filozofię/ekonomię, przedmioty pedagogiczne itp.

Razem jest to ok. 4000 godzin zajęć dydaktycznych w ciągu 5 lat, w tym ok. 600 godz. na zrobienie pracy magisterskiej. Przewidziana też jest miesięczna praktyka wakacyjna po III roku studiów, odbywana w „innym” obserwatorium. Studenci na wszystkich poziomach studiowania włączani są, stosownie do ich zainteresowań naukowych, do bieżącej działalności badawczej różnych zespołów naukowych. Aktualny, szczegółowy program studiów można znaleźć na stronie internetowej: www.phys.uni.torun.pl/phys/ECTS/studia.

Pierwszą studentką i absolwentką toruńskiej astronomii była Cecylia Łubieńska-Iwaniszewska, która uzyskała dyplom magistra filozofii w dziedzinie astronomii w roku 1950. Ale pierwszy egzamin magisterski (pracą formalnie opiekowała się prof. Iwanowska) został zdany w Toruniu przez studenta Uniwersytetu Warszawskiego (UW nie miał wówczas odpowiednich uprawnień), Konrada Rudnickiego, emerytowanego profesora astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego, w czerwcu roku 1949. Było to zresztą pierwsze magisterium z astronomii w Polsce po II Wojnie Światowej. Poprzednie magisterium zostało nadane w Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie 9 lat wcześniej, już w warunkach okupacyjnych, pani Anieli Dziwulskiej.

Pierwszy doktorat (zwany ówczasie na rosyjską modłę „kandydat nauk”) absolwenta astronomii UMK został obroniony w lutym 1959 r. (Roman Ampel, magister z

roku 1955). Pierwsza habilitacja odbyła się w Toruniu w roku 1947 – była to habilitacja w dziedzinie mechaniki nieba wileńskiego ucznia profesora Dziewulskiego, dr Stanisława Szeligowskiego, późniejszego profesora astronomii w Uniwersytecie Wrocławskim.

Obok studiów magisterskich, od szeregu lat na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK prowadzone jest Studium Doktoranckie. W ramach tego Studium kształceni są przyszli doktorzy astronomii. Program studiów realizowany jest w trybie „indywidualnym” w dziedzinie astrofizyki, radioastronomii i mechaniki nieba i trwa w zasadzie 4 lata. Doktoranci biorą aktywny udział w działalności naukowej i dydaktycznej Centrum Astronomii, a ich liczba na wszystkich latach wynosi zwykle około 20 osób.

Do roku 2005 dyplomy magistra astronomii uzyskało na UMK przeszło 200 młodych adeptów nauki o ciałach niebieskich. Przeprowadzono 69 przewodów doktorskich (w tym 28 z astrofizyki, 14 z radioastronomii,z mechaniki nieba). Odbyło się 27 przewodów habilitacyjnych: 18 w dziedzinie astrofizyki, 3 w dziedzinie radioastronomii, 5 w dziedzinie mechaniki nieba i 1 w dziedzinie historii astronomii. Dziesięciu wychowanków toruńskiej astronomii uzyskało tytuły profesorskie, a jeden został członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk. Twórcy toruńskiej astronomii, profesor Władysława Dziewulski i profesor Wilhelmina Iwanowska, byli członkami PAN od powołania do życia tej instytucji w powojennej Polsce (1953). Oboje zostali też wyróżnieni przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika nadaniem im tytułu Doktora Honoris Causa UMK.

Obserwatorium Astronomiczne UMK, od samego początku swego istnienia, było szeroko otwarte dla wszystkich, którzy interesowali się astronomią i chcieli się dowiedzieć co znajduje się pod niezwykłymi kopułami budynków rozrzuconych na piwnickich polach i co robią nowi przybysze na tych terenach. Karty Księgi Gości Obserwatorium, zapisywane są pełnymi wzruszeń podziękowaniami już od 1950 r. Zawsze astronomowie tutejsi uważali, że informowanie społeczeństwa o tym co robią, jak to robią i jak wygląda otaczający nas świat jest jednym z podstawowych zadań, niejako misją i posługą jaką powinni spełniać. I przyjmowane są wycieczki młodzieży szkolnej i studenckiej, którym pomaga się zrozumieć skomplikowane ruchy ciał niebieskich i zachodzące na sferze niebios zjawiska, o których uczą się w szkole. Przyjeżdżają wycieczki zakładów pracy z całej Polski, przyjeżdżają dzieci ze szkół podstawowych i przedszkolaki, przyjeżdżają emeryci – do wszystkich trzeba trafić, przekazać wiedzę na ich poziomie rozumienia świata, wszystkim trzeba przybliżyć pracę współczesnego astronoma, czy szerzej pracownika naukowego, badacza, pokazać i wyjaśnić obrazy ciał niebieskich i nasze współczesne rozumienie Wszechświata, w którym żyjemy. Z okazji Roku Kopernikowskiego, w trwającej przeszło 4 lata toruńscy astronomowie głosili prelekcje, pisali artykuły i książki o Wielkim Astronomie i Jego dziele. Występowali nie tylko w Toruniu i Polsce, ale w wielu krajach Europy i Ameryki.

Toruński Festiwal Nauki i Sztuki jest doskonałą okazją do zmasowanego przedstawienia wszystkim zainteresowanym laboratoriów badawczych i wyników badań w różnych dyscyplinach naukowych. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się wtedy wizyty w Obserwatorium Astronomicznym w Piwnicach i pokazy oraz wykłady publiczne głoszone przez astronomów toruńskich. Z okazji niektórych zjawisk astronomicznych organizowane są w Piwnicach tzw. „pikniki pod gwiazdami”. Tak działo się np. w czasie sierpniowych rojów meteorów, ostatnich tranzytów Merkurego i Wenus na tle tarczy Słońca czy wielkiej opozycji Marsa itp. To ostatnie zjawisko zaskoczyło astronomów niezwykłym zainteresowaniem – w noc największego zbliżenia Marsa do Ziemi w 2003 r odwiedziło Piwnice przeszło 2000 osób, znacznie więcej niż w czasie lotu pierwszego sputnika czy lądowania człowieka na

Księżycu. Każdy miał wtedy okazję do osobistego przekonania się jak wygląda ta planeta w ognisku jednego z teleskopów. Tradycją stało się pokazywanie Obserwatorium gościom Władz Uniwersytetu i Miasta Torunia.

Średnio, w ciągu roku, astronomowie toruńscy przyjmują w Piwnicach więcej niż 10 tysięcy osób, w tym wielu znamienitych gości z zagranicy. Do wielu słuchaczy trafiają poprzez wykłady popularnonaukowe organizowane w Toruniu wspólnie z Polskim Towarzystwem Miłośników Astronomii już od początku lat 1950-tych.

Od początku lat 1990. Obserwatorium Astronomiczne UMK było miejscem wydawania ogólnopolskiego kwartalnika astronomicznego POSTĘPY ASTRONOMII. Było to czasopismo Polskiego Towarzystwa Astronomicznego przeznaczone dla zawodowych astronomów. Od 1998 r. POSTĘPY ASTRONOMII połączyły się z URANIA – miesięcznikiem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii wydawanym od 1919 r. Utworzony został w ten sposób dwumiesięcznik URANIA - POSTĘPY ASTRONOMII przeznaczony zarówno dla miłośników astronomii jak i dla zawodowych astronomów i w dalszym ciągu jest tworzony w Toruniu, przez tutejszych astronomów (redaktor naczelny A. Woszczyk). Pokazuje on jak wygląda otaczający nas świat gwiazd i galaktyk i wyjaśnia zachodzące w tym świecie zjawiska, informuje o różnych formach aktywności astronomicznej zarówno w Polsce jak i na świecie.

Czasopismo „URANIA - POSTĘPY ASTRONOMII” jest prawdziwym polskojęzycznym „oknem na Wszechświat”.

Na komputerach Obserwatorium Astronomicznego w Piwnicach utrzymywany jest też serwis edukacyjny Polskiego Towarzystwa Astronomicznego ORION i Słownik Astronomiczny (<http://www.pta.edu.pl>). Tam też, w razie potrzeby, znaleźć można wyjaśnienie używanych w tym opracowaniu, pojęć i terminów astronomicznych.

Informacje internetowe na temat Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika znajdują się pod adresem: <http://www.astri.uni.torun.pl>