

Przemysław Rudź

*Kompleksowa koncepcja budowy szkolnego
obserwatorium astronomicznego i sposobów
jego wykorzystania w edukacji szkolnej
i popularyzacji nauki o Wszechświecie*



Celem niniejszego opracowania* jest usystematyzowanie podstawowych kwestii związanych z planowaniem i budową szkolnego obserwatorium astronomicznego. Funkcjonować może ono nie tylko w ramach szkół wszystkich szczebli i profili, instytucji związanych z edukacją i popularyzacją nauki, ale także pełnić funkcję publicznej dostrzegalni astronomicznej dla mieszkańców miast, miasteczek i wsi, czy w końcu jako prywatne przydomowe obserwatorium astronomiczne. Siłą rzeczy, nie jest możliwe wyczerpanie tematu w ramach jednego syntetyzującego dokumentu. Zagadnienia opisane w kolejnych rozdziałach nie powinny być więc traktowane jako klasyczne szkolenie, czy specjalistyczny kurs. Nie znajdują się tu informacje jak coś zrobić, a raczej sugestie co trzeba zrobić, aby maksymalnie ograniczyć ryzyko niepowodzenia inwestycji. Zarówno zagadnienia prawne i architektoniczne, kwestie optyki instrumentalnej, mechanizacji i automatyzacji kopuł astronomicznych, sposobów konfiguracji oprogramowania sterującego układem kopuły – teleskop (montaż) – kamera CCD, oraz spięcia wszystkiego w pełni funkcjonalny system połączony siecią komputerową i Internetem, daleko wykracza poza przyjęte ramy objętościowe. W tej materii należy odwołać się do osób kompetentnych (prawnik, architekt, informatyk, astronom) lub zaplanować konkretne szkolenia tematyczne pod kierunkiem specjalistów z danej dziedziny, nie zapominając o niezbędnej praktyce. Kolejne godziny spędzone w obserwatorium stanowią będą o rosnącym doświadczeniu jego opiekunów, a co za tym idzie, coraz pełniejszym poznaniu specyfiki prowadzenia obserwacji astronomicznych i wszelkich związanych z nimi kwestii technicznych.

Budowa obserwatorium astronomicznego podlega lokalnym uwarunkowaniom, specyficznym założeniom i wymaganiom pomysłodawców, sponsorów i opiekunów, przez co każdy przypadek należy rozpatrywać indywidualnie. Kolejne rozdziały mają na celu wydatnie wspomóc proces podejmowania decyzji o rozpoczęciu inwestycji, dając osobom zaangażowanym w projekt minimum niezbędnej wiedzy o wyposażeniu obserwatorium, zasadach jego funkcjonowania, a także czynnikach warunkujących powodzenie i długoletnie wypełnianie stawianych przed nim celów. Istotne z pedagogicznego punktu widzenia wydaje się uzupełnienie treści opracowania o gotowy zestaw scenariuszy lekcyjnych w dowiązaniu do aktualnej podstawy programowej. Dzięki nim, o każdej porze roku, przeprowadzić można pełnowymiarowe zajęcia z astronomii, oczywiście z wykorzystaniem potencjału nowopowstałego obserwatorium. Przydatne, choć o wybitnie poglądowym charakterze ze względu na dynamiczne zmiany cen, są też przykładowe kosztorysy obserwatoriów według stopnia zaawansowania wyposażenia oraz zadań, jakie będą realizować. Stanowią one rzetelną podstawę do samodzielnego budżetowania przyszłych inwestycji. W pełni wyposażone i funkcjonalne obserwatorium astronomiczne powinno stać się wizytówką szkoły, jej dumą i nowoczesnym narzędziem dydaktycznym na miarę XXI wieku.

Przemysław Rudź
Polska Agencja Kosmiczna
Departament Edukacji
Gdańsk, 2016
Przemyslaw.Rudz@polsa.gov.pl

*Niniejsza publikacja jest pierwszą tego typu w kraju. Jest opracowaniem niekomercyjnym, nie może być więc przedmiotem handlu lub wymiany w celu osiągnięcia zysku. Ma charakter wyłącznie edukacyjny i tak powinna być traktowana. W miarę postępu nauki i rozwoju technologii, zawarte tu informacje będą sukcesywnie aktualizowane i dostosowywane do aktualnego stanu wiedzy. Jeśli istnieje potrzeba, aby rozszerzyć treść o dodatkowe tematy, prosimy o odpowiednie sugestie. Poglądowy materiał fotograficzny wykorzystany w opracowaniu pochodzi z powszechnie dostępnych zasobów internetowych. Większość z nich jest niestety anonimowa, co uniemożliwiało kontakt celem uzyskania formalnej zgody na użycie. Intencją autora nie było jednak wykorzystanie ich komercyjnie, a wyłącznie jako pomoc w ilustracji opisywanych zagadnień. Jeśli któraś z wykorzystanych fotografii narusza prawa autorskie, uprasza się zainteresowanego o kontakt z autorem celem wyjaśnienia spornej kwestii (usunięcia lub wymiany fotografii na inną).

Spis treści

I.	Wstęp	1
	Dlaczego astronomia?	1
	Długofalowe efekty działalności szkolnego obserwatorium astronomicznego	2
	Osiągnięcia młodych polskich astronomów	2
II.	Podmioty związane z bieżącym funkcjonowaniem obserwatorium	5
	Patron obserwatorium	5
	Dyrekcja szkoły	5
	Opiekun obserwatorium	6
	Szkolne kółko astronomiczne	6
	Honorowanie zaangażowania w funkcjonowanie placówki	7
	Współodpowiedzialność za obserwatorium	7
III.	Możliwości wykorzystania obserwatorium	9
	Przygotowanie teoretyczne do obserwacji	9
	Podstawowe obserwacje nieba	9
	Pomoc dydaktyczna na potrzeby lekcji	10
	Zaawansowane projekty obserwacyjne	11
	Olimpiady i konkursy astronomiczne	11
	Inne inicjatywy pod egidą szkoły i jej obserwatorium	11
	Gdy zawiedzie pogoda	12
	Astronomia i muzyka	12
	Scenariusze lekcji z wykorzystaniem szkolnego obserwatorium astronomicznego	13
IV.	Podstawowe elementy wyposażenia obserwatorium	15
	Kopuła czy rozsuwany dach?	15
	Kopuła astronomiczna	15
	Obserwatorium harwardzkie (roll-of roof)	16
	Obserwatorium muszlowe (clamshell)	17
	Teleskop	17
	Refraktory	18
	Reflektory	18
	Katadioptryki	18
	Montaż	19
	Montaż azymutalny	19
	Montaż równikowy	19
	Kamery CCD	20
	Okulary	22
	Teleskop słoneczny	23
	Akcesoria dodatkowe	23
	Guider	23

Wyciąg okularowy z elektronicznym focuserem	24
Złączka kątowna	24
Reduktor ogniskowej	25
Soczewka Barlowa	25
Wypłaszczacz pola (field flattener)	25
Korektor komy	25
Filtr słoneczny	26
Odraszczacz	26
Pointer laserowy	26
Dodatkowe teleskopy	27
Kamera AllSky	27
Oświetlenie nie degradujące adaptacji wzroku do ciemności	27
Słup teleskopu i podłoga w obserwatorium	28
Inne	28
Stacja bolidowa	29
Komputery i oprogramowanie	29
Obróbka astrofotografii i astronomicznych sekwencji wideo	30
Komputerowe atlasy nieba	30
Systemy i platformy automatyzacji sesji astronomicznych	30
Przegląd firm produkujących sprzęt astronomiczny	30
Teleskopy amatorskie średniej klasy	30
Reflektory i astrografy wysokiej klasy	30
Refraktory apochromatyczne wysokiej klasy	31
Teleskopy słoneczne	31
Montaże astronomiczne	31
Okulary astronomiczne	31
Kamery CCD	31
Kopuły astronomiczne	31
Obserwatoria harwardzkie (roll-off roof)	32
Firmy planujące, montujące i konfigurujące obserwatoria astronomiczne	32
V. Przed rozpoczęciem budowy	33
Zanieczyszczenie światłem	33
Wielkość obserwatorium	34
Kosztorysy i plany architektoniczne	34
Kwestie przetargowe	35
Serwisowanie obserwatorium w czasie jego funkcjonowania	35
VI. Spotykane rozwiązania budowlane	37
Platforma widokowa	37
Obserwatorium wolnostojące na poziomie gruntu	37

Obserwatorium na dachu budynku	38
Obserwatorium z zapleczem dydaktycznym	38
VII. Warianty wyposażenia obserwatorium	39
Obserwatorium do obserwacji wizualnych	39
Obserwatorium profesjonalne do obserwacji wizualnych i astrofotografii	40
Szkolne planetarium mobilne	42
Najważniejsze planetaria stacjonarne w Polsce	42
Wybrane firmy oferujące seanse z wykorzystaniem planetariów mobilnych	42
VIII. System obserwatorium zdalnego	43
Podstawowe pojęcia	43
Karta sterująca obserwatorium	43
Enkoder	43
Czujnik pozycji Home (home sensor)	44
Inwerter (falownik)	44
Wyłącznik krańcowy (limit switch)	44
System ogrzewania motoreduktorów silników	44
System ogrzewania elektroniki	44
Komputery sterujące	44
ASCOM, sterownik kopuły astronomicznej i automatyzacja sesji obserwacyjnej	45
Ogólny schemat zdalnego obserwatorium astronomicznego	45
Sieć komputerowa i połączenie z Internetem	47
Stacja pogodowa	47
Kamery do podglądu obserwatorium z zewnątrz i wewnątrz	47
Awaryjne zasilanie UPS	48
Listwa zasilająca sterowana przez Internet	48
Zdalna konsola	48
Dodatkowe źródło Internetu	49
Sytuacje kryzysowe w czasie pracy obserwatorium zdalnego	49
IX. Podsumowanie	51
Dodatek 1	53
Przykładowy kosztorys wyposażenia obserwatorium astronomicznego	53
Obserwatorium do obserwacji wizualnych	53
3M	53
4M	54
55M	54
Obserwatorium profesjonalne do obserwacji wizualnych i astrofotografii	54
3M	54
4M	55
55M	55

Dodatek 2	57
Polecana literatura popularnonaukowa	57
Periodyki astronomiczne	58
Krajowe	58
Zagraniczne	58
Inne czasopisma publikujące teksty o tematyce astronomicznej	58
Dodatek 3	59
Przykładowe plany architektoniczne obserwatoriów astronomicznych	59
Obserwatorium wieżowe	60
Obserwatorium z zapleczem dydaktycznym	61
Centrum popularyzacji astronomii	62
Dodatek 4	63
Scenariusze lekcji z wykorzystaniem szkolnego obserwatorium astronomicznego (opracowanie: dr Krzysztof Rochowicz, Zakład Dydaktyki Fizyki UMK, Toruń, 2016)	63

I. Wstęp

Astronomia jest nauką łączącą w sobie wiele pierwiastków charakterystycznych dla nauk ścisłych, przyrodniczych i humanistycznych. Ostatnie lata pokazują niezbiecie coraz szybszy postęp badań astronomicznych, rosnące zainteresowanie mediów informowaniem o kolejnych zdobyczach technik astronautycznych i satelitarnych, udanych misjach sond kosmicznych, czy kolejnych odkryciach w odległych zakątkach Wszechświata. Są to kwestie karmiące wyobraźnię nie tylko młodych, ale generalnie wszystkich ciekawych świata ludzi, bez względu na status społeczny, wykonywany zawód i wiek. Astronomia przyczynia się do rozwoju intelektualnego, podnoszenia poziomu świadomości otaczającego nas świata i zaspokajania wrodzonej ludzkiej ciekawości. Ma zasadniczy, choć oczywiście nie bezpośredni, wpływ na wiele dziedzin życia człowieka.

Dlaczego astronomia?

Na poziomie edukacji podstawowej i średniej można zauważyć tendencję, że wielu młodych ludzi stroni od nauk ścisłych czy przyrodniczych, uważając je za trudne lub nudne. W ramach edukacji wyższej wciąż jednak rośnie zapotrzebowanie na absolwentów kierunków matematycznych, technicznych i przyrodniczych. Tradycyjne metody



Fot. 1. Malownicza Droga Mleczna

nauczania i konwencjonalne przyswajanie wiedzy teoretycznej nie sprzyjają wzrostowi zainteresowania ciekawymi, choć często trudnymi zagadnieniami fizycznymi i matematycznymi, a czasem wręcz do nich zniechęcają. Alternatywą jest poznawanie empiryczne, zetknięcie się z trudnymi zagadnieniami na płaszczyźnie bezpośrednich doznań, obserwacji wizualnych, innowacyjności. Takie podejście ma szansę zjednać sobie więcej zwolenników wśród młodego pokolenia, co ma niebagatelne znaczenie w perspektywie zasilania związanych z astronomią, technologiami satelitarnymi i przemysłem kosmicznym kierunków studiów, realizowanych na uniwersytetach

i uczelniach technicznych. Wykształcenie w dynamicznie rozwijającej się dziedzinie gwarantuje doskonały start w dorosłe życie, ciekawą pracę i realizację ambitnych celów i projektów.

Ale astronomia to także nauka niosąca wybitnie humanistyczne treści. Uczy pokory wobec potęgi Wszechświata, skłania do refleksji na temat miejsca człowieka w kosmicznej układance, inspirowa do stawiania pytań fundamentalnych, rozważania kwestii filozoficznych związanych z życiem, jego pochodzeniem, kierunkiem zmian i ostatecznym celem wędrówki rodzaju ludzkiego. Astronomia jest niewyczerpanym źródłem natchnienia dla poetów, muzyków i malarzy. Nie ma chyba człowieka, który spoglądając w rozgwieżdżone niebo nie czułby głębokiej fascynacji jego skrywanymi skarbami. Również ten aspekt stanowi o zasadności edukacji astronomicznej, którą wydatnie wspomóc może amatorskie obserwatorium.



Fot. 2. Spotkanie miłośników astronomii

Trzeba także pamiętać, że astronomia jak żadna nauka pozwala na współpracę amatorów z profesjonalistami. Ci ostatni, realizujący zaawansowane programy badawcze, nie są w stanie monitorować całego nieba, badać zmienność blasku tysięcy gwiazd zmiennych, poszukiwać nowych komet, planetoid i gwiazd supernowych, czy analizować tysiące zdjęć wykonanych przez automatyczne teleskopy czy sondy. W sukurs przychodzą im miłośnicy astronomii, którzy w swojej liczbie i rozsiadaniu po całym globie mogą, chcą i potrafią realizować projekty o istotnej wartości naukowej. Zorganizowanie dobrze wyposażonego instrumentalnie szkolnego kółka astronomicznego, które przyciągać będzie najbardziej dociekliwych uczniów, może zaowocować istotnymi

odkryciami lub innymi osiągnięciami, które rozstawia szkołę w kraju i zagranicą, a najzdolniejszym młodym astronomom utworzą drogę do kariery akademickiej.

Długofalowe efekty działalności szkolnego obserwatorium astronomicznego

Odpowiednio prowadzone i wykorzystywane obserwatorium astronomiczne może spełniać szczególną rolę w ogólnej działalności edukacyjnej i pedagogicznej szkoły. W kwestii długofalowych skutków funkcjonowania placówki na czoło wysuwają się między innymi:

- poprawa jakości nauczania,
- odnajdywanie uzdolnionych uczniów i wspieranie ich rozwoju,
- upowszechnienie wiedzy o astronomii wśród dzieci, młodzieży i dorosłych,
- popularyzacja prowadzenia obserwacji astronomicznych i prac badawczych dzięki wykorzystaniu innowacyjnych technologii,
- wzrost zainteresowania naukami ścisłymi i przyrodniczymi,
- nauka języka angielskiego w zakresie terminologii astronomicznej, technicznej i informatycznej,
- przeciwdziałanie patologiom poprzez organizację alternatywnych form spędzania czasu,
- upowszechnienie wykorzystania technik informacyjnych i komunikacyjnych do zdobywania i poszerzania wiedzy,
- wychowanie laureatów konkursów przedmiotowych i olimpiad,
- wzrost atrakcyjności i konkurencyjności szkoły w kontekście wykorzystania jej potencjału pedagogiczno-edukacyjnego.

Osiągnięcia młodych polskich astronomów

Ostatnie lata dobitnie pokazały, że przy odrobinie samozaparcia i cierpliwości, można dokonać znaczących odkryć astronomicznych, w wielu przypadkach nie będąc jeszcze maturzystą. Polscy miłośnicy astronomii odkrywają planetoidy i komety, poszukują supernowych, śledzą wahania jasności gwiazd zmiennych, opracowują wyniki obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc i planetoidy, czy prowadzą obserwacje jasnych meteorów w ramach sieci bolidowej. Dla przykładu, w 2015 roku Michał Żołnowski, Marcin Gędek, Rafał Reszelewski i Michał Kusiak, odkryli komętę C/2015 F2, której wspólnie nadali imię Polonia. Pierwszy z wymienionych, wraz z Grzegorzem Duszanowiczem, odkryli supernową 2016P w galaktyce NGC5374. Michał Żołnowski i Michał Kusiak są jednocześnie odkrywcami ponad stu planetoid, dla których prowadzi się obecnie obserwacje pozwalające na wyznaczenie dokładnej orbity. Michał Kusiak jest zapalonym poszukiwaczem komet w ramach fotografii udostępnianych przez sondy SOHO i STEREO. Odkrył ich już ponad 150, a kolejne miesiące przynoszą nowe odkrycia. W poszukiwaniu komet z sukcesami wtórują mu też min. Arkadiusz Kubczak, Michał Kida (odkrył też nową gwiazdę zmienną GSC 04369-00653), Szymon Liwo, Eryk Banach i inni.



Fot. 3. Odkrywczy komety C/2015 F2 (Polonia)

W poszukiwaniu planetoid zaangażowane są zorganizowane grupy uczniów szkół podstawowych i średnich. W ramach programu Panoramic Survey Telescope & Rapid Response System (PanStarrs) nowe obiekty odkryli obserwatorzy z Zespołu Szkół Technicznych i Ogólnokształcących im. Stefana Banacha w Jarosławiu. Planetoida 2011 RB1 została odnaleziona przez Józefa Urbańskiego – nauczyciela fizyki i astronomii z Gimnazjum Miejskiego im. Mikołaja Kopernika w Sierpcu, który wraz ze swoimi uczniami uczestniczy w kampaniach organizowanych w ramach International Astronomical Search Collaboration (IASC). W toruńskim Zespole Szkół nr 10 im. prof. Stefana Banacha uczniowie odkryli planetoidy 2011 SJ123 i 2011 FJ49, a Zespół Szkół Miejskich Nr 3 w Jaśle może pochwalić się bystrzymi

podopiecznymi, którzy odszukali kilka planetoid w ramach programu PanStarrs. To tylko kilka przykładów z rozległego morza rodzimych odkryć, obrazujących skalę potencjalnych możliwości. Odkrywanie planetoid niesie ze sobą możliwość nadania im nazwy. Stąd też wielu polskich miłośników astronomii posiada „własne” ciała niebieskie. Wymieńmy tu chociażby planetoidę Pawelmaksym, nazwaną tak na cześć przedwcześnie zmarłego

Pawła Maksyma (+ 2013), astroamatora który opracował nowatorską metodę określania kształtu planetoid z pomiarów zakrycia gwiazd. Inne polskie planetoidy, odkryte niedawno i nazwane przez miłośników astronomii, to chociażby Sierpc, Lechmankiewicz, Michalkusiak, Świdwin, Żołnowski, i wiele innych.

Pracownia Komet i Meteorów jest jednym z najaktywniejszych na świecie ośrodków skupionych na obserwacjach drobnych okruszków materii meteoroidowej, które docierają do ziemskiej atmosfery. Stworzona przez PKiM sieć bolidowa, w której udział biorą głównie miłośnicy astronomii, umożliwia stałe monitorowanie nieba nad naszym krajem, zliczanie kolejnych bolidów, wyznaczanie ich orbit i innych parametrów fizycznych. Efektem takiej działalności są kolejne publikacje naukowe, krajowe i międzynarodowe konferencje tematyczne, czyniące z polskich młodych astronomów szanowane grono pasjonatów. W wymagających dyscypliny, dokładności i cierpliwości obserwacjach gwiazd zmieniających swoją jasność, w rodzimym środowisku miłośników astronomii prym wiodzie Stanisław Świerczyński. W latach 1989-2016 wykonał on ponad 60 tysięcy (!) ocen jasności dla ponad 700 gwiazd zmiennych. Czyni to z niego jednego najbardziej zasłużonych w tej dziedzinie astroamatorów na świecie. Podobny dorobek posiada Jerzy Speil, mający na koncie ponad 55 tysięcy ocen jasności. Obserwacje te uzupełniają światową bazę danych w ramach prestiżowej American Association of Variable Star Observers (AAVSO).

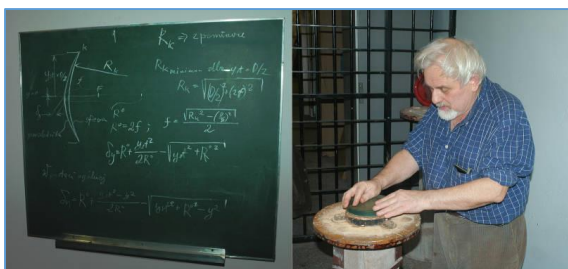
Sekcja Obserwatorów Pozycji i Zakryć Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii skupia się na obserwacjach zakryć gwiazd przez Księżyc, zakryciach brzegowych, zakryciach gwiazd przez planetoidy, tranzytach planet, oraz zaćmieniach Słońca i Księżyca. Są to obserwacje niosące wiele przygód, zwłaszcza gdy bierze się udział w starannie zaplanowanych ekspedycjach do pasów zakryć. Nierzadkie są też nagłe telefoniczne alerty, kilkugodzinna jazda samochodem w nieznane, aby gdzieś w szczerym polu uchwycić moment wyjątkowej kosmicznej koincydencji. Efektem naukowym zaawansowanych obserwacji zakryciowych są min. dokładne profile powierzchni Księżyca, a także oszacowania wielkości i kształtu planetoid. W dziedzinie tej, w czołówce rodzimych obserwatorów wymienić wypada Pawła Maksyma, Romana Fangora (+ 2013), Marka Zawilskiego, Wojciecha Burzyńskiego, Sławomira Kruczkowskiego, Leszka Benedyktowicza, czy Janusza Wilanda, którzy pod swoją kuratelą wychowują młode pokolenie „zakryciowców”.



Fot. 4. Michał Kałużny ze swoim astrografem

Ważną dziedziną miłośniczej astronomii jest fotografowanie nieba w celu uzyskiwania pięknych obrazów Słońca Księżyca, planet, komet, mgławic i galaktyk. Astronomia bowiem, niesie ze sobą niewyczerpane pokłady naturalnej estetyki, czyniąc z przyrody wspaniałego artystę. Dawniej, możliwości amatorów w tej kwestii były mocno ograniczone, gdyż technologia kliszy fotograficznej uzależniała ich od żmudnej pracy w ciemni, przy braku możliwości bieżącego podglądu otrzymanych wyników. Do momentu wywołania kliszy i zrobienia odbitki, fotograf nie był więc pewien, czy sesja fotograficzna się udała. Nowoczesne astronomiczne kamery CCD, choć nie należą do tanich, znajdują rzesze zadowolonych użytkowników, zasypujących Internet zapierającymi dech w piersiach ujęciami kosmicznych skarbów. Sumaryczne czasy naświetlania dla obiektów tzw. głębokiego nieba idą często w dziesiątki, a nawet setki godzin co sprawia, że konkurować mogą z fotografiami wykonywanymi przez profesjonalistów. Wśród współczesnych polskich astrofotografów wystarczy wymienić chociażby Michała Kałużnego, Dominika Wosia, Piotra Sadowskiego, Bogdana Jarzynę, czy Pawła Łańcuckiego. Ich wyjątkowej urody prace dorównują osiągnięciom największych gwiazd światowej astrofotografii. Wykorzystywane są w periodykach, publikacjach popularnonaukowych, biorą udział w konkursach fotograficznych, prezentują je galerie, a szerszej publiczności udostępniane są w ramach instalacji miejskich o tematyce astronomicznej. Wykłady na temat astrofotografii są też żelaznym punktem każdego zlotu astronomicznego, gdzie od lat cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem.

Polscy pasjonaci astronomii znani są również z wyjątkowych zdolności jeśli chodzi o budowanie własnych teleskopów. Nestorzy polskiej astronomii amatorskiej, jak Janusz Wiland, Lucjan Newelski, Roman Fangor, czy Jerzy Poruczek, znani są każdemu miłośnikowi rozgwieżdżonego nieba w Polsce. Wykonali oni osobiście wiele teleskopów, które do dziś służą kolejnym pokoleniom obserwatorów. Własnoręcznie wyszlifowane zwierciadła, osadzone w indywidualnie zaprojektowanym tubusie lub konstrukcji ażurowej, umieszczone na takimże montażu,



Fot. 6. Lucjan Newelski podczas szlifowania zwierciadła teleskopu

są powodem osobistej dumy i nieskrywanej zazdrości innych astroamatorów. Budowa teleskopu to rzecz żmudna, ale wielce pouczająca. Zgłębiane przez lata tajniki optyki instrumentalnej, w tym metody badania uzyskanych podczas szlifowania krzywizn, czynią z konstruktorów wybitnych specjalistów w swojej dziedzinie. Obserwacja skarbów nieba wykonanym przez siebie instrumentem nabiera innego wymiaru, o czym niejednokrotnie dają świadectwo i podkreślają sami zainteresowani.

Nie bez znaczenia, a dla wielu być może i najważniejsza w kosmicznej pasji, jest działalność popularyzatorska, dzięki której najciekawsze zjawiska, wydarzenia i nowinki astronomiczne, w strawnej postaci przenikają do świadomości społecznej. Obserwatorzy skupieni w Polskim Towarzystwie Miłośników Astronomii lub w mniejszych organizacjach lokalnych, organizują pokazy nieba dla mieszkańców miast i miasteczek, wykłady popularnonaukowe dla szkół, biorą udział w piknikach naukowych, festynach i zlotach astronomicznych na terenie kraju i zagranicą. Aktywni są na forach astronomicznych, komentują bieżące wydarzenia ze świata nauki w lokalnych mediach i na portalach społecznościowych, prowadzą własne strony internetowe i blogi. Są nie tylko czynnymi obserwatorami, ale także zdolnymi organizatorami i zaangażowanymi społecznikami. Wiele astroamatorów posiada własne obserwatoria astronomiczne, a efekty ich pasji inspirują i zachęcają innych do podobnej aktywności. To pozytywnie rozumiane „kosmiczne szaleństwo” udziela się otoczeniu, dla którego młody astronom staje się z czasem pierwszą instancją, u której rozwiązać można wątpliwości dotyczące zaobserwowanych, czy osobiście zaobserwowanych na nieboskłonie zjawisk.



Fot. 7. Pokaz nieba w obserwatorium w Niedźwiadach

II. Podmioty związane z bieżącym funkcjonowaniem obserwatorium

Pomysł budowy szkolnego obserwatorium astronomicznego nie może zawęzić się tylko do realizacji części budowlanej przedsięwzięcia, a potem pozostawienia go samemu sobie na zasadzie, że jakoś to będzie. Nowy obiekt powinien nabierać charakteru, stopniowo zaczynać żyć własnym życiem, inspirować i przyciągać uwagę. Jego wieloletnie funkcjonowanie i wpisanie się w wizerunek szkoły będzie sprawiać, że stanie się miejscem wspominanym przez kolejne pokolenia wychowanków. Jeśli nawet nie zwiążą oni swojej przyszłości z astronomią, to zawsze będą ciepło wspominać pierwsze szkolne spotkania z gwiazdami, które ukazały ich niezwykle bogactwo form i kształtów. Potencjał szkolnego obserwatorium sprawi, że z czasem wyłoni się grupa uczniów szczególnie zainteresowanych jego funkcjonowaniem i korzystaniem z jego oprzyrządowania nie tylko dla zabawy, ale jako ważkiego środka do realizacji własnych pasji. Zgodnie z zasadami należy roztoczyć nad nimi opiekę pedagoga, a w miarę możliwości sformalizować wzajemną współpracę pod postacią pozalekcyjnego koła zainteresowań.

Patron obserwatorium

Przyjęło się, że wyjątkowe inwestycje, ważne z punktu widzenia lokalnych społeczności, podczas uroczystego otwarcia otrzymują swojego patrona. W przypadku obserwatorium astronomicznego, może to być osoba zasłużona dla miejsca jego lokalizacji – ceniony w historii szkoły pedagog, naukowiec lub postać, której działalność wpisywała się przez lata w naukowe lub kulturalne życie regionu. Szkoły mające za patronów chociażby Mikołaja Kopernika, Jana Heweliusza, czy Jana Śniadeckiego, kłopotów w tej kwestii mieć raczej nie powinny, to oczywiste. W przypadku innych placówek oświatowych trzeba dokonać stosownej kwerendy wśród potencjalnych kandydatów i wskazać najbardziej odpowiadającego przyjętym wcześniej kryteriom. Otwarcie placówki wiązałoby się wtedy ze specjalną uroczystością, przypomnieniem dorobku patrona, wystąpieniami zaproszonych gości, czy wykładem inauguracyjnym działalność obiektu. Wydarzenie tej miary z pewnością skupiłoby uwagę lokalnych mediów, uczniów i ich rodziców. Warto wykorzystać ten potencjał promocyjny, aby mocnym akcentem zaznaczyć obecność nowego przedsięwzięcia, utrwalając je w świadomości mieszkańców.



Fot. 8. Pomnik Jana Heweliusza w Gdańsku

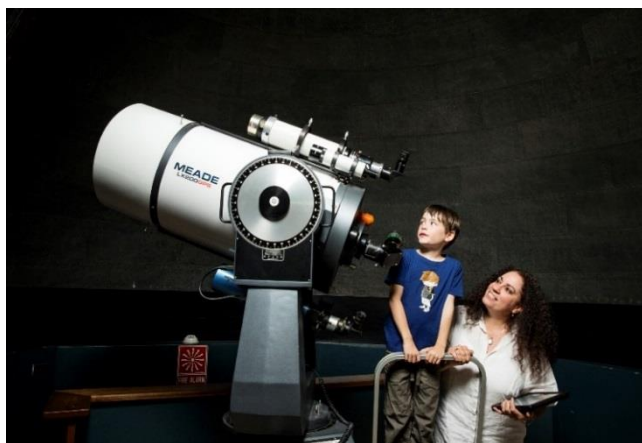
Dyrekcja szkoły

Dla każdego dyrektora szkoły, podjęcie decyzji o budowie obserwatorium astronomicznego, jest trudnym i odpowiedzialnym wyzwaniem. Asygnacja części lub całości środków finansowych, to tylko wstęp do realizacji wyznaczonego celu. Kwestie prawne, techniczne, wybór firm odpowiedzialnych za stronę budowlaną, podłączenia elektryki i innych mediów, szkolenia, a przede wszystkim późniejsze podtrzymanie żywotności placówki w perspektywie wychowywania kolejnych pokoleń uczniów, wszystko to spoczywać będzie na barkach dyrekcji. Najtrudniejsze jest oczywiście stadium początkowe, kiedy zachodzi konieczność przeprowadzenia wszelkich procedur urzędniczych, aby rozpoczynająca się niebawem inwestycja miała w pełni klarowne podłoże prawne. Działający obiekt nie wymaga już tak dużego zainteresowania dyrekcji, gdyż w pewnym momencie zaczyna funkcjonować siłą rozpędu. Jednak wszelkie prace serwisowe, zakupy dodatkowego wyposażenia, czy sytuacje losowe, będą siłą rzeczy znów angażować uwagę i czas szkolnych decydentów. Dobrą praktyką jest więc obowiązkowość raportowania dyrekcji miesięcznej lub kwartalnej działalności obserwatorium, co pozwoli jej na bieżące orientowanie się w sytuacji.

Opiekun obserwatorium

Niezmiennie istotną kwestią jest wyznaczenie osoby lub grona osób, które zostaną starannie przeszkolone w zakresie użytkowania wszystkich urządzeń będących na wyposażeniu obserwatorium. Siłą rzeczy, najczęściej naturalnych predyspozycji ku realizacji tego zadania mają nauczyciele takich przedmiotów jak fizyka, geografia i przyroda, choć nie jest to rzecz jasna warunek niezbędny. Może to być też dorosła osoba z zewnątrz, najlepiej wykształcony astronom, albo ktoś polecony przez najbliższy oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Odpowiedzialny opiekun musi potrafić zaplanować sesję obserwacyjną pod względem merytorycznym, uruchomić obserwatorium, przygotować je do pracy, a po zakończeniu sesji wyłączyć je i zamknąć.

W przypadku sterowania manualnego z wnętrza kopuły sytuacja jest względnie prosta. Mając pod ręką przyciski otwarcia/zamknięcia kopuły oraz jej obrotów w lewo/prawo, oraz bezpośredni dostęp do sterowania teleskopem, bez trudu można rozpocząć obserwacje. Kłopoty pojawiają się zwykle podczas obserwacji zdalnych, np. z poziomu pokoju kontrolnego lub szkolnej pracowni komputerowej, podłączonej do obserwatorium za pomocą lokalnej sieci.



Fot. 9. Pierwsze obserwacje teleskopowe

Trzeba umieć odpowiednio skonfigurować oprogramowanie sterujące kopułą i teleskopem, sprzęgać oba urządzenia ze sobą, umieć podłączyć do programu dane z automatycznej stacji pogodowej, ustanowić połączenie z kamerami monitorującymi obserwatorium i inne. Wydaje się więc, że nie obędzie się bez udziału szkolnego informatyka, który w ramach swoich kompetencji zabezpieczy realizację tego etapu przedsięwzięcia. Konieczna jest też umiejętność szybkiego reagowania w sytuacjach awaryjnych, kiedy nieprzewidziane okoliczności zmuszają do nagłego przerwania obserwacji (deszcz, śnieg, silny wiatr), lub gdy doszło do awarii systemów automatyki lub elektroniki.

Ze względu na powagę i czasochłonność zajęć wydaje się koniecznym, aby opiekun obserwatorium był dodatkowo wynagradzany z tytułu nowych umiejętności, obowiązków i, co istotne, odpowiedzialności za nieletnich podopiecznych spędzających czas poza godzinami lekcyjnymi, najczęściej wieczorem i nocą. W ramach wynagrodzenia należałoby uwzględnić również realizację zadań, których echo niesie się poza szkolne mury. Mamy tu na myśli popularyzację astronomii wśród mieszkańców miasta, przyjmowanie w obserwatorium zorganizowanych grup i wycieczek z innych szkół, czy prelekcje dla turystów lub zaproszonych gości. Opiekun obserwatorium zajmowałby się również serwisem kosztownego wyposażenia obserwatorium, gromadzeniem, archiwizacją i prezentowaniem efektów jego pracy w postaci regularnych raportów. Źródeł finansowania tego stanowiska (w tym dodatków motywacyjnych i premii) można szukać w budżecie szkoły, w ramach składek rodzicielskich, dotacji celowych z budżetu miasta, czy sponsoringu firm zaprzyjaźnionych ze szkołą.

Szkolne kółko astronomiczne

Jednym z kolejnych z działań powinno być powołanie w szkole kółka astronomicznego, lub astronomiczno-astronautycznego. Opiekun koła i jednocześnie osoba koordynująca edukacyjną działalność obserwatorium, powinna mieć na uwadze i kierować się takimi pryncypiami jak: rozbudzanie zainteresowań astronomią i pasji badawczych, opracowywanie przez członków kół wyników obserwacji oraz referatów o tematyce astronomicznej z wykorzystaniem multimedialnych technologii cyfrowych. Bardzo ważne jest prowadzenie strony internetowej obserwatorium, która skupiać będzie wokół siebie nie tylko osoby bezpośrednio zaangażowane z działalność koła, ale także stanowić jego wirtualną wizytówkę i forum prezentacji osiągnięć. Na miejsce spotkań koła idealnie nadaje się pracownia fizyczna,



Fot. 10. Zajęcia kółka astronomicznego

geograficzna lub pracownia komputerowa, z której umożliwiony będzie zdalny dostęp do sterowania funkcjami obserwatorium. Spotkania kółka astronomicznego mogą mieć charakter cykliczny i być ustalone na konkretny dzień w tygodniu. Można też wprowadzić zasadę ruchomych terminów spotkań w dowiązaniu do możliwości opiekuna i uczniów, a także w odniesieniu do zbliżających się ciekawych zjawisk astronomicznych.

Honorowanie zaangażowania w funkcjonowanie placówki



Fot. 11. Rozdanie nagród laureatom konkursu

Aby podtrzymywać w uczniach pasję, a jednocześnie w wymierny sposób doceniać ich pozalekcyjne zaangażowanie w naukowe życie szkoły, warto pomyśleć nad formami honorowania przez szkołę ich pracy i osiągnięć. Może to być wyróżnienie przez dyrektora lub radę pedagogiczną, podwyższona ocena z wychowania lub przedmiotów, w których wykorzystuje się osiągnięcia ucznia, wynikające z indywidualnego poszerzania wiedzy i pracy w obserwatorium. Może to być w końcu dofinansowanie dla grupy zainteresowanych uczniów wycieczki do ciekawego miejsca związanego z astronomią, astronautyką lub naukami pokrewnymi. Zabiegi takie zapewnią zadowolenie podopiecznych z faktu dostrzegania ich zaangażowania,

Współodpowiedzialność za obserwatorium

Kwestia współodpowiedzialności za obserwatorium powinna być wpajana nie tylko każdemu członkowi koła astronomicznego, ale wszystkim uczniom i innym podmiotom z niego korzystającym. Osoby zaangażowane w działalność obserwatorium muszą mieć świadomość znaczenia tego nowoczesnego narzędzia edukacyjnego, jego wysokiej wartości, nie tylko zresztą materialnej. Sprawne funkcjonowanie obiektu przewidziane jest na długie lata edukowania kolejnych pokoleń podopiecznych, przez co kwestia utrzymania go w dobrym stanie technicznym nabiera kluczowego znaczenia. Ochrona przed aktami wandalizmu, korzystaniem z obserwatorium przez osoby nieuprawnione lub nieprzeszkolone w odpowiednim zakresie, powinna być bezwzględnym priorytetem dla organów nadzorczych szkoły. Warto przygotować odpowiednio wypunktowany regulamin użytkowania obserwatorium, który zawiesi się w pobliżu wejścia. Każdy potencjalny użytkownik będzie miał obowiązek zapoznać się z nim i przestrzegać w bieżącej pracy. Istotne jest takie zdyscyplinowanie podopiecznych, aby po każdej zakończonej sesji obserwacyjnej mieli nawyk pozostawienia obserwatorium w należytym porządku. Powinno być sprzątnięte, okulary, filtry i inne podzespoły odłożone na swoje miejsce, a teleskop zaparkowany w odpowiedniej pozycji.

III. Możliwości wykorzystania obserwatorium

Głównym problemem, jaki pojawia się w momencie oddania do użytku kompletnego i dobrze wyposażonego obserwatorium, jest wykorzystanie jego możliwości. Staranne przemyślenie tej kwestii i właściwe przygotowanie do zajęć edukacyjnych, stanowi niezbędny element planowania inwestycji i późniejszego jej funkcjonowania. Najłatwiejszy przypadek to ten, gdy osoba oddelegowana do opieki nad obserwatorium jest astronomem z wykształcenia lub pasjonatem tej nauki. Wtedy też obserwatorium może szybko rozpoczynać swoją działalność. W przeciwnym razie warto zawczasu zaplanować serię szkoleń dotyczących podstawowych zagadnień związanych z obserwacją nieba, obsługą sprzętu optycznego, elektroniki sterującej teleskopem, czy oprogramowaniem – sterownikami kopuły, komputerowymi atlasami nieba, aplikacjami służącymi do fotografowania ciał niebieskich i późniejszej obróbki uzyskanego materiału. Szkolenia takie można uzgodnić z lokalnymi oddziałami Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, których członkowie z reguły doskonale orientują się w temacie. Są także w stanie wskazać osoby trzecie – specjalistów w danej dziedzinie, którzy społecznie lub za odpowiednią opłatą poprowadzą szkolenie z wybranego zagadnienia. Odnośnie obsługi systemów sterowania kopułą, można porozumieć się z ich producentem i, na etapie podpisywania umowy i zakupu urządzenia, zaplanować odpowiednie szkolenie. Pomocą w wymienionych kwestiach służy również Departament Edukacji Polskiej Agencji Kosmicznej. Jeśli zajdzie taka potrzeba, zorganizuje on dla zorganizowanej grupy opiekunów, kompleksowe szkolenia ze wszystkich wymienionych zagadnień.

Przygotowanie teoretyczne do obserwacji

Przed „pierwszym światłem” teleskopu dobrze byłoby przeprowadzić kilka zajęć teoretycznych, które wprowadzą uczniów w temat podstaw funkcjonowania obserwatorium, w tym specyfiki działania kopuły i elementów automatyki, elementarnych zagadnień astronomicznej optyki instrumentalnej, rodzajów montażu teleskopowych z ich wadami i zaletami, czy podstawowymi zasadami bezpieczeństwa wymaganymi podczas obchodzenia się z delikatnym często oprzyrządowaniem obserwatorium. W kwestii bezpieczeństwa należy również położyć akcent na fakt, że kopuła lub rozsuwany dach obserwatorium, zasilane są wysokim napięciem. Stosowne przepisy BHP dotyczące obchodzenia się z urządzeniami zasilanymi elektrycznością, to nieodzowny element inicjalnych zajęć. Planując natomiast konkretną sesję obserwacyjną, warto wcześniej przygotować uczniów do jej tematyki. W tym celu należy poprosić ich, żeby przeczytali fragmenty wskazanej publikacji (lub znaleźli potrzebne informacje samodzielnie) na temat danego ciała niebieskiego, zjawiska, postaci, teorii naukowej, czy interesującego urządzenia. Oczywiście wiele interesujących kwestii pojawi już w trakcie samej sesji obserwacyjnej przy teleskopie, warto jednak zawsze prowadzić zajęcia z uczniami wstępnie przygotowanymi do tematu konkretnych zajęć.

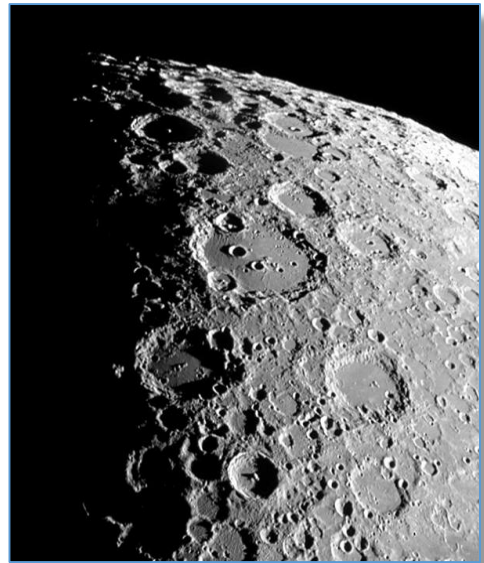
Podstawowe obserwacje nieba

Obserwatorium powinno służyć całej szkole – uczniom, nauczycielom, rodzicom i wszystkim innym zatrudnionym w niej pracownikom. Podstawowe pokazy nieba mają za zadanie przybliżyć podczas bezpośrednich obserwacji charakterystyczne układy gwiazd, sposoby orientowania się na niebie, wygląd planet i innych obiektów Układu Słonecznego, a także najbardziej znane obiekty tzw. głębokiego nieba, w tym:

- najważniejsze konstelacje naszego nieba,
- określanie odległości kątowych pomiędzy ciałami niebieskimi,
- najjaśniejsze gwiazdy,
- plamy, rejony aktywne, pochodnie, granulacja i protuberancje na Słońcu,
- fazy Merkurego i Wenus,
- fazy Księżyca, góry, kratery, pola lawowe na jego powierzchni,
- czapy polarne Marsa i zarysy największych form na jego powierzchni,
- pasowy układ atmosfery Jowisza oraz ruch jego największych księżyców,
- pierścienie Saturna i jego największe księżyce,
- tarczki Urana i Neptuna,
- najjaśniejsze planetoidy,

- widoczne aktualnie komety,
- roje meteorów,
- jasne gromady gwiazd, mgławice i galaktyki,
- zjawiska sporadyczne (zaćmienia Słońca i Księżyca, tranzyty planet, supernowe, nowe, bolidy, inne).

Te stosunkowo łatwe do przeprowadzenia obserwacje, dostarczają wielu osobom niezapomnianych wrażeń, gdyż są to z reguły ich pierwsze obserwacje astronomiczne w życiu. Sesje obserwacyjne należy planować zgodnie z aktualną widocznością na niebie wymienionych wcześniej obiektów. Oczywiście jest, że nie uda się podczas jednego podejścia „zaliczyć” ich wszystkich. Jest to jednak okoliczność sprzyjająca rozpisanie długoterminowego planu obserwacyjnego, chociażby na cały rok szkolny. Efemerydy widoczności Księżyca, planet, planetoid są publikowane w periodykach astronomicznych (papierowych i wirtualnych), ale można także samemu przygotować je z pomocą komputerowego atlasu nieba.

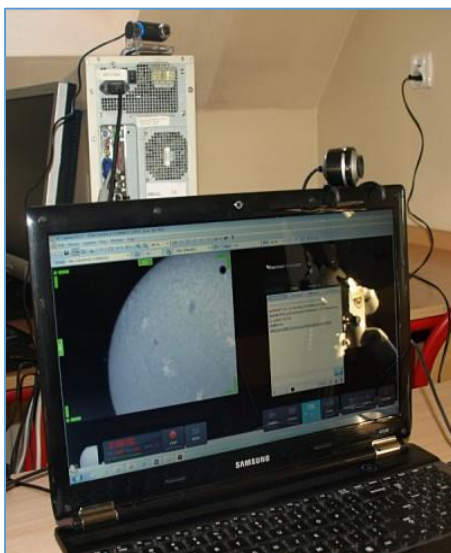


Fot. 12. Teleskopowy obraz powierzchni Księżyca

Pomoc dydaktyczna na potrzeby lekcji

Oczywiście aktywność kółka astronomicznego nie wyczerpuje i żaden sposób nie zawęży tylko do niego możliwości użytkowania kopuły, teleskopu i innych urządzeń będących na wyposażeniu obserwatorium. Dane zebrane podczas kolejnych sesji obserwacyjnych (samodzielnie lub przez kolegów) mogą stanowić pomoc dydaktyczną w ramach regularnych lekcji geografii, fizyki, przyrody, czy informatyki. Będą to między innymi:

- fotografie ciał niebieskich (Słońca, Księżyca, planet, komet, planetoid, gromad gwiazd, mgławic i galaktyk),
- sekwencje wideo niektórych dynamicznych zjawisk astronomicznych (zakrycia gwiazd i planet przez Księżyc, przeloty ISS na tle tarczy słonecznej lub Księżyca, zarejestrowane przez stację bolidową jasne meteory, rotacja Jowisza oraz ruchy jego księżyców),
- krzywe zmian jasności gwiazd zmiennych,
- wykres aktywności słonecznej z dłuższego okresu czasu,
- dane zapisane przez automatyczną stację pogodową.



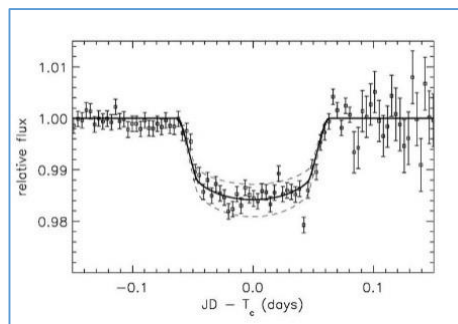
Fot. 13. Obróbka fotografii astronomicznych

Jeżeli klasa posiada dostęp do Internetu, a obserwatorium podłączone jest do szkolnej sieci komputerowej, wtedy podczas lekcji można zdalnie połączyć się z teleskopem w obserwatorium i za pomocą rzutnika multimedialnego wyświetlić uczniom na ekranie Księżyc lub Słońce (w praktyce są to tylko dwa ciała niebieskie, które widoczne są podczas dnia). W szczególnych przypadkach, gdy na niebie pojawiło się wyjątkowo spektakularne zjawisko (nowa jasna kometa, supernowa, planetoida przelatująca bardzo blisko Ziemi), warto przemyśleć organizację pokazów nocnych. Do praktycznego wykorzystania w edukacji idealnie nadaje się też zainstalowana przy obserwatorium automatyczna stacja pogodowa, aby w ramach lekcji przyrody lub geografii omówić poszczególne elementy składowe pogody i ich zmienność w czasie dnia, tygodnia, miesiąca, czy roku. Nieopracowane (surowe) fotografie ciał niebieskich są doskonałym materiałem wyjściowym do zajęć z komputerowej obróbki obrazu za pomocą oprogramowania typu Photoshop lub aplikacji specjalnie dedykowanych astrofotografii.

Zaawansowane projekty obserwacyjne

Posiadając obserwatorium astronomiczne realna staje się też możliwość wzięcia udziału nie tylko w autorskich, ale również zewnętrznych (krajowych i zagranicznych) projektach obserwacyjnych, które stanowić mogą cenne uzupełnienie pracy astronomów profesjonalnych. Zresztą w astronomii współpraca pomiędzy amatorami i zawodowcami jest od lat na porządku dziennym, można mówić nawet o swego rodzaju symbiozie. Rozsiani licznie po kuli ziemskiej miłośnicy astronomii, oddają nieocenioną pomoc w zakresie między innymi:

- monitorowania jasności gwiazd zmiennych krótko- i długookresowych,
- monitorowania i wyznaczania liczby Wolfa i innych wskaźników aktywności słonecznej,
- obserwacji (w tym poszukiwania) gwiazd nowych i supernowych oraz monitorowania zmian ich jasności,
- fotometrii i astrometrii komet,
- poszukiwania, fotometrii i astrometrii planetoid,
- fotometrii gwiazd posiadających egzoplanety,
- zliczania meteorów i ciągłego przeglądu nieba pod kątem bolidów,
- astrofotografii,
- szkolenia z obsługi wyposażenia obserwatorium (teleskop, montaż, automatyka obserwatorium, oprogramowanie astronomiczne),
- innych.



Fot. 14. Fotometria tranzytu egzoplanety

Olimpiady i konkursy astronomiczne



Fot. 15. Olimpiada astronomiczna

Dla najzdolniejszych młodych astronomów otwiera się też szansa uczestnictwa w lokalnych, ogólnopolskich, a nawet międzynarodowych konkursach wiedzy astronomicznej. Niektóre z nich, jak chociażby mająca kilkudziesięcioletnią historię Ogólnopolska Olimpiada Astronomiczna, organizowana przez Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika w Chorzowie, wymagać będą indywidualnego prowadzenia przez nauczyciela matematyki lub fizyki. W ramach zajęć dodatkowych przygotują oni ucznia pod kątem kojarzenia problemów astronomicznych z odpowiednimi prawami fizyki, oraz technikami rachunkowymi prowadzących do obliczania potrzebnych wielkości. Takie działania wiążą się już z realną szansą na wychowanie przyszłego naukowca.

Inne inicjatywy pod egidą szkoły i jej obserwatorium

Wśród innych interesujących wydarzeń o dużym potencjale edukacyjnym, które mogą odbywać się pod egidą obserwatorium, wymienimy jeszcze spotkania szkolnych kół astronomicznych celem wymiany doświadczeń bądź planowania wspólnych akcji obserwacyjnych, spotkania pozaszkolnych organizacji popularyzujących astronomię i astronautykę. Prestiż szkoły wzrośnie też dzięki przyjmowaniu wycieczek szkolnych i grup zorganizowanych, prelekcji i seansów astronomicznych, spotkań z ciekawymi ludźmi zajmującymi się astronomią, astronautyką lub dziedzinami pokrewnymi, w kraju i zagranicą.



Fot. 16. Spotkanie z gen. Miroslawem Hermaszewskim

Na każdym poziomie nauczania doskonałą formą popularyzacji astronomii są wszelkiego rodzaju konkursy szkolne i pozaszkolne, pikniki naukowe, a także konferencje tematyczne miłośników astronomii. Dienne i nocne wyjścia w plener w celu obserwacji ciekawych zjawisk astronomicznych, organizacja wycieczek do innych obserwatoriów (również tych stricte profesjonalnych), planetariów i miejsc mających duży potencjał w zakresie popularyzacji astronomii, czy uczestnictwo w zlotach miłośników astronomii w kraju i zagranicą, to kolejne z istniejących możliwości aktywujących podopiecznych do działania. Fotografie ciał niebieskich wykonane w obserwatorium, to idealny motyw poprawiający estetykę szkolnych korytarzy i wystroju klas, a starannie opisane spełniać będą funkcje edukacyjne dla pozostałych uczniów. Regularne raporty z działalności kółka mogłyby być też cennym urozmaicheniem treści szkolnej gazetki.

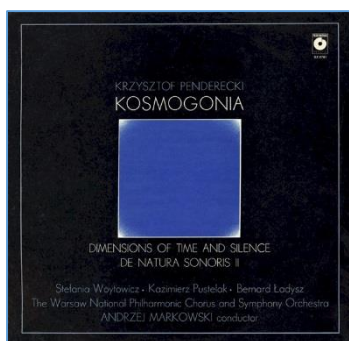
Gdy zawiedzie pogoda

W warunkach klimatu naszego kraju, trzeba być niestety przygotowanym, że nie zawsze uda się przeprowadzić zaplanowane zajęcia pod gwiazdami. Nad terytorium Polski nieustannie wędrują strefy frontalne związane z zachmurzeniem i opadami, a okresy stabilnych i pogodnych wyżów nie należą do częstych. Posiadanie stacjonarnego obserwatorium zwiększa znacząco możliwości wykorzystania nawet krótkich przerw w chmurach, gdyż nie trzeba tracić czasu na żmudne rozstawianie sprzętu w plenerze. Jeżeli jednak pogoda nie rokuje jakiegokolwiek poprawy, nie załamujemy rąk, ale wykorzystajmy tę okazję do przeprowadzenia zajęć teoretycznych. Z pomocą komputerowego atlasu nieba może to być wirtualna podróż po obiektach, które chcielibyśmy danej nocy obserwować. Może to być też pogawędka o gwiazdozbiorach i obiektach, jakie w sobie kryją, wyjaśnienie fizycznej strony niektórych zjawisk na niebie, projekcja ciekawego filmu popularnonaukowego, szkolenie z obsługi oprogramowania do obróbki fotografii astronomicznych, czy po prostu luźna dyskusja na wolne tematy. W miarę poznawania użytkowników obserwatoriów z innych miejsc, być może pojawi się szansa, aby przeprowadzić zdalną sesję z wykorzystaniem cudzego obserwatorium z miejsca, gdzie akurat panuje dobra pogoda. Z pewnością pojawi się zapewne okazja, aby kiedyś odwzajemnić się tym samym, zacieśniając dobrą współpracę.



Fot. 17. Ekran programu Stellarium

Astronomia i muzyka



Fot. 18. „Kosmogonia” K. Pendereckiego

Nieźmiernie interesującym wydaje się pomysł połączenia zagadnień astronomii z zajęciami muzycznymi, ukazujący humanistyczną stronę tej nauki. Trzeba bowiem pamiętać, że wiele dzieł muzyki poważnej i rozrywkowej było bezpośrednio inspirowanych gwiazdami i planetami. Z klasyki wystarczy wymienić słynną suitę „Planety” Gustava Holsta, „Sonatę księżycową” Ludwika van Beethovena, czy „Kosmogonię” Krzysztofa Pendereckiego. Z twórczości współczesnej na plan pierwszy wysuwa się, inspirowana kosmosem i jego tajemnicami, muzyka elektroniczna reprezentowana przez takich twórców jak Tangerine Dream, Klaus Schulze, Vangelis, Kitaro, Jean Michel Jarre, Tomita, Kraftwerk, AirSculpture, Arcane, Loom, Brian Eno. Z rodzimych wykonawców tego gatunku warto wymienić Józefa Skrzeka, Władysława Komendarkę, Krzysztofa Dudę, Marka Bilińskiego, Mikołaja Hertla, czy artystów młodszego pokolenia – Marka

Manowskiego, Konrada Kucza, Marka Szulena, Endorphine, Przemysława Rudzia, Roberta Kanaana i wielu innych. Muzyka ta, z jej wybitnie kontemplacyjnym charakterem, pełna przestrzeni i dźwiękowych pejzaży, może z powodzeniem towarzyszyć kolejnym pokazom nieba, nadając im wyjątkowej aury i magii.

Oczywiście również rock i jego odmiany (głównie rock progresywny, rock psychodeliczny, krautrock i inne), jazz, pop (w tym synthpop) i inne, wykorzystywały i wciąż wykorzystują motywy astronomiczne, kosmologiczne, czy astronautyczne. Zresztą są one nieustannym i niewyczerpanym źródłem inspiracji nie tylko dla muzyków,

ale również artystów innych profesji – malarzy, poetów, grafików, rzeźbiarzy, fotografów i performerów. Staranny dobór repertuaru plus krótkie wprowadzenie teoretyczne spowodują uwrażliwienie podopiecznych na prawdziwą sztukę, kojarzenie i rozpoznawanie dzieł i ich twórców, świadomego słuchania i analizowania utworów muzycznych, umiejętność odróżniania rzeczy wartościowych od kiczu. Co niezmiernie istotne, taka aktywność zachęci też młodzież do samodzielnych poszukiwań i rozwijania nowych pasji. Interdyscyplinarne podejście do astronomii, realizowane z oddaniem i zaangażowaniem, zaowocuje wychowywaniem grona młodych świadomych ludzi. Będą oni potrafili bez problemu znaleźć wspólny mianownik dla nauki i sztuki, jako dwóch przejawów potęgi ludzkiego umysłu, przyrodzonej naszemu gatunkowi ciekawości świata, oraz ciągłych poszukiwań w zakresie tworzenia materialnego i metafizycznego piękna.

Scenariusze lekcji z wykorzystaniem szkolnego obserwatorium astronomicznego

Aby obserwatorium astronomiczne wpisało się na stałe w bieżącą działalność edukacyjną szkoły, niezbędne jest prowadzenie lekcji z wykorzystaniem jego potencjału. Lekcje te, w oparciu o podstawę programową, będą niewątpliwie wyróżniać się na tle innych, a swoją specyfiką z pewnością wywoływać duże zainteresowanie. Wychodząc naprzeciw tym kwestiom, pod koniec niniejszej publikacji (Dodatek 4) zamieszczono komplet 30 sprawdzonych merytorycznie scenariuszy pełnowymiarowych zajęć z astronomii. Można je wykorzystać bezpośrednio w ramach zajęć kółka astronomicznego, a także podczas lekcji geografii, fizyki, przyrody, informatyki i innych, w przeciągu całego roku szkolnego. Mogą być one dowolnie modyfikowane przez nauczyciela i dostosowywane w ten sposób do indywidualnych potrzeb. Departament Edukacji Polskiej Agencji Kosmicznej wyraża chęć i gotowość stworzenia ogólnodostępnej bazy skryptów, a co za tym idzie kompletowania nowych, innych niż tu zamieszczone, scenariuszy. Uprasza się więc o wysyłanie ich drogą elektroniczną na adres autora tego opracowania. POLSA jest również niezmiernie zainteresowana sugestiami dotyczącymi innych niż tu opisane, możliwości wykorzystania obserwatorium astronomicznego w pracy z uzdolnioną młodzieżą.

IV. Podstawowe elementy wyposażenia obserwatorium

Obserwatorium astronomiczne to zespół wielu specjalizowanych elementów, tworzących funkcjonalną całość. Planowanie jego budowy wymaga przede wszystkim zaznajomienia się z kwestiami dotyczącymi budowlanej, technicznej, instrumentalnej i edukacyjnej strony przedsięwzięcia. Kluczowy staje się dobór wyposażenia obserwatorium, a więc kopuły lub konstrukcji z odsuwanych dachem, teleskopu (teleskopów), montażu, na którym będzie on zawieszony, zestawu akcesoriów do obserwacji wizualnych oraz kamer cyfrowych do wykonywania fotografii nieba lub rejestrowania strumienia wideo. Istotne jest też oprogramowanie sterujące kopułą (dachem) oraz aplikacje służące do obróbki fotografii astronomicznych. Dodatkowo warto pomyśleć o instalacji dodatkowych zabezpieczeń typu automatyczna stacja pogodowa, kamery przemysłowe do podglądu obserwatorium z zewnątrz i wewnątrz, czy też awaryjne zasilanie UPS i inne. Jak zwykle w tego typu przedsięwzięciach, kluczowym kryterium realizacji inwestycji jest budżet. Będzie on determinował skalę potencjalnych możliwości wyposażenia i późniejszego wykorzystania obserwatorium.

Kopuła czy rozsuwany dach?



Fot. 19. Szkolne obserwatorium astronomiczne w Bukowcu

Kopuła astronomiczna jest najbardziej rzucającym się w oczy z zewnątrz elementem obserwatorium. Zasada jej działania jest prosta. Można nią obracać w lewo lub w prawo (do zadanego azymutu), a żeby rozpocząć obserwację, należy otworzyć jej okno obserwacyjne. Małe i lekkie kopuły można obsługiwać manualnie, większe i cięższe wymagają dedykowanych systemów napędów, automatyki i elektroniki. Systemy te stają się nieodzowne, gdy planujemy obserwacje zdalne, nie przebywając bezpośrednio pod kopułą. Zalety kopuły astronomicznej są oczywiste. Poza ochroną wyposażenia obserwatorium przed opadami atmosferycznymi, ogranicza też niekorzystny wpływ wiatru na drgania systemu teleskop-montaż. Ważną zaletą kopuł astronomicznych jest osłanianie teleskopu przed okolicznym sztucznym oświetleniem, mogącym degradować obraz zwłaszcza podczas długoczasowych ekspozycji fotograficznych. Nie bez znaczenia są też walory estetyczne i świadomość nawiązywania do rozwiązań stosowanych przez profesjonalistów.

Kopuła astronomiczna

Klasycznym wariantem kopuły astronomicznej jest drewniany lub stalowy szkielet o kołowej podstawie, osadzony na łożyskowanych rolkach obrotowych. Szkielet ten obudowuje się blachą (najczęściej miedzianą, pokrywającą się z czasem charakterystyczną patyną), aby uzyskać szczelną i zarazem estetyczną powierzchnię. Tego typu kopuły, ze szczelinowym mechanizmem otwierania okna obserwacyjnego (dwa skrzydła rozsuwające się na boki, aby otworzyć i zsuwające się z powrotem, aby zamknąć kopułę), możemy podziwiać w dawnych obserwatoriach uniwersyteckich – zabytkowych i wciąż funkcjonujących. Dość często do pokrycia szkieletu kopuły stosuje się także blachę aluminiową lub tańszą stalową blachę ocynkowaną, którą trzeba jednak dodatkowo zabezpieczać przed korozją specjalnym lakierem, lub po prostu okresowo malować odpowiednimi rodzajami farb.



Fot. 20. Klasyczna kopuła astronomiczna z oknem szczelinowym

Współczesne kopuły astronomiczne, zwłaszcza do zastosowań półprofesjonalnych, wykonuje się w technologii laminatowej. Zapewniają one wysoką wytrzymałość na czynniki atmosferyczne, w tym promieniowanie UV, odpowiednią estetykę, możliwość dowolnego kształtowania ich zewnętrznego wyglądu na etapie projektowania



Fot. 21. Laminatowa kopuła astronomiczna firmy ScopeDome

i produkcji. Są też lżejsze i w końcowym efekcie tańsze w eksploatacji od klasycznych kopuł szkieletowych. Praktyka wskazuje, że stabilność i sztywność konstrukcji w oparciu tylko o sam laminat limituje użyteczną średnicę kopuły do kilku metrów. Powyżej tej wielkości kopułę trzeba odpowiednio usztywniać dodatkowymi wewnętrznymi wzmocnieniami, które niestety wydatnie komplikują proces produkcji, zwiększają wagę i koszty produktu. Charakterystyczne dla

kopuł wykonanych z laminatu jest stosowanie pojedynczej lub dzielonej kłapy okna obserwacyjnego. W praktyce polega to na tym, że kłapa otwiera całe okno obserwacyjne chowając się w tylnej części kopuły, ewentualnie górna część kłapy chowa się w tyle kopuły, a dolna otwiera się w taki sposób, że wystaje z przodu kopuły.

W porze letniej, w warunkach silnego nasłonecznienia, pod kopułą może gwałtownie wzrastać temperatura. Efekt ten potęgować będzie każdy inny kolor kopuły niż biały, z ekstremum w przypadku czerni. Dlatego też śnieżna biel (biel tytanowa) powinna być pierwszym kolorem brany pod uwagę przy planowaniu inwestycji, choć czasem może się zdarzyć, że otaczająca zabudowa i wynikające z niej restrykcje natury prawnej, wymuszą zastosowanie innego koloru. Pomoc może wtedy klimatyzacja lub system wydajnej wentylacji, który odprowadzi nadmiar ciepła poza wnętrze obserwatorium. Jeśli kopuła mocno nagrzała się w ciągu dnia, przed planowaną sesją obserwacyjną trzeba ją przewietrzyć. W praktyce wystarczy otworzyć okno obserwacyjne odpowiednio wcześniej, aby temperatura w środku wyrównała się z temperaturą otoczenia.



Fot. 22. Kopuła z dzielonym oknem obserwacyjnym firmy Uniwersał

Obserwatorium harwardzkie (roll-of roof)



Fot. 23. Domek harwardzki

Popularnym na świecie rodzajem obserwatoriów astronomicznych są konstrukcje z rozsuwanym dachem, czyli tak zwane obserwatoria harwardzkie. Z zewnątrz wyglądają często jak zwykła altana, zbudowana z desek, płyt OSB wykończonych sklejką lub panelami w tworzywa sztuczne, laminatu lub blachy. Obserwatoria harwardzkie mają wiele wariantów, zależnych od wyobraźni projektującego, choć opierają się generalnie na tych samych sprawdzonych rozwiązaniach. Są tanie, proste i z tego powodu niezawodne, choć posiadają swoje wady. W praktyce stosuje się kilka schematów umożliwiających otwieranie dachu. Może on być odsuwany w całości na specjalne szyny wystające poza główny obrys budynku, dzięki czemu odkrywa się od góry całe wnętrze obserwatorium. Dach może być też konstrukcją dzieloną, w której decydujemy, czy otworzyć obie części, czy tylko

jedną. Specyficznym podejściem jest odsuwanie na szynach całego budynku, co jest jednak mało praktyczne w perspektywie instalacji dodatkowego sprzętu jak komputer, szafki na akcesoria, małej podręcznej biblioteczki i innych. Stosuje się je raczej tylko wtedy, gdy nie potrzebujemy zaplecza socjalnego, a chcemy chronić tylko sam stacjonarny system teleskopu.



Fot. 24. Wnętrze domku harwardzkiego

wydziela się, izolowane od części obserwacyjnej, niewielkie zadaszone pomieszczenie z okienkiem lub kamerami z podglądem na system teleskopu. W ten sposób istnieje szansa na obserwacje i obsługę teleskopu w warunkach wygodnego stanowiska komputerowego.

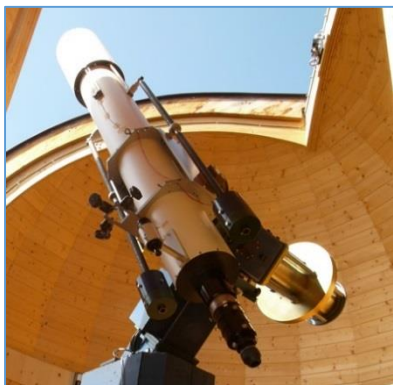
Obserwatorium muszlowe (clamshell)

Stosunkowo niedawno, w praktyce amatorów i profesjonalistów, pojawiło się obserwatorium łączące cechy kopuły i rozsuwanego dachu. Jej sferyczne sklepienie otwiera się na zasadzie rozwarcia muszli małża, kiedy poszczególne jego części składają się na boki, odkrywając gotowy do pracy teleskop. Podstawa kopuły jest najczęściej nieruchoma (co upraszcza funkcjonowanie całości), a napędza się tylko łukowate segmenty. Czasem istnieje też możliwość całkowitego lub częściowego ich otwierania, aby osłonić się nieco od wiatru. Obserwatoria tego typu wykonane są najczęściej w technologii zbrojonego laminatu, aby zachować odpowiednią sztywność i wytrzymałość konstrukcji. Ich wady i zalety są wypadkową kopuł klasycznych i domków harwardzkich.



Fot. 25. Otwarte obserwatorium muszlowe

Teleskop



Fot. 26. Refraktor astronomiczny

Teleskop jest sercem każdego obserwatorium. To podstawowy instrument astronomiczny, dzięki któremu nasze oko lub inny detektor może obserwować i kumulować fotony światła docierające do nas od ciał niebieskich. Rynek teleskopów jest bardzo różnorodny zarówno jeśli chodzi o producentów, jak i konstrukcje optyczne. To samo dotyczy cen. Proste teleskopy amatorskie dostępne są już za kilkaset złotych, jednak trzeba liczyć się z ich ograniczeniami techniczno-optycznymi, przebarwieniami i zniekształceniami liniowymi obrazu, czy problemami z jego stabilnością. Drogie teleskopy, o specjalnie dobranych krzywiznach soczewek i luster, wykonanych z zaawansowanych i rzadkich gatunków szkła o niskiej dyspersji, dają znacznie więcej możliwości i satysfakcji z użytkowania, co oczywiście kosztuje.

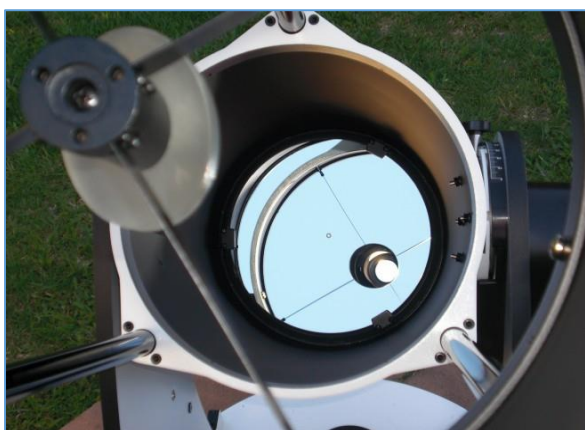
Refraktory

Teleskopy dzielimy ogólnie na soczewkowe (refraktory) i zwierciadlane (reflektory). Istnieją także systemy optyczne mieszane (katadioptryki), łączące właściwości refraktorów i reflektorów. W ramach każdej z grup istnieje wiele rozwiązań optycznych, każde mające we właściwy sobie sposób skorygowane wady optyczne (aberracje), naturalnie wynikające z fizycznych właściwości soczewek i zwierciadeł. Najpopularniejsze refraktory to tzw. achromaty, mające skorygowaną aberrację chromatyczną dla dwóch kolorów (długości fali), choć nie w stopniu umożliwiającym zaawansowaną astrofotografię. Ich nowoczesną odmianą są tzw. apochromaty i superapochromaty, skorygowane dla trzech i więcej kolorów, bez komy i z płaskim polem widzenia. Jakość dawanych przez nie obrazów jest doskonała, co odpowiednio odbija się na ich cenie. Teleskopy te, poza wspaniałą optyką, są także wyśmienicie i solidnie wykonane pod względem technicznym, co zapewnia komfortowe obserwacje przez długie lata.



Fot. 27. Obiektyw refraktora apochromatycznego

Reflektory



Fot. 28. Zwierciadła główne i wtórne teleskopu systemu Newtona

Nowoczesne światłosilne astrografi o płaskim i szerokim polu widzenia, to najczęściej reflektory systemu Ritchey-Cretien, o hiperbolicznym lustrze głównym i wtórnym. Zapewniają doskonałą jakość obrazu w całym polu widzenia, choć ich cena znacznie przewyższa proste konstrukcje Newtona, stosowane szeroko przez miłośników astronomii na całym świecie.

Katadioptryki

Układy optyczne soczewkowo-zwierciadlane są szeroko rozpowszechnione wśród miłośników astronomii. Zapewniają dobrą jakość obrazu i relatywnie kompaktowe rozmiary w stosunku do długości ogniskowej obiektywu. Generalną zasadą ich działania jest korygowanie wad optycznych sferycznego lub parabolicznego zwierciadła głównego, przez asferyczną soczewkę, zwaną płytą korekcyjną (teleskopy systemu Schmidta) lub meniskiem (teleskopy systemu Maksutowa). Do zastosowań amatorskich wykorzystuje się ich odmiany na bazie systemu Newtona (dodatkowe lustro płaskie) lub Cassegraina (otwór w lustrze głównym), które pozwalają wyprowadzić światło poza tubus teleskopu.



Fot. 29. Reflektory Schmidta-Cassegraina

Warto pamiętać, że do obserwacji konkretnej kategorii ciał niebieskich stosuje się inne rodzaje teleskopów. Generalna zasada jest taka, że do Słońca, Księżyca, planet i jasnych gromad kulistych preferowane są teleskopy długoogniskowe, pozwalające uzyskiwać duże powiększenia, choć przy postępującym spadku jasności obrazu. Najczęściej będą to więc refraktory achro- i apochromatyczne, lub długoogniskowe katadioptryki. Obserwując galaktyki, mgławice, komety i szerokie pola gwiazdowe, stosuje się ogniskowe mniejsze i także powiększenia. Idealnie nadają się do tego reflektory Newtona o lustrach o średnicy 20-25 cm wzwyż, a także katadioptryki systemu Schmidta-Cassegraina z długoogniskowymi okularami lub z reduktorami ogniskowej.

Montaż

Wielu doświadczonych astronomów twierdzi, że montaż to bardzo ważny, jeśli nawet nie najważniejszy element systemu obserwatorium astronomicznego. Stabilne prowadzenie teleskopu, brak luzów i wibracji, idealne kompensowanie pozornego obrotu nieba, to z jednej strony podstawa obserwacji wizualnych, z drugiej warunek absolutnie niezbędny, aby wykonywać nieporuszone fotografie ciał niebieskich. Uzyskiwanie bowiem punktowych obrazów gwiazd w warunkach długich ekspozycji, trwających często po kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt minut, jest prawdziwym wyzwaniem technologicznym. Okazuje się więc, że dobry montaż teleskopu może często kosztować znacznie więcej od samego instrumentu optycznego. Planując zakup trzeba pamiętać o takim doborze montażu, aby poza jakością wykonania, jego nominalna nośność odpowiadała co najmniej sumarycznej wadze wszystkich urządzeń jakie będą na nim zainstalowane, a najlepiej o 20-30% ją przewyższała. Odpowiedni zapas nośności pozytywnie wpływa na dokładność pracy montażu i przedłuża jego żywotność, daje również możliwość zainstalowania kolejnego urządzenia w przyszłości.

Montaż azymutalny



Fot. 30. Teleskop na montażu Dobsona

W praktyce stosuje się dwa rodzaje montażu teleskopowych i ich modyfikacje. Najprostszym jest montaż azymutalny, gdzie teleskop porusza się w dwóch osiach – azymutu i wysokości. Jego zaletą jest wspomniana prostota, a co za tym idzie cena. Wadą montażu azymutalnego jest konieczność prowadzenia teleskopu w obu osiach jednocześnie, co wynika z tego, że współrzędne azymutalne ciała niebieskiego cały czas się zmieniają – wschodzi, jego wysokość na niebie wzrasta, w tym samym czasie zmienia się jego azymut. Nie nadaje się on więc astrofotografii, gdyż nawet jeśli dodamy do niego silniczki prowadzące w obu osiach, to pojawi się problem rotacji pola widzenia. Trzeba wtedy stosować specjalne derotatory pola, które eliminują niekorzystny efekt.



Fot. 31. Montaż azymutalny widłowy

Miłośnicy astronomii powszechnie wykorzystują odmianę montażu azymutalnego, zwaną montażem Dobsona, która idealnie sprawdza się w przypadku reflektorów systemu Newtona, mających wyciąg okularowy wysoko przy wylocie tubusu. Jest to obrotowa skrzynia z osadzonym w niej wyważonym tubusem teleskopu, który manualnie naprowadza się na wybrany obiekt i na bieżąco koryguje efekt pozornego przesuwania się gwiazd w polu widzenia. Nowsze montáže Dobsona wyposażone są w prowadzenie mechaniczne, ułatwiające obsługę zwłaszcza teleskopów o większej średnicy zwierciadła.

Montaż równikowy

Drugim typem montażu jest montaż równikowy, który wykorzystuje fakt, że deklinacja i rektascensja – współrzędne ciała niebieskiego w astronomicznym układzie równikowym, nie zmieniają się w czasie pozornego obrotu sfery niebieskiej. Zasada jego działania opiera się na skierowaniu jednej z osi na biegun niebieski co sprawia, że staje się ona równoległa do osi obrotu Ziemi. Aby śledzić dany obiekt na niebie wystarczy wtedy poruszać



Fot. 32. Montaż paralaktyczny niemiecki

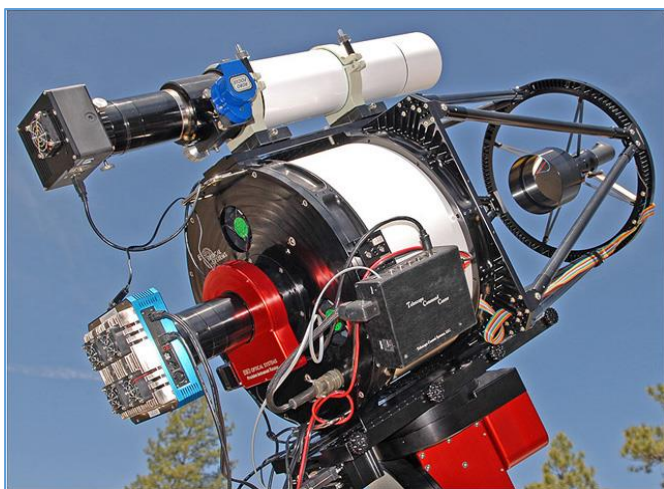
Ułatwia to wstępne przygotowanie montażu do pracy. Montaż równikowy widłowy stosuje się najczęściej dla teleskopów o zwartej budowie, takich jak reflektory Schmidta-Cassegraina, czy Ritchey-Cretien. Można uznać, że jest to jakby widłowy montaż azymutalny, zamocowany na platformie równikowej nachylonej o kąt równy szerokości geograficznej miejsca obserwacji.

Dobrej jakości montaż wykonany jest z najwyższej jakości materiałów. Cechuje go doskonała stabilność, brak luzów, ich elementy mechaniczne zapewniają precyzyjne prowadzenie, a wszelkie, nawet minimalne, okresowe błędy przekładni można korygować za pomocą dedykowanej elektroniki i oprogramowania. Dla obserwacji zdalnych klasowy montaż to element absolutnie niezbędny, gdyż tylko taki ma możliwość niezawodnego komunikowania się z komputerem i zainstalowanym na nim oprogramowaniem sterującym.



Fot. 33. Montaż paralaktyczny widłowy

Kamery CCD



Fot. 34. Astronomiczne kamery CCD sprzężone z teleskopami

także jako podstawa do zajęć z komputerowych technik obróbki obrazu (w ramach lekcji informatyki lub plastyki). Zastosowanie kamer staje się niezbędne, gdy chcemy prowadzić zajęcia ze zdalnym podglądem obrazu z teleskopu.

Rewolucja w cyfrowej rejestracji obrazu momentalnie znalazła zastosowanie w astronomii. Dawne techniki fotografii na szklanych płytach, czy celuloidowej kliszy, szybko odeszły w zapomnienie. W chwili obecnej do fotografowania ciał niebieskich stosuje się prawie wyłącznie kamery CCD lub specjalnie do tego przystosowane lustrzanki z wymiennymi obiektywami. Jakość materiału fotograficznego, który za ich pomocą uzyskamy, pozwala na przygotowywanie przepięknych ujęć mgławic, galaktyk, szerokich pól gwiazdowych, gromad gwiazd, a także ciał Układu Słonecznego. Fotografie te, poza funkcją czysto estetyczną, będą wspaniałym materiałem edukacyjnym nie tylko jeśli idzie o ich stronę astronomiczną, ale

Klasyczna kamera CCD to przetwornik cyfrowy, na który padają fotony, mający zdolność kumulowania ich w czasie. Dlatego też za pomocą teleskopu i kamery CCD jesteśmy w stanie rejestrować słabo świecące obiekty, daleko słabsze od najśłabszych dostrzegalnych nieuzbrojonym okiem. Aby zminimalizować szumy degradujące obraz, matrycę schładza się za pomocą ogniw Peltiera do temperatury często niższej o około 50-60 stopni od temperatury otoczenia. Oznacza to, że kamera może pokryć się lodem, co jest zjawiskiem jak najbardziej normalnym. Kamerą można sterować w zakresie długości pojedynczej ekspozycji i ilości fotografii w serii. W zależności więc od rodzaju obiektu, który chcemy sfotografować, mogą to być serie fotografii o czasie naświetlania od ułamka sekundy do kilkunastu-kilkudziesięciu minut.



Fot. 35. Kamera planetarna



Fot. 36. Detektor CCD

Do fotografowania planet, Księżyca, czy Słońca, używa się specjalnych kamer planetarnych, posiadających bardzo małe wymiary pojedynczego piksela. Ze względu na względnie dużą jasność tych obiektów, stosuje się krótkie czasy naświetlania i duże ilości pojedynczych fotografii (nawet kilkaset). Składa się je następnie ze sobą (stackuje), aby zwiększyć stosunek sygnału do szumu. Zapewnia to doskonałe oddanie detali i struktur widocznych na tarczach chociażby Marsa, czy Jowisza. Do obiektów rozciągniętych jak chmury gwiazdowe, mgławice, galaktyki, czy komety, używa się kolorowych lub monochromatycznych kamer CCD lub lustrzanek o dużej rozdzielczości. Czasy naświetlania są tu znacznie dłuższe, ale zasada jest podobna – składamy większą ilość fotografii, aby uzyskać sumaryczną klatkę o czasie naświetlania idącym w kilka, kilkanaście, czy nawet kilkadziesiąt godzin.

Kamery barwne pozwalają od razu rejestrować kolorowe obrazy ciał niebieskich. Często jednak stosuje się znacznie czulsze kamery monochromatyczne, w których aby uzyskać finalny barwny obraz danego obiektu, fotografuje się go z zastosowaniem różnych filtrów. Klasyczne filtry RGB (czerwony, zielony, niebieski) mogą być wzbogacane o filtry przepuszczające znacznie węższe pasma, jak OIII (tlen), SII (siarka), H-alfa (wodór), i inne. Wysokiej klasy monochromatyczne kamery CCD wyposaża się w specjalne sterowalne koła filtrów, ułatwiające zmianę filtra, a co za tym idzie pasma, w którym fotografujemy wybrany obiekt.



Fot. 37. Koło filtrów



Fot. 38. Body lustrzanki fotograficznej

Do fotografowania nieba używa się także lustrzanek, które w normalnych warunkach wykorzystuje się w klasycznej fotografii dziennej. Aby zamontować kamerę w ognisku teleskopu trzeba wyposażyć ją w specjalny pierścień przejściowy, pasujący do wyciągu okularowego. Zaletą lustrzanek jest możliwość bezpośredniego podglądu kadru z wykorzystaniem przyzmatu pentagonalnego.

Okulary

Starannie dobrane okulary są koniecznym elementem wyposażenia obserwatorium astronomicznego. Dzięki nim będziemy w stanie komfortowo wizualnie podziwiać skarby rozgwieżdżonego nieba. Dobierając odpowiednio ogniskową okularu oraz jego pole widzenia, uzyskuje się różne powiększenia, które pozwalają na studiowanie detali obserwowanego ciała niebieskiego. Rynek oferuje bardzo wiele okularów astronomicznych, od prostych okularów Kellnera, czy Plossla, aż do zaawansowanych konstrukcji szerokokątnych firm TeleVue serii Nagler i Ethos, lub Pentax serii XL i XW.



Fot. 39. Rodzina okularów astronomicznych firmy Pentax

Windując powiększenia w górę, ogniskową okularu dobieramy tak, aby w danych warunkach atmosferycznych (seeing), móc dostrzec możliwie dużo detali bez widocznego pogorszenia jakości obrazu. Przy stabilnych zimowych mroźnych wyżach, lub w czasie pogodnej nocy po przejściu burzy, nadarżają się często warunki wyjątkowo dobrego seeingu, aby w trakcie obserwacji Księżyca i planet z użyciem krótkoogniskowych okularów, stosować maksymalne

dla danego instrumentu powiększenia. Przy powiększeniach rzędu 250-300x i większych, jak na dłoni uwidaczniają się delikatne struktury w pasach atmosfery Jowisza, pasy atmosfery i struktura pierścieni Saturna, czy zarysy wielkich form powierzchni na Marsie. Doskonałe do obserwacji planet są krótkoogniskowe okulary ortoskopowe o wyjątkowej ostrości obrazu, mające jednak niewielkie pole widzenia. Widok wielkich kraterów księżycowych, w nich mniejszych kraterów, spękań, linii uskoków tektonicznych, łańcuchów górskich i pól lawowych, przyprawi wtedy o zawrót głowy.



Fot. 40. Rodzina okularów ortoskopowych firmy Zeiss

Do obserwacji mgławic, galaktyk i komet, będących obiektami o dużej rozciągłości powierzchniowej, stosuje się przeważnie mniejsze powiększenia, pozwalające ogarnięcie całego obiektu w jednym szerokim polu widzenia. Tym razem warto przygotować się na obserwację kosmosu jakby z kapsuły sondy kosmicznej, gdy nasz instrument z długoogniskowym szerokokątnym okulem, umożliwi nam rozkoszowanie się strukturą ramion spiralnych galaktyk, bogatym spektrum kształtów mgławic emisyjnych i refleksyjnych, rozległymi polami gwiazdowymi, czy gęstymi chmurami gwiazd w obrębie Drogi Mlecznej, zwłaszcza w kierunku jej centrum w konstelacji Strzelca.



Fot. 41. Okulary szerokokątne firmy TeleVue

Kupując okulary pamiętajmy, że bezpośrednio decydują o jakości obrazów uzyskiwanych przez nasz teleskop. Okular powiększa bowiem obraz tworzony przez obiektyw, przez co staje się niewąlgicznym elementem toru optycznego. Kompromisy w tej materii zawsze się mszczą, zatem celowym jest na wstępie inwestycji za budżetować najwyższej klasy okulary, które służyć będą przez długie lata. Potrzebny będzie komplet okularów o różnych ogniskowych – od krótkich (5-15 mm), poprzez średnie (15-30 mm), do długich (powyżej 30 mm). Nowoczesne okulary wymienionych wyżej producentów, w których wnętrzu znajduje się nawet 6-7 starannie zaprojektowanych soczewek, mają jeszcze jedną zaletę, a mianowicie odsuniętą daleko źrenicę wyjściową. Oznacza to, że osoby z wadami wzroku, noszące okulary, nie muszą ich zdejmować podczas obserwacji, gdyż obraz tworzony przez okular powstaje w odpowiedniej odległości od jego zewnętrznej soczewki.

Teleskop słoneczny



Fot. 42. Teleskop słoneczny firmy Lunt

i rozbłyski, stają się widoczne jak na dłoni. Teleskop słoneczny może być instrumentem przenośnym, jednak w warunkach stacjonarnego obserwatorium warto przemyśleć możliwość zainstalowania go na osi głównego teleskopu, co sprawia, że można wykorzystywać jeden i ten sam montaż do sterowania dwoma teleskopami. Warto rozważyć jest otwieranie obserwatorium w każdy pogodny dzień i przekazywanie strumienia wideo z kamery podłączonej do teleskopu do Internetu, np. na stronę www.obserwatorium. W ten sposób szkoła będzie dzielić się możliwościami swojego obserwatorium z zainteresowanymi osobami z całego świata.

Astronomią można zajmować się nie tylko w nocy, ale również w dzień. Słońce to przecież najbliższa nam gwiazda, na której powierzchni dzieją się bardzo interesujące zjawiska, dostępne obserwacjom teleskopowym (pamiętajmy też o możliwości dziennych obserwacji jasnych planet i Księżyca). Musi to być jednak specjalny teleskop, wyposażony w zaawansowane filtry (linie wodoru, wapnia, sodu, czy helu) odcinające duży fragment słonecznego widma, ukazując gwiazdę jako wielki termojądrowy tygiel, gdzie żarząca się plazma, granulacja, pochodnie, protuberancje, plamy

Akcesoria dodatkowe

Tak jak dobra kuchnia nie może obyć się bez przypraw, tak w obserwatorium niezbędne są różnego rodzaju drobne akcesoria ułatwiające korzystanie z teleskopów. Poszerzają one ich nominalne możliwości, poprawiają ergonomię i komfort obserwacji, wynoszą system obserwatorium na wyższy poziom zaawansowania. Indywidualni miłośnicy astronomii, przeważnie ze względów finansowych, z reguły zaopatrzają się w nie stopniowo, kiedy z biegiem czasu widzą konieczność doposażenia swojej stacji astronomicznej. Posiadając na starcie inwestycji odpowiedni budżet można dokonać zakupów kompleksowo, co przy tej skali kosztów daje możliwość negocjacji korzystnych zniżek i rabatów. Przyjrzyjmy się temu bliżej.

Guider

Decydując się na długoczasową astrofotografię trzeba przygotować montaż teleskopu do długotrwałego i bardzo dokładnego podążania za pozornym ruchem sfery niebieskiej. Wysokiej jakości montaże, po uprzednim precyzyjnym ustawieniu, są w stanie prowadzić nawet kilkanaście minut, zachowując wciąż punktowe obrazy gwiazd. Jednak im większa ogniskowa teleskopu, tym dokładniej należy go prowadzić. W praktyce nawet najdoskonalsze montaże muszą więc otrzymywać zewnętrzne polecenia korekcji prowadzenia. Służy ku temu mały teleskop (refraktor) z podłączoną do niego kamerą CCD, zamontowaną na osi teleskopu. Obserwuje on wybraną gwiazdę i dzięki kamerze przesyła jej obraz do komputera. Specjalne oprogramowanie sprzężone z montażem teleskopu obserwuje ruch gwiazdy i jeżeli tylko zauważy jej dryf od idealnej pozycji, wysyła korygujący sygnał do montażu.



Fot. 43. Teleskop główny i guider

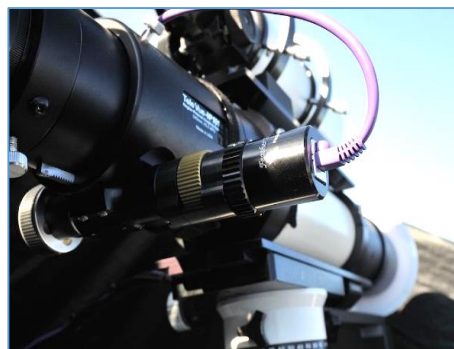
Wyciąg okularowy z elektronicznym focuserem



Fot. 44. Wyciąg okularowy Feather Touch

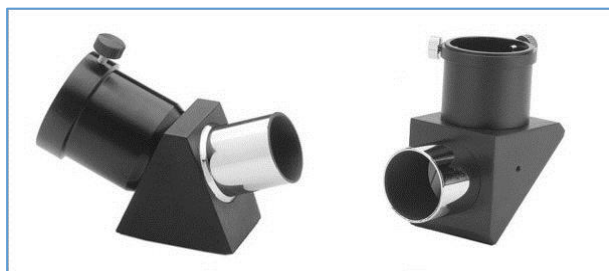
i automatyczne dążenie do tego aby w danych warunkach był jak najmniejszy, co jest oczywiście oznaką dobrze ustawionej ostrości. Specjalny silnik krokowy, sprzężony z przekładniami wyciągu, jest w stanie wykonywać minimalne korekty, aby stale gwarantować pożądaną jakość, z dokładną skalą, bez luzów i z możliwością blokowania aktualnej pozycji. Dokładność taką uzyskuje się na specjalizowanych, programowanych komputerowo obrabiarkach/frezarkach CNC. Trzeba pamiętać, że aparatura zawieszona na wyciągu ma swoją wagę, która grawitacyjnie dążyć będzie do jego wysunięcia. Przy dużym wysunięciu wyciągu, musi on pozostawać osiowy. Należy tak dobierać parametry maksymalnego obciążenia, aby długa eksploatacja nie powodowała nadmiernego wyrobienia się części mechanicznych wyciągu.

Elementem mającym bezpośredni wpływ na komfort i jakość obserwacji wizualnych, a także sesji astrofotograficznych, jest wyciąg okularowy. Umożliwia dokładne ustawienie ostrości i jej bieżącą korekcję w ciągu nocy. Wysokiej klasy wyciągi posiadają dwa przełożenia – pierwsze do wstępnego ustawienia ostrości, a drugie z pomocą mikroruchów do precyzyjnego ostrzenia obrazu. W wyciągu okularowym można też mocować wypłaszczacze pola czy korektory komy. Nie bez znaczenia jest możliwość automatyzacji ustawiania ostrości, co dodatkowo uodparnia teleskop na wstrząsy i drgania spowodowane dotykaniem ręką obserwatora. Nowoczesne systemy automatyzacji ustawiania ostrości, stosowane w astrofotografii, umożliwiają pomiar wielkości obrazu gwiazdy w kamerze CCD



Fot. 45. Elektroniczny focuser

Złączka kątowa



Fot. 46. Złączki kątowe 45 i 90 stopni

stosuje się złączki kątowe, które odchylają bieg promieni świetlnych, najczęściej o 90 lub 45 stopni. W pierwszym przypadku złączka odwraca obraz, w drugim obraz jest prosty, czyniąc z teleskopu naziemną lunetę obserwacyjną. Elementem załamującym może być pryzmat lub lustro. Złączki kątowe produkowane są najczęściej w dwóch standardach gwintu 1,25 oraz 2 cale. Z jednej strony wkłada się je w wyciąg okularowy, z drugiej montuje okular astronomiczny. Wewnętrzne nagwintowanie złączy umożliwia również zamocowanie filtrów w standardzie 1,25 lub 2 cale. Warto zwracać uwagę na jakość wykonania elementów załamujących i ich sprawność optyczną. Dobrze jest, gdy nie będziemy tracić zbyt dużo światła na jego załamaniu lub odbiciu. Najwyższej jakości złączki mają sprawność na poziomie 99%.

Obserwując niebo za pomocą refraktora lub reflektora systemu Cassegraina (i pokrewnych), z pewnością pojawi się kłopot z obserwacją obiektów położonych w pobliżu zenitu, spowodowany umiejscowieniem okularu z tyłu tubusu. Skierowanie teleskopu wysoko ponad horyzont sprawia, że okular znajduje się nisko, przez co trzeba znacznie się pochylić, co jest bardzo niewygodne czyniąc obserwacje niekomfortowymi.

Aby poprawić ergonomię obserwacji wizualnych

Reduktor ogniskowej

Reduktory ogniskowej to układy optyczne, które powodują skrócenie ogniskowej i wzrost światłości instrumentu optycznego. Stosuje się je wtedy, gdy chcemy posiadanym teleskopem uzyskiwać mniejsze powiększenia, jaśniejsze obrazy, większe pola widzenia. Reduktory ogniskowej przydają się do fotografowania obiektów powierzchniowych – galaktyk, mgławic, komet, czy szerokich pól gwiazdowych w obrębie Drogi Mlecznej.



Fot. 47. Reduktor ogniskowej

Soczewka Barlowa



Fot. 48. Soczewka Barlowa firmy TeleVue

Jeśli pojawia się konieczność wydłużenia wypadkowej ogniskowej teleskopu, należy zastosować rozpraszającą soczewkę Barlowa. Nowoczesne konstrukcje tego typu zawierają kilka starannie dobranych soczewek, aby poza wydłużeniem ogniskowej, korygować inne wady optyczne jak koma, czy dystorsja. Soczewki Barlowa montuje się przed okulem lub kamerą CCD. Pozwalają na stosowanie większych powiększeń, idealnych do studiowania detali na tarczach planet, czy gór i kraterów na Księżycu. Wydłużenie ogniskowej powoduje spadek światłości instrumentu optycznego, pociemnienie obrazu i zmniejszenie pola widzenia.

Wypłaszczacz pola (field flattener)

Wypłaszczacze pola stosowane są głównie w astrofotografii, kiedy zależy nam na możliwie ostrym i pozbawionym liniowych zniekształceń obrazie w całym kadrze. Rozwój technologii rejestracji obrazu spowodował konstruowanie kamer z coraz większymi detektorami CCD, pozwalającymi na fotografowanie szerokich pól gwiazdowych. Niestety w wielu teleskopach ostry obraz powstaje tylko w pobliżu osi optycznej, a im dalej od osi tym więcej defektów. Stosowanie wypłaszczaczy pola wydatnie redukuje ten problem.



Fot. 49. Field flattener do astrofotografii

Korektor komy



Fot. 50. Korektor komy

Koma, to aberracja optyczna powodująca, że na skraju pola widzenia gwiazdy mają postać przecinków. W efekcie, aby zaprezentować wysokiej jakości fotografię, trzeba ją wcześniej skadrować tak, aby wyciąć niepożądany defekt. Duża koma charakteryzuje zwłaszcza światłosilne teleskopy Newtona, ale również inne konstrukcje borykają się z jej niekorzystnym wpływem. Korektory komy, to specjalne układy soczewek eliminujące lub wydatnie zmniejszające tą aberrację w posiadanym instrumencie optycznym. Posiadając większy budżet warto na wstępie zaplanować zakup optyki pozbawionej komy. Układy wolne od tej aberracji nazywa się współcześnie aplanatami.

Filtr słoneczny

Bezpieczne obserwacje Słońca kategorycznie wymagają zastosowania szklanego lub mylarowego filtra, który odetnie odpowiedni procent groźnego dla wzroku promieniowania. Dawniej w celu obserwacji gwiazdy stosowano technikę rzutowania jej obrazu poprzez teleskop na umieszczony za okulem ekran. Ta metoda prowadziła czasem do uszkodzenia toru optycznego instrumentu, zwłaszcza gdy występowały w nim nieosiowości. Trzeba bowiem pamiętać, że skupiające zdolności teleskopu, zwłaszcza gdy skierowany jest ku Słońcu, powodują że wzrasta temperatura soczewek i ich mocowania. Już samo grzanie soczewek niekorzystnie odbija się na ich trwałości. Gdy dodamy do tego nieosiowości, powodujące ogniskowanie się słonecznych promieni na elementach wewnętrznych teleskopu, stąd już prosta droga do trwałego jego uszkodzenia, a nawet pożaru.



Fot. 51. Szklany filtr słoneczny

Odraszacz



Fot. 52. Odraszacz założony na tubus teleskopu

W astronomii kłopotliwe stają się noce w warunkach bardzo dużej wilgotności, która po ochłodzeniu się powietrza w naturalny sposób, w postaci rosy lub zimowych osadów, będzie gromadzić się na optyce, uniemożliwiając prowadzenie obserwacji. Ktoś powie, że wystarczy wytrzeć zgromadzoną wilgoć, aby dalej prowadzić obserwacje. Jest to jednak myślenie mogące prowadzić do uszkodzenia delikatnej optyki. Soczewki, zwierciadła, płyty korekcyjne, meniski i filtry są bardzo wrażliwe na kontakt z powierzchniami trącymi, nawet jeśli wykonane są z delikatnego materiału. Jeśli wraz z rosą, czy szronem, do optyki przyłgnie drobina kurzu, prowadzić to może do zarysowań i ubytków w powłokach antyrefleksyjnych. W praktyce stosuje się dodatkowe rury montowane na tubie teleskopu, na których zbiera się nadmiar wilgoci. To doskonałe rozwiązanie, a przy tym bardzo tanie, gdyż można je wykonać we własnym zakresie z powszechnie dostępnych materiałów.

Bardziej zaawansowane konstrukcje wykorzystują sterowane elektronicznie paski grzewcze, które montuje się za pomocą rzepów u wylotu tubusu teleskopu. Czujniki sterujące urządzeniem obliczają kiedy temperatura powietrza osiągnie punkt rosy i stosownie do warunków włączają lub odłączają ogrzewanie. Trzeba zaznaczyć, że nie jest to ogrzewanie mogące degradować obrazy otrzymywane posiadanym instrumentem optycznym. Zadaniem systemu jest utrzymywanie temperatury optyki zawsze nieco powyżej punktu rosy. To wystarcza, aby bez przerw prowadzić kolejne sesje obserwacyjne.



Fot. 53. Paski grzewcze

Pointer laserowy



Fot. 54. Zielony wskaźnik laserowy

Zielony pointer laserowy jest nieocenionym pomocnikiem każdej sesji astronomicznej, zwłaszcza gdy prowadzimy zajęcia edukacyjne polegające na wskazywaniu charakterystycznych układów gwiazd, asteryzmów i konstelacji, czy odszukiwaniu konkretnych obiektów na niebie. Należy zwracać baczną uwagę, aby promieniem lasera nie trafić przypadkowo w źrenicę osoby znajdującej się w pobliżu, nie celować w przelatujące samoloty, a także upewnić się, że nikt w pobliżu nie fotografuje nieba, gdyż łatwo popsuć mu ujęcie zielonymi smugami, które z pewnością zarejestruje kamera CCD.

Dodatkowe teleskopy

W przypadku, gdy na pokaz nieba w obserwatorium stawi się większa liczba chętnych, dobrze byłoby zapewnić im swego rodzaju przedsmak obserwacji głównym teleskopem. Posłużą do tego mniejsze teleskopy przenośne, które łatwo rozstawić i przygotować do obserwacji, łatwo też obsługiwać. W praktyce, najczęściej do tego celu wykorzystywane są reflektory systemu Newtona na montażu Dobsona. Średnica zwierciadła zapewniająca mobilność oscyluje w granicach 15-20 cm, co w zupełności wystarcza, aby w oczekiwaniu na swoją kolej przy teleskopie głównym, obserwować wybrane obiekty na nieboskłonie.

Kamera AllSky



Fot. 56. Kamera AllSky

Cennym dodatkowym wyposażeniem obserwatorium będzie niewątpliwie krótkoogniskowa kamera do podglądu całego nieba, którą fotografowie określają często mianem rybiego oka. Kamera AllSky obejmuje w jednym



Fot. 55. Mobilny teleskop na montażu Dobsona

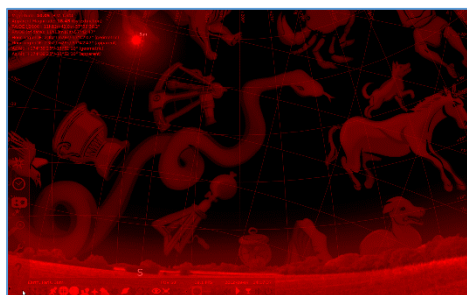
kadrze całe sklepienie niebieskie, co umożliwia obserwację gwiazdozbiorów rotujących pozornie wokół Gwiazdy Polarnej, przelatujących satelitów, jasnych meteorów. W ciągu dnia kamera z powodzeniem ukaże nam rozwój i wędrówkę chmur, dynamikę burz i błyskawice, oraz inne zjawiska optyczne w atmosferze. Kamery tego typu zamknięte są specjalną szklaną lub plastikową przezroczystą kopułką, która chroni detektor cyfrowy przez zanieczyszczeniami (pyłem, kurzem, ptasimi odchodami, itp.). Należy oczywiście regularnie sprawdzać jej stan i od czasu do czasu umyć.

Oświetlenie nie degradujące adaptacji wzroku do ciemności

Czerwone oświetlenie kojarzone było dawniej z pracą w warunkach ciemni fotograficznej, gdzie każde jaskrawe światło mogło zniszczyć niewywołane negatywy lub nieutrwalone pozytywy. Obserwacje astronomiczne wymagają adaptacji wzroku do ciemności, aby powiększona źrenica mogła rejestrować słabsze gwiazdy i więcej detali w takich obiektach jak galaktyki, mgławice czy gromady gwiazd. Gdy zachodzi potrzeba aby odszukać coś w pobliżu teleskopu, sięgnąć po coś co upadło na podłogę, warto posiadać czerwone oświetlenie w obserwatorium, lub chociażby czerwoną latarkę, która pomoże nam rozwiązać problem.



Fot. 57. Nocne oświetlenie wnętrza obserwatorium



Fot. 58. Tryb nocny komputerowego atlasu nieba

Również komputerowe atlasy nieba posiadają funkcję wyświetlania sfery niebieskiej w specjalnym trybie nocnego obserwatora. Możemy wówczas bezpiecznie planować kolejne etapy obserwacji, bez obawy o konieczność ponownej adaptacji wzroku, która może trwać nawet kilkadziesiąt minut.

Słup teleskopu i podłoga w obserwatorium

Nawet najlepszej jakości montaż będzie tylko drogą zabawką, jeśli nie zostanie przymocowany do solidnego słupa (piera). Zapewni on odpowiednie podparcie, stabilność i ochronę przed wibracjami, zwłaszcza gdy obsługuje się obserwatorium będąc w środku. Idealnym rozwiązaniem byłoby wpuszczenie stalowego zbrojenia głęboko w grunt i zalanie go betonem. W górnej części tak przygotowanego słupa należy wcześniej zatopić śruby montażowe, do których mocuje się grubą, dającą się poziomować stalową płytę, a do niej dopiero montaż. Inne szeroko stosowane rozwiązania przewidują instalację solidnej stalowej rury, przykręconej do podłogi. Dla uzyskania odpowiedniej stabilności i tłumienia drgań, wysypuje się do niej piasek. Na etapie projektowania słupa warto przygotować na nim miejsca na zamontowanie gniazdek elektrycznych, czy elektroniki sterującej teleskopem, kamerą CCD i pozostałymi urządzeniami. Zatopienie w betonie odpowiedniej długości rurki PCV stworzy trwały i bezpieczny kanał na poprowadzenie kabli instalacji elektrycznej i sieci komputerowej.



Fot. 59. Betonowy słup teleskopu



Fot. 60. Podłoga niezależna od słupa teleskopu

Osobną kwestią jest podłoga obserwatorium. Poruszanie się wokół teleskopu powoduje drgania, które błyskawicznie przenoszą się na słup. Stąd już krok do degradacji sesji fotograficznej, czy kłopotów przy obserwacjach wizualnych, zwłaszcza z wykorzystaniem dużych powiększeń. W takiej sytuacji pomóc może wyłożenie podłogi tłumiącą drgania wykładziną, ale znacznie lepsze rezultaty da całkowite odseparowanie podłogi od słupa. W praktyce należy więc wykonać niezależną podłogę z otworem na słup. Wykładzina z tworzywa sztucznego, czy specjalny sztuczny trawnik wydatnie poprawią estetykę wnętrza, a dodatkowo je wygłuszą. Takie podejście zapewni komfortowe obserwacje nawet, gdy w obserwatorium znajdować się będzie więcej osób.

Inne

Z pozostałych urządzeń i rozwiązań, które warto zaadaptować w obserwatorium, warto pomyśleć o systemie **wentylacji**, który zwłaszcza w porze letniej i związanego z nią silnego ogrzewania wnętrza, pozwoli na cyrkulację powietrza i odprowadzanie ciepła i wilgoci. Zimą z kolei, ogrzewanie wnętrza obserwatorium choć w podstawowym stopniu może pomóc zapobiegać oblodzeniu elementów jezdnych kopuły lub rozsuwanego dachu. System taki może być sterowany automatycznie za pomocą dedykowanego **termostatu**, funkcjonującego w oparciu o dane ze stacji pogodowej, lub czujników temperatury i wilgotności podpiętych bezpośrednio do karty sterującej obserwatorium. Ciekawym i pożytecznym rozwiązaniem jest automatyczna **osłona lustra teleskopu**, która chronić będzie je przed kurzem i innymi niekorzystnymi czynnikami podczas okresu, gdy teleskop jest nieużywany. Ze względu na kosztowne wyposażenie obserwatorium, należy przemyśleć zasadność instalacji **alarmu antywłamaniowego**. Profesjonalne firmy ochroniarskie oferują szereg rozwiązań, które automatyzują i przyspieszają czas reakcji odpowiednich służb na akty wandalizmu, czy pospolitą kradzież.

Praktyczne jest wygospodarowanie miejsca na podstawową **literaturę**, do której będzie dostęp podczas sesji obserwacyjnej. Przewodnik po gwiazdozbiorach, rocznik astronomiczny, czy klasyczny papierowy atlas nieba, to nieodzowni przyjaciele spotkań pod gwiazdami. Potrzebne będą również przybory do pisania oraz notatnik, który stanie się **dziennikiem obserwacyjnym**, w którym zapisywać będziemy wszystko to, co wydarzyło się podczas obecności przy teleskopie (data, czas, lista obecności, warunki pogodowe, obserwowane obiekty, ewentualne usterki i zauważone problemy, wrażenia z obserwacji, pytania, niecodzienne zjawiska, itp.). Nieodzownym elementem wyposażenia obserwatorium powinien też być dokładny **zegar**, najlepiej synchronizowany z atomowym wzorcem czasu, pobieranym z Internetu. Trzeba bowiem pamiętać, że każda obserwacja astronomiczna powinna być dowiązana do konkretnego momentu, aby mieć możliwość późniejszych porównań i zestawień.

Stacja bolidowa

Ciekawym elementem znacząco poszerzającym funkcjonalność obserwatorium astronomicznego jest stacjonarna stacja bolidowa. Urządzenie to, zbudowane z jednej lub kilku kamer przemysłowych, monitorujących możliwie duży fragment nieba, pozwala na automatyczną rejestrację jasnych meteorów (bolidów). Bardziej zaawansowane stacje posiadają wirującą migawkę, która sprawia, że zarejestrowany ślad bolidu jest poprzecinany proporcjonalnie do jego prędkości. Stacje bolidowe pozwalają na uwiecznianie na fotografii jasnych meteorów należących do znanych i nieznanych rojów, zjawisk sporadycznych. Specjalne oprogramowanie umożliwia weryfikację pozyskanego materiału, odsiewanie szumu (przeloty samolotów, pojaśnienia paneli słonecznych satelitów, fajerwerki), a także późniejsze wyznaczanie orbity konkretnego meteoru.



Fot. 61. Przygotowanie stacji bolidowej do pracy



Fot. 62. Efekty pracy stacji bolidowej

Jakby tego było mało, wyposażenie kamer w spektroskop pozwala na określenie składu chemicznego bolidu, co przy jednoczesnej znajomości orbity jest już istotne z naukowego punktu widzenia. Zaletą stacji bolidowej jest fakt, że działa automatycznie, a człowiek niezbędny jest dopiero na etapie weryfikacji danych. W Polsce powstała sieć stacji bolidowych (pod szyldem Pracowni Komet i Meteorów, PKiM), które pokrywając obszar kraju umożliwiają wyznaczanie innych parametrów przelotu bolidu jak wysokość na jakiej się pojawił, czy, w przypadku wyjątkowo spektakularnych zjawisk, rejon ewentualnego spadku meteorytu. Dowiązanie szkolnego obserwatorium do ogólnopolskiej sieci jest doskonałą okazją do prowadzenia obserwacji o realnej wartości naukowej, a także uczestnictwa w dorocznych konferencjach organizowanych przez PKiM, gdzie omawiane są najciekawsze wyniki, będące pokłosiem funkcjonowania sieci.

Komputery i oprogramowanie

Trudno wyobrazić sobie prowadzenie zajęć w obserwatorium bez korzystania z komputera. Z jednej strony jest to przecież jednostka sterująca obserwatorium (sprzężona z komputerem zainstalowanym w obserwatorium za pomocą zdalnej konsoli), z drugiej umożliwia opracowanie wyników, ich archiwizację, wizualizację, czy kontakt z obserwatoriami w trybie on-line. Komputer z zainstalowanym oprogramowaniem służyć będzie do planowania sesji obserwacyjnych, przygotowywania efemeryd ciekawych zjawisk, weryfikowania warunków widoczności ciał niebieskich, a także umożliwiać podgląd obrazu z kamery CCD głównego teleskopu w obserwatorium. Do wyposażenia komputera bardzo przydaje się rzutnik multimedialny z ekranem, dzięki którym tematykę i efekty zajęć prezentować można jednocześnie dla większej liczby osób. Jednak w działaniach typu szkolenia, czy kursy, dobrze byłoby posiadać kilka niezależnych stanowisk komputerowych. Stąd interesująca wydaje się próba adaptacji szkolnej pracowni komputerowej do celów spotkań kółka astronomicznego.



Fot. 63. Stanowisko sterujące pracą obserwatorium

W kwestii oprogramowania, konieczne jest zainstalowanie minimum kilku programów w wersji jedno lub wielostanowiskowej, które pozwolą na realizację wyżej wymienionych celów. Są to programy dość trudne do opanowania, zwłaszcza dla osoby pierwszy raz mającej z nimi styczność, bez podbudowy terminologicznej. Mają

jednak dość dobrze opracowane instrukcje, praktyczne ich stosowanie jest też szeroko omówione w Internecie. Poniżej przedstawiamy najbardziej popularne z nich.

Obróbka astrofotografii i astronomicznych sekwencji wideo

- AstroArt, <http://www.msb-astroart.com>
- ImagesPlus, <http://www.mlunsold.com>
- Iris, <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>
- MaximDL, <http://www.cyanogen.com>
- Photoshop CS2, <http://www.photoshop.com>
- PixInsight, <https://pixinsight.com>
- Registax (darmowy), <http://www.astronomie.be/registax>

Komputerowe atlasy nieba

- Cartes du Ciel (darmowy), <https://www.ap-i.net/skychart/en/start>
- MegaStar, <http://willbell.com/software/megastar/index.htm>
- Nocny Obserwator (darmowy, Polska), <http://astrojawil.pl/blog/moje-programy/nocny-obserwator>
- RedShift7, <http://www.redshift-live.com>
- SkyMap Pro, <http://www.skymap.com>
- StarryNight, <http://astronomy.starrynight.com>
- Stellarium (darmowy), <http://www.stellarium.org>
- TheSkyX, <http://www.bisque.com/sc/pages/TheSkyX-Editions.aspx>
- The Milky Way (na smartfony), <https://itunes.apple.com/pl/app/milky-way-sky-map/id494911858?mt=8>

Systemy i platformy automatyzacji sesji astronomicznych

- ACP, <http://acp.dc3.com/index2.html>
- ASCOM, <http://ascom-standards.org>
- ScopeDome Driver (Polska), http://www.scopedome.com/pl/download_program.aspx

Przegląd firm produkujących sprzęt astronomiczny

Obroty światowego rynku astronomicznego liczone są w grubych setkach milionów dolarów. Poza markami z od lat ugruntowaną pozycją, pojawiają się nowe przedsięwzięcia, lokalne manufaktury, które oferują sprzęt o jakości od prostych instrumentów amatorskich, po zaawansowane konstrukcje profesjonalne. W dobie łatwego dostępu do Internetu wystarczy tylko wpisać w wyszukiwarce poszukiwane przez nas elementy systemu obserwatorium, aby natychmiast otrzymać mnóstwo odnośników do lokalnych lub zagranicznych dystrybutorów. Aby ułatwić poszukiwania, zestawiono poniżej najbardziej znanych producentów optyki i mechaniki astronomicznej. Sprzęt jednego lub więcej z nich, z całą pewnością znajdzie się na wyposażeniu nowo powstałego obserwatorium.

Teleskopy amatorskie średniej klasy

- Celestron, <http://www.celestron.com>
- Meade, <http://www.meade.com>
- Orion, <http://www.telescope.com>
- SkyWatcher, <http://skywatcher.com>
- Vixen, <http://www.vixenoptics.com>

Reflektory i astrografy wysokiej klasy

- ASA, <http://www.astrosysteme.at>
- Astrofox Astronomical Instruments, <http://www.astrofox.nl>
- Deep Sky Instruments, <http://deepskyinstruments.com>

- Gemini Telescope Design, <http://www.geminitlescope.com>
- GSO Optical, <http://www.gs-telescope.com>
- Orion Optics UK, <http://www.orionoptics.co.uk>
- PlaneWave, <http://planewave.com>

Refraktory apochromatyczne wysokiej klasy

- APM Telescopes, <http://www.apm-telescopes.de>
- Officina Stellare, <http://www.officinastellare.com>
- Takahashi, <http://www.takahashi.com>
- TEC, <http://www.telescopengineering.com>
- TeleVue, <http://www.televue.com>
- Williams Optics, <http://www.williamoptics.com>

Teleskopy słoneczne

- Coronado, <http://www.meade.com/products/coronado.html>
- DayStar, <http://www.daystarfilters.com>
- Lunt Solar Systems, <https://luntsolarsystems.com>

Montaże astronomiczne

- ASA, <http://www.astrosysteme.at>
- AstroPhysics, <http://www.astro-physics.com>
- Gemini Telescope Design, <http://www.geminitlescope.com>
- Losmandy, <http://www.losmandy.com>
- Paramount, <http://www.bisque.com>
- SkyWatcher, <http://skywatcher.com>
- Takahashi, <http://www.takahashi.com>

Okulary astronomiczne

- Baader Planetarium (seria Morpheus), <http://www.baader-planetarium.de>
- Meade (serie Super-wide angle i Ultra-wide angle), <http://www.meade.com>
- Pentax (serie XL i XW), https://www.astronomics.com/pentax-xw-eyepieces_c80.aspx
- TeleVue (serie Panoptic, Nagler i Ethos), <http://www.televue.com>
- Zeiss (seria Abbe II), <http://www.baader-planetarium.de/abbe/abbe.htm>

Kamery CCD

- Apogee, <http://www.ccd.com>
- Atik Cameras, <http://www.atik-cameras.com>
- Finger Lakes Instrumentation, <http://www.flicamera.com>
- QHYCCD, <http://www.qhyccd.com>
- Quantum Scientific Imaging, <http://www.qsimaging.com>
- SBIG Astronomical Instruments, <https://www.sbig.com>
- Starlight Xpress, <http://www.sxccd.com>

Kopuły astronomiczne

- ScopeDome (Polska), <http://www.scopedome.com>
- Uniwersał (Polska), <http://www.uniwersal.eu>
- Astro Haven, <http://www.astrohaven.com>
- AstroDomes, <http://www.astrodomes.com>
- Baader Planetarium, <http://www.baader-planetarium.com>

- ExploraDome, <http://www.exploradome.us>
- Pulsar Observatories, <http://www.pulsarobservatories.com>
- Sirius Observatories, <http://www.siriusobservatories.com>

Obserwatoria harwardzkie (roll-off roof)

- AllSky (Polska), <http://allsky.pl>
- PierTech, <http://www.pier-tech.com>

Firmy planujące, montujące i konfigurujące obserwatoria astronomiczne

- Baader Planetarium, <http://www.baader-planetarium.com>
- ScopeDome GmbH, <http://www.scopedome.net>

V. Przed rozpoczęciem budowy

Planując budowę obserwatorium astronomicznego, w fazie inicjalnej należy zwrócić uwagę na kilka istotnych problemów, które decydują o krótko- i długofalowym powodzeniu całej inwestycji. Może się bowiem okazać, że w ramach posiadanej infrastruktury, w dowiezaniu do zastanych warunków otoczenia, nie ma możliwości budowy sensownej stacji astronomicznej. Z kwestii tych na czoło wysuwa się problem zanieczyszczenia światłem (light pollution) wokół miejsca budowy, które jest charakterystyczne dla dużych ośrodków miejskich. Istotne jest też określenie wielkości planowanego obserwatorium, gdyż od tego zależeć będzie jego zdolność do przyjmowania odpowiedniej liczby obserwatorów. Budowa obserwatorium i jego zaplecza powinna zostać starannie zabudżetowana, a każdy element wyposażenia widnieć w klarownym kosztorysie. Pozwoli to na łatwe rozliczenie każdego zakupu, lub ewentualną modyfikację po uprzednim uzgodnieniu z inwestorem. W końcu, każda tego typu inwestycja, która zmieniać będzie zagospodarowanie terenu wokół szkoły, lub bezpośrednio ingerować w konstrukcję istniejących budynków, musi posiadać odpowiednie plany architektoniczne, zatwierdzone przez kompetentne osoby. Wszelkie prace budowlane będą rozliczane w dowiezaniu do tychże planów, stąd konieczność pilnej i wiernej ich realizacji.

Zanieczyszczenie światłem

Żyjemy w cywilizacji uzależnionej od światła. Niestety odbija się to negatywnie na jakości nocnego nieba, zwłaszcza w przypadku dużych miast i aglomeracji. W warunkach ich centralnych rejonów, gdzie oświetlenie uliczne, wszędobylskie neony i reklamy, czy reflektory oświetlające zabytkowe budowle, promieniują również w górę okazuje się, że wieczorem lub w nocy możemy dostrzec tylko najjaśniejsze ciała niebieskie – Księżyc, jasne planety (Wenus, Mars, Jowisz, Saturn), czy zaledwie kilka gromad gwiazd i obiektów mgławicowych (z kilku tysięcy możliwych!). Te ostatnie, nawet w większym teleskopie, będą się zresztą prezentować znacznie mniej spektakularnie niż obserwowane instrumentem o mniejszej średnicy, ale pod ciemnym wiejskim niebem.



Fot. 64. Zaświecenie nocne Europy

południku, a w dodatku sięga wysoko na kilkadziesiąt stopni wysokości ponad horyzont, należy mocno zastanowić się, czy jest sens budowy drogiego obserwatorium, które z tylko zewnętrznych przyczyn wykorzystywać będzie niewielki ułamek posiadanego potencjału.

Kwestię zanieczyszczenia światłem trzeba rozpatrywać także w perspektywie planowanych w pobliżu obserwatorium inwestycji innych podmiotów (hale, osiedla mieszkalne, centra handlowe, zakłady produkcyjne). Wypada więc wcześniej zorientować się, w stosownych ku temu urzędach, w planach zagospodarowania przestrzennego okolicy. Jeżeli okaże się, że w ciągu roku czy dwóch od budowy stacji astronomicznej, wyrośnie obok niej wyspa światła, to jest to odpowiedni moment, aby przemyśleć zasadność zmiany lokalizacji obserwatorium, albo omówić z właścicielami przyszłej nowej zabudowy możliwości dostosowania jej sztucznego oświetlenia, aby w jak najmniejszym stopniu wpływała na stan zaczernienia nieba.



Fot. 65. Łuna miejska

Wielkość obserwatorium



Fot. 66. Wewnątrz kopuły astronomicznej

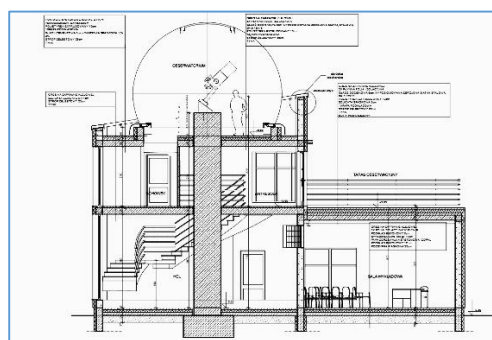
Jedną z podstawowych kwestii, które trzeba wziąć pod uwagę, myśląc o budowie obserwatorium, jest jego wielkość rozumiana w kontekście ilości osób, które mogą swobodnie się w nim zmieścić. Jest to kluczowe zagadnienie w perspektywie prowadzenia zajęć bezpośrednio przy teleskopie, do którego powinien być swobodny dostęp dla każdego z zorganizowanej grupy użytkowników. Obserwatoria małe nie są w stanie pomieścić wygodnie nawet pojedynczego obserwatora, zatem ich wykorzystanie do jednoczesnego przeprowadzenia zajęć z licniejszą grupą jest po prostu niemożliwe. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, a nawet jest wskazane, aby wprowadzać do obserwatorium mniejsze grupy

uczniów, jedna za drugą, lub za pomocą sprzężonej z teleskopem kamery wysyłać obraz do komputera, a sygnał z niego na rzutnik multimedialny zainstalowany w odpowiednio zaciemnionym pomieszczeniu, gdzie przebywa większość podopiecznych. Chcąc jednak prowadzić przy teleskopie przynajmniej część zajęć z kilkusobową grupą podopiecznych, warto w ramach posiadanego budżetu i możliwości technicznych zainwestować w jak największą średnicę kopuły. Wybór ten uzasadnia ergonomia, bezpieczeństwo wyposażenia obserwatorium i przebywających w nim osób. Nie można jednak pod żadnym pozorem dopuszczać, aby przy teleskopie tłoczyła się grupa zniecierpliwionych uczniów zwłaszcza, gdy w zasięgu ich rąk i nóg znajdują się elementy optyki, elektroniki, automatyki i mechaniki.

Dobrym pomysłem jest zainstalowanie pod kopułą teleskopu, który nie wykorzystuje maksymalnie kubatury obserwatorium. W ten sposób wokół centralnego słupa, na którym znajduje się instrument optyczny, znajdzie się wystarczająco dużo miejsca, aby ustawić zdyscyplinowaną grupę chętnych do obserwacji. Będą oni sukcesywnie podchodzić do okularu, obserwować i zwalniać po chwili miejsce dla następnych. Warto też w możliwie pełnym stopniu zabudować, lub w sprytny sposób pochować, wspomniane już przewody łączące poszczególne urządzenia ze sobą, w tym kable zasilające, przewody lokalnej sieci komputerowej i inne. W efekcie zminimalizuje się możliwość ich uszkodzenia, zerwania, zagięcia, czy potknięcia się.

Kosztorys i plany architektoniczne

Etap budżetowania obserwatorium astronomicznego wiąże się z późniejszym wydawaniem środków publicznych lub pieniędzy sponsora, które należy spożytkować dokładnie według przygotowanego i zaakceptowanego wcześniej kosztorysu. Będzie to podstawą do rozliczenia się wobec inwestorów, a jednocześnie stanowić wyjściowy spis wyposażenia obserwatorium i punkt odniesienia dla przyszłych wydatków. Pewne jest bowiem, że w miarę funkcjonowania obserwatorium, niezbędne będzie wzbogacanie jego wyposażenia, wymiana przestarzałych konstrukcji na nowocześniejsze i inne tego typu zabiegi.



Fot. 67. Plany architektoniczne budynku obserwatorium

Kosztorys w części projektowej obejmować musi prace architektoniczne mające na celu opracowanie planów adaptacji budynku szkoły do posadowienia na nim kopuły, lub nowego dedykowanego budynku, który stanie na jej terenie. Kolejne wydatki to koszty administracyjne związane z uzyskaniem stosownych pozwoleń budowlanych. Następnymi kosztami będzie działalność ekipy budowlanej, która plany architektoniczne przekuje na realnie istniejący obiekt. Idąc dalej, trzeba budżetować zakup samego sprzętu z jednostkowym wyliczeniem ilości konkretnych podzespołów i dodatkowych akcesoriów. Prace wewnątrz obserwatorium, instalacja montażu, teleskopu (teleskopów), konfiguracja oprogramowania, integracja optyki i elektroniki, okablowanie, doprowadzenie sieci komputerowej, to kolejne pozycje budżetu. Nie można zapomnieć o wyposażeniu pracowni

astronomicznej, która prawdopodobnie będzie też pokojem kontrolnym w przypadku obserwatorium zdalnego. Jedno lub kilka stanowisk komputerowych, zestaw niezbędnej literatury astronomicznej, prenumeraty periodyków, zakup licencji na potrzebne oprogramowanie, a także cykl szkoleń z dziedzin newralgicznych w kontekście funkcjonowania placówki, wszystko to powinno znaleźć się w kosztorysie.

Kwestie przetargowe



Fot. 68. Ekipa montażowa kopuły astronomicznej

Duże i kosztowne inwestycje, do jakich bez wątpienia zalicza się budowa obserwatorium astronomicznego, siłą rzeczy wymagają wydatkowania pieniędzy w wielu różnych, często niezwiązanych ze sobą aspektach. Prace budowlane i zakup optyki nie mają ze sobą wiele wspólnego, podobnie położenie sieci komputerowej z zakupem i osadzeniem kopuły na wieńcu obserwatorium. Zamawiający bardzo często starają się, aby na etapie przetargu wyłonić jeden podmiot odpowiedzialny za całość inwestycji, za wszelkie jej aspekty. Prowadzi to niestety do sytuacji, że, dla przykładu, wygrywająca przetarg firma budowlana musi zająć się również dostarczeniem i instalacją odpowiedniej kopuły, integracją optyki, elektroniki i innych akcesoriów, a więc kwestiami, na których jej pracownicy

niekoniecznie muszą się znać. W tak delikatnej materii jak obserwatorium astronomiczne, nie zawsze (czytaj rzadko) sprawdzają się toporne często nawyki wyniesione z klasycznego placu budowy. System obserwatorium astronomicznego w swojej specyfice ma tak wiele stopni swobody, że tylko fachowcy w danej dziedzinie są w stanie zapewnić odpowiednią jakość prac oraz gwarancję, że wszystko będzie działać tak, jak wymyślił to sobie producent konkretnego podzespołu. Podsumowując, na etapie przygotowywania dokumentów przetargowych warto zadbać, o ile to możliwe, o rozdzielenie kwestii stricte budowlanych od instalacji kopuły i późniejszych prac wewnątrz i na zewnątrz obserwatorium.

Serwisowanie obserwatorium w czasie jego funkcjonowania

W trakcie funkcjonowania przyszłej placówki naturalnym jest, że mogą w niej wystąpić awarie, uszkodzenia sprzętu, czy nagłe przypadki wymagające natychmiastowej interwencji. Może to być blokada otwartego okna obserwacyjnego tuż przed nadciągającym deszczem, zwarcie instalacji elektrycznej, przepięcia i uszkodzenie karty sterującej lub komputera i inne. Każde urządzenie mechaniczne i elektroniczne jest w końcu zawodne, choć działać może sprawnie przez długie lata. Wzorem rozwiązań profesjonalnych, każde obserwatorium powinno posiadać więc formalną lub nieformalną ekipę serwisową, która odpowiednio zareaguje w nagłych wypadkach. Może to być oczywiście opiekun obserwatorium, jako osoba znająca jego specyfikę i zasady działania. Dobrze jednak przeszkolić w tej kwestii dodatkowe osoby, które będą w stanie szybko znaleźć się na miejscu i dokonać odpowiednich czynności. Błyskawiczna pomoc dotyczy przypadków skrajnych, jak wspomniane wcześniej zablokowanie się mechanizmu okna obserwacyjnego. Manualne jego zamknięcie zabezpiecza wyposażenie obserwatorium do czasu dokonania prac serwisowych.

Warto przemyśleć zdublowanie niektórych elementów sterujących obserwatorium i odłożenie ich na czarną godzinę jako części zamiennych. Na przykład, uszkodzoną kartę sterującą można szybko wymienić na nową, a starą odesłać w tym czasie do serwisu. Podobnie można postąpić w przypadku takich podzespołów jak enkoder, czujnik pozycji HOME (home sensor), czy z elementami napędu kopuły – rolkami nośnymi, silnikami, falownikami, reduktorami obrotów, czy kółkami zębatymi. Serwisowanie obserwatorium jest też niezbędne w innych, mniej palących kwestiach. Odkładanie napraw na później, co niestety jest częstą praktyką, sprawia że w natłoku innych problemów, kwestia obserwatorium schodzi na dalszy plan. Najważniejszym jest więc, aby wszelkie usterki starać się usuwać możliwie szybko i sprawnie. Nieczynne przez dłuższy czas obserwatorium zaczyna coraz bardziej schodzić w cień bieżących spraw. Duże w tym wyzwanie dla bezpośredniego opiekuna obserwatorium, którego zadaniem będzie interweniowanie i ewentualne naciski na decydentów w kwestii konieczności realizacji stosownych napraw.

VI. Spotykane rozwiązania budowlane

Przed przystąpieniem do budowy należy gruntownie przemyśleć lokalizację obserwatorium. Oczywistym jest, że należy je umiejscowić tak, aby mieć niczym nieprzesłonięty widok na jak największą część nieba, najlepiej do samego horyzontu, choć nie jest to warunek konieczny. Warto bowiem pamiętać, że widoczność ciał niebieskich w pobliżu widnokręgu jest mocno ograniczona przez dużą grubość atmosfery, mgły i zanieczyszczenia, czasem miejską łunę. W praktyce więc, obszar ten do kilkunastu stopni wysokości, jest przez obserwatorów pomijany, o ile tylko nie znajdują się tam akurat jakieś ciekawe obiekty, jak chociażby komety. Wracając do lokalizacji obserwatorium, mamy w zasadzie cztery możliwości. Pierwsza, to prosty taras lub platforma obserwacyjna, na której po prostu ustawia się teleskopy i lornetki, które po zakończonych obserwacjach chowa się w szkole. Druga opcja, to kopuła lub domek harwardzki, ustawione bezpośrednio na poziomie gruntu. Trzecie rozwiązanie, to samodzielny murowany budynek obserwatorium, zbudowany obok szkoły z własnym zapleczem socjalno-sanitarnym. Można w końcu wykorzystać odpowiednie miejsce na dachu szkoły, aby na nim usadowić kopułę, a jako pomieszczenie kontrolne (oraz do zajęć edukacyjnych) wykorzystać, dla przykładu, zaadaptowany do tego strych.

Platforma widokowa

Platforma widokowa jest najprostszą wersją dostrzegalni astronomicznej, która najczęściej funkcjonuje jako rozszerzenie funkcjonalności klasycznego obserwatorium. Zasadność budowy platformy opiera się na możliwości rozstawienia kilku lub kilkunastu mniejszych teleskopów, skierowanych na ten sam lub różne obiekty, przez co większa liczba osób może odwiedzać kolejne stanowiska obserwacyjne. W ten sposób unika się tłoczenia ludzi wokół jednego instrumentu, co przy dłuższej kolejce chętnych powoduje niecierpliwość i frustrację. Przy każdym z teleskopów powinien stać jego opiekun, który dopuszcza obserwatora do okularu, pomaga w ustawieniu ostrości, co jakiś czas koryguje położenie teleskopu, aby ciało niebieskie stale znajdowało się w polu widzenia. Oczywiście dobrą praktyką jest też bieżące komentowanie obserwowanego obiektu, wyjaśnianie pytań i wątpliwości.



Fot. 69. Pokaz plam słonecznych na tarasie obserwacyjnym

Platforma widokowa powinna być dobrze wypoziomowana i stabilna, aby nie wpadać w wibracje. Jeżeli znajduje się na wysokości, bezwzględnie musi być otoczona odpowiedniej wysokości barierką. Konieczne jest też doprowadzenie elektryczności (najlepiej w kilku miejscach), aby zasilać systemy prowadzenia teleskopów. Ze względu na dużą często wagę teleskopów i ich gabaryty dobrze jest, gdy mogą być one schowane w bezpośrednim sąsiedztwie platformy, najlepiej na tym samym poziomie. Uniknie się w ten sposób ich męczącego i kłopotliwego dźwigania, przenoszenia pomiędzy piętrami budynku, co prędzej czy później grozi usterką, a w skrajnych okolicznościach nawet wypadkiem.

Obserwatorium wolnostojące na poziomie gruntu



Fot. 70. Kopuła na betonowej wylewce

W przypadku obserwatoriów harwardzkich rozwiązanie to narzuca się w sposób oczywisty. Po prostu należy w wydzielonym miejscu uzbroić je i postawić szkielet budowli na betonowych słupkach osadzonych w gruncie. Gdy chodzi o obserwatorium z kopułą astronomiczną, najprostszym wyjściem jest ustawienie jej bezpośrednio na poziomie gruntu, na uprzednio przygotowanej wylewce betonowej. Dostęp do wnętrza kopuły zapewnia wtedy panel drzwiowy będący jej integralnym elementem, lub niewysoka podmurówka z drzwiami. Zważywszy na kosztowne wyposażenie i łatwość dostępu dla osób z zewnątrz, takie rozwiązania mają jednak

poważne wady, wynikające z bezpośredniego narażenia na aktywność szkodników (myszy), włamania i akty wandalizmu (uszkodzenia mechaniczne, graffiti). Problemem może okazać się też nadmierna wilgoć kondensująca w pobliżu gruntu. Zaletą jest niewątpliwa szybkość realizacji inwestycji i jej niski budżet.

Obserwatorium na dachu budynku

Posadowienie obserwatorium na dachu szkoły ma wiele zalet. Dzięki wyniesieniu go na pewną wysokość rośnie przecież szansa na obserwacje większego fragmentu nieba. Jednocześnie integruje się obserwatorium ze budynkiem szkoły, przez co można wykorzystać jej konstrukcję, rozplanowanie pomieszczeń i infrastrukturę techniczną. Trzeba jednak pamiętać, że wyloty kominów i wentylacji będą degradować obrazy uzyskiwane przez teleskop. Należy więc koniecznie zadbać o to, by kopuła obserwatorium znalazła się jak najdalej od wszelkich źródeł ciepła generowanych w porze zimowej wewnątrz szkoły, a w porze letniej przez ciepło uwalniane przez rozgrzany w ciągu dnia dach. Dodatkowo należy zbadać z upoważnionym do tego specjalistą, czy konstrukcja dachu jest przygotowana na dodatkowe obciążenie wynikające z sumowania się wagi kopuły, jej wyposażenia, planowanej liczby osób, które będą przebywać w pobliżu teleskopu, czy dodatkowych przeciążeń, będących efektem interakcji kopuły z większym wiatrem, czy padającym i zbierającym się na niej śniegiem.



Fot. 71. Kopuła astronomiczna na dachu budynku

Obserwatorium z zapleczem dydaktycznym



Fot. 72. Samodzielny budynek obserwatorium astronomicznego

umożliwia przeprowadzanie z tarasu obserwacyjnego pokazów astronomicznych dla większej ilości zainteresowanych. Pomieszczenie pod obserwatorium można wykorzystać jako salę do prowadzenia wykładów, miejsce spotkań kółka astronomicznego, analizy, gromadzenia i opracowywania wyników obserwacji. W przypadku w pełni automatycznego obserwatorium pomieszczenie to pełniłoby rolę sterowni nadzorującej działanie zainstalowanego wyposażenia. Ściany budynku obserwatorium mogą też służyć jako ekrany pod obraz z głównego teleskopu przekazywany na rzutnik multimedialny, lub wcześniej przygotowane wizualizacje o tematyce astronomicznej, astronautycznej lub innej.

VII. Warianty wyposażenia obserwatorium

Wyposażenie obserwatorium należy uzależnić od zakresu planowanych obserwacji i, w przypadku obserwatoriów szkolnych, doświadczenia osoby prowadzącej. Im bardziej zaawansowanych technicznie rozwiązań użyjemy, tym obsługa i codzienne użytkowanie obserwatorium będzie wymagało więcej wiedzy, doświadczenia i zaangażowania od jego opiekuna. Warto też pamiętać, że nie ma uniwersalnych urządzeń optycznych, które pokażą nam wszelkiego rodzaju obiekty na nocnym niebie w całej ich wspaniałości. Sprzęt zainstalowany w obserwatorium należy więc dobierać stosownie do rodzaju planowanych obserwacji. Najprostszy i często stosowany podział wyposażenia ze względu na obserwowany obiekt to sprzęt do:



Fot. 73. Zaawansowany astrograf do fotografii szerokokątnej

- wizualnych obserwacji Słońca,
- wizualnych obserwacji Księżyca i planet,
- wizualnych obserwacji obiektów głębokiego nieba,
- astrofotografii obiektów głębokiego nieba,
- fotometrii gwiazd,
- astrometrii i fotometrii komet i planetoid,
- przeglądów nieba w poszukiwaniu komet, planetoid i supernowych,
- automatycznych obserwacji meteorów i bolidów.

Do specyfiki każdego rodzaju obserwacji należałoby dobierać dedykowane im instrumenty optyczne. Dla przykładu, obserwacje planet i Księżyca wymagają teleskopów o ogniskowych 2-5 metrów i dłuższych, natomiast obserwacje rozległych obiektów głębokiego nieba najlepiej wykonywać teleskopami o ogniskowych do półtora metra lub mniejszych. Astrofotografia w szerokich polach potrzebuje ogniskowych na poziomie poniżej pół metra. Trudno jest wszystkie te cechy połączyć w jednym instrumencie optycznym, choć z lektury poprzednich rozdziałów wiemy, że można w tym celu stosować specjalne przejściowe układy optyczne. Ich obsługa jest jednak problematyczna, wymusza przerwanie sesji obserwacyjnej, aby przystosować posiadany instrument do innej kategorii ciał niebieskich. Jest to oczywiście rozwiązanie tańsze, na dłuższą metę jednak nieergonomiczne, a często frustrujące. Przyjrzyjmy się dwóm skrajnym przypadkom, czyli prostego obserwatorium do obserwacji strictly wizualnych, oraz obserwatorium quasi-profesjonalnego, w którym można realizować zaawansowane projekty obserwacyjne, włącznie z tymi o znaczeniu naukowym. Ukażą one z jednej strony stopień odmienności wymaganego sprzętu, z drugiej unaocznia różnice w zakresie koniecznej wiedzy i doświadczenia, aby sprawnie obsługiwać placówkę. Pomiędzy nimi skonfigurować można niezliczoną ilość systemów pośrednich, których opis, ze względu na bogatą ofertę rynkową urządzeń, zająłby obszerne studium, niemieszczące się w zakresie tego opracowania.

Obserwatorium do obserwacji wizualnych



Fot. 74. Teleskopowe obserwacje wizualne

Proste obserwatorium, w którym chcemy wizualnie zaprezentować najbardziej charakterystyczne ciała niebieskie, nie należy do inwestycji wysokobudżetowych. Co prawda pojęcie tanie-drogie jest względne i zawsze trzeba osadzać je w lokalnych realiach, jednak w przypadku optyki i mechaniki astronomicznej ciężko znaleźć rozsądny kompromis pomiędzy jakością i ceną. Kupno najtańszych urządzeń mści się najczęściej już po pierwszych sesjach obserwacyjnych, czyniąc inwestycję chybioną.

Podstawowe instrumenty obserwacyjne:

- półautomatyczny teleskop Schmidta-Cassegraina z lustrem o średnicy 30 cm (12") z systemem GoTo i GPS,
- mały teleskop słoneczny do obserwacji w paśmie H-alfa,
- lornetka astronomiczna na statywie (8x50, 9x63 lub większa).

Zakres zastosowań:

- obserwacje obiektów głębokiego nieba (gromad gwiazd, mgławic i galaktyk),
- komfortowe obserwacje detali na powierzchni Księżyca,
- obserwacje Słońca w świetle białym (z filtrem obiektywowym na głównym teleskopie) i paśmie H-alfa,
- obserwacje planet Układu Słonecznego,
- obserwacje komet i planetoid,
- lornetkowe przeglądy nieba w szerokim polu widzenia.

Zalety:

- dobry stosunek możliwości do ceny sprzętu,
- automatyczne wyszukiwanie i prowadzenie obserwowanych obiektów,
- prosta obsługa i konserwacja.

Wady:

- pełne wykorzystanie możliwości sprzętu wymaga dużej wiedzy, doświadczenia i zaangażowania osoby prowadzącej obserwatorium,
- konieczność manualnej korekcji ustawienia teleskopu w trakcie obserwacji.

Wymagania:

- wiedza z zakresu astronomii,
- znajomość zasad obsługi teleskopów z systemem GoTo,
- znajomość zasad działania teleskopów na montażu paralaktycznym.

Obserwatorium profesjonalne do obserwacji wizualnych i astrofotografii

Obserwatorium zbudowane z takim rozmachem i dbałością o każdy detal, to marzenie każdego miłośnika astronomii i popularyzatora nauki o Wszechświecie. Z jednej strony pozwala na pokazy nieba za pomocą aparatury, dzięki której obrazy ciał niebieskich nie mają sobie równych, z drugiej zapewnia warunki do prowadzenia poważnych obserwacji naukowych. Pełna komputeryzacja obserwatorium umożliwia także wykorzystywanie go komercyjnie poprzez sprzedaż czasu teleskopu i zdalne sesje za pośrednictwem Internetu.

Podstawowe instrumenty obserwacyjne:

- reflektor renomowanej firmy z lustrem o średnicy 41cm (16"),
- profesjonalny montaż o dużej nośności z systemem GoTo,
- duży teleskop słoneczny do obserwacji w paśmie H-alfa,
- kamera CCD z kołem filtrowym jednego z renomowanych producentów,
- kamera planetarna do fotografowania Księżyca, planet i Słońca,
- stacja pogodowa z możliwością rejestracji danych,



Fot. 75. Wysokiej klasy reflektor astronomiczny

- duża lornetka astronomiczna na statywie (15x100, 20x150),
- stacja bolidowa.

Zakres zastosowań w astrofotografii:

- zaawansowana astrofotografia obiektów głębokiego nieba (gromad gwiazd, mgławic i galaktyk) w różnych zakresach widma,
- rejestracja fotografii i sekwencji wideo ruchu komet i planetoid,
- rejestracja dynamicznych zjawisk zachodzących na powierzchni Słońca,
- fotograficzne przeglądy nieba w poszukiwaniu komet, planetoid lub supernowych,
- astrofotografia Księżyca i planet,
- fotometria gwiazd zmiennych,
- fotometria gwiazd posiadających egzoplanety,
- obserwacja i rejestracja zjawisk zakryciowych.

Zakres zastosowań w obserwacjach wizualnych:

- zaawansowane obserwacje obiektów głębokiego nieba (gromad gwiazd, mgławic, galaktyk i kwazarów),
- komfortowe obserwacje detali na powierzchni Księżyca,
- obserwacje Słońca w świetle białym (z filtrem obiektywowym na głównym teleskopie) i paśmie H-alfa,
- zaawansowane obserwacje planet Układu Słonecznego,
- profesjonalne obserwacje komet i planetoid,
- spektakularne lornetkowe przeglądy nieba w szerokim polu widzenia.

Zalety:

- najwyższej klasy optyka, mechanika, elektronika i automatyka,
- profesjonalny automatyczny i niezawodny montaż,
- dobrej klasy oprogramowanie sterujące dołączane do sprzętu,
- w pełni automatyczne sterowane z poziomu komputera PC,
- wyszukiwanie i prowadzenie obserwowanych obiektów, w tym komet i satelitów,
- możliwość prowadzenia własnych, niezależnych programów badawczych,
- możliwość cyfrowej rejestracji wyników obserwacji,
- możliwość prowadzenia zdalnych sesji obserwacyjnych przez Internet,
- możliwość wynajmowania on-line czasu obserwatorium osobom z zewnątrz lub studentom astronomii realizującym własne projekty naukowe.

Wady:

- wysoka cena kompletnego systemu obserwatorium,
- pełne wykorzystanie możliwości obserwatorium wymaga bardzo dużo wiedzy, doświadczenia i zaangażowania osoby prowadzącej obserwatorium,
- ograniczony stopień prowadzenia pokazów dla większych grup młodzieży ze względu na bezpieczeństwo drogiej i delikatnej aparatury.

Wymagania:

- wiedza z zakresu astronomii na poziomie akademickim,
- zaawansowana znajomość zasad działania teleskopów na montażu paralaktycznym,
- umiejętność konfiguracji i integracji wszystkich urządzeń będących na wyposażeniu obserwatorium,
- doskonała znajomość obsługi programów komputerowych do zbierania, obróbki i redukcji danych i zdjęć astronomicznych,
- umiejętność obsługi komputera i sieci komputerowych,
- oddzielne pomieszczenie sterujące funkcjonowaniem obserwatorium.

Szkolne planetarium mobilne



Fot. 76. Mobilne planetarium

uroczystości, czy lokalnych festynów udostępniać je dla zainteresowanych osób spoza placówki. Idealnym miejscem na instalację planetarium jest sala gimnastyczna, szkolna aula, szeroki korytarz lub boisko. Jest tam wystarczająco dużo przestrzeni, aby dla większych grup zorganizować w pobliżu dodatkowe pokazy lub wykłady z wykorzystaniem rzutnika multimedialnego. Będą one interesującym wprowadzeniem do właściwego seansu pod kopułą. Planetarium mobilne może być na wyposażeniu szkoły, ale równie dobrze skorzystać można z usług specjalizowanych firm, które podróżują po kraju prowadząc działalność popularyzatorską. Można u nich zamówić kompleksową ofertę różnorodnych tematycznie seansów wraz z wykładami, które w uzgodnionym terminie zaprezentowane zostaną uczniom.

Cennym uzupełnieniem systemu szkolnego obserwatorium astronomicznego jest mobilne planetarium, zwłaszcza gdy w okolicy szkoły nie istnieje planetarium stacjonarne. Oczywiście może ono funkcjonować zupełnie niezależnie od obserwatorium, gdyż samo w sobie jest niezmiernie atrakcyjnym, nowoczesnym i pożytecznym narzędziem dydaktycznym. Jego niewątpliwą zaletą jest możliwość symulowania wyglądu nieba o każdej porze roku, z każdego miejsca na Ziemi, w warunkach zbliżonych do rzeczywistych obserwacji nocnych. Pod kilkumetrowej średnicy dmuchaną kopułą prowadzić można dzienne zajęcia dla kilkunastoosobowych grup uczniów, a podczas szkolnych

Najważniejsze planetaria stacjonarne w Polsce

- Chorzów, <http://www.planetarium.edu.pl>
- Frombork, <http://frombork.art.pl/pl/planetarium-observatorium>
- Gdynia, <http://www.frwsm.com.pl>
- Grudziądz, <http://www.planetarium.grudziadz.pl>
- Łódź, <https://www.planetariumec1.pl>
- Niepołomice, <http://www.moa.edu.pl>
- Olsztyn, <http://www.planetarium.olsztyn.pl>
- Toruń, <http://www.planetarium.torun.pl>
- Warszawa, <http://www.kopernik.org.pl/planetarium>
- Zielona Góra, <http://www.centrumnaukikeplera.pl>

Wybrane firmy oferujące seanse z wykorzystaniem planetariów mobilnych

- Anikino, <http://www.anikino.pl>
- AstroArena, <http://www.astroarena.pl>
- AstroPark, <http://astropark.pl>
- Astrolab, <http://www.planetariummobilne.edu.pl>
- Bajkonur, <http://przenosneplanetarium.pl>
- Cassiopeia, <http://www.mobilne-planetarium.pl>
- Jupiter, <http://www.planetarium-jupiter.pl>
- Planeta Anuka, <http://www.planetarium.waw.pl>
- Supernowa, <http://www.supernowa.com.pl>

VIII. System obserwatorium zdalnego

W poprzednich paragrafach dowiedzieliśmy się o warunkach decydujących o atrakcyjności lokalizacji obserwatorium astronomicznego. Czasem okazuje się, że miejsce w którym mieszkamy nie spełnia podstawowych wymogów w tej materii, co jeszcze kilka lat temu praktycznie uniemożliwiało realizację inwestycji. Tymczasem współczesna technologia pozwala na prowadzenie obserwacji zdalnych, co ma zasadnicze znaczenie w kontekście instalacji obserwatorium w miejscu o znacznie lepszych warunkach obserwacyjnych od lokalnych, choć mniej lub bardziej oddalonym. Oczywiście idea zdalnego obserwatorium może i powinna być brana pod uwagę nawet gdy znajduje się ono na wyciągnięcie ręki, warto więc na etapie budżetowania przedsięwzięcia założyć pełną automatyzację kopuły i jej wyposażenia. Obserwatorium zdalne pozwala na sterowanie praktycznie z każdego miejsca na kuli ziemskiej, co czyni je atrakcyjnym narzędziem edukacyjnym dla zaprzyjaźnionych szkół i instytucji pedagogicznych. Wspólne sesje obserwacyjne on-line to doskonała okazja, aby nawiązywać cenne kontakty pomiędzy opiekunami i podopiecznymi, których mogą dzielić setki, a czasem i tysiące kilometrów. Obserwatorium zdalne to dość skomplikowany system współdziałających ze sobą podsystemów. Wymaga też zastosowania kilku podstawowych mechanizmów bezpieczeństwa, które uzupełniać będą standardową automatykę kopuły.



Fot. 77. Wnętrze systemu karty sterującej obserwatorium

Podstawowe pojęcia

Aby wstępnie zorientować się, jak zbudowane jest automatyczne obserwatorium, warto najpierw zapoznać się z jego podstawowymi elementami, warunkującymi jego prawidłowe funkcjonowanie. Podobnie jak w przypadku umiejętności jazdy samochodem, nie trzeba być mechanikiem znającym każdy jego niuans techniczny, należy jednak mieć chociaż podstawową świadomość, do czego służy poszczególny podzespół. Przedstawimy poniżej zasadnicze kwestie i krótkie ich wyjaśnienie.

Karta sterująca obserwatorium



Fot. 78. Karta sterująca na złączu USB

Dzięki niej można sterować obrotem kopuły, otwieraniem okna obserwacyjnego, włączać zasilanie innych urządzeń, przetwarzać informacje ze stacji pogodowej i inne. Połączenie z komputerem realizuje się, w zależności od rodzaju karty, poprzez port USB, RS232 lub gniazdo sieci komputerowej LAN. Oczywiście karta umożliwia też bezpośrednie sterowanie z poziomu przycisków znajdujących się na panelu przednim. Stan przekazników urządzeń podłączonych do karty sygnalizują odpowiednie diody LED

Encoder

Układ optyczno-elektroniczny o kluczowym znaczeniu dla dokładnego pozycjonowania kopuły w jej ruchu w azymucie. Składa się z czujnika generującego wiązkę promieniowania podczerwonego, która przerywana jest specjalną obrotową diafragmą. Podczas kalibracji kopuły, podłączona do enkodera karta sterująca i jej oprogramowanie zapisuje ilość kliknięć/zliczeń enkodera przypadających na pełen obrót kopuły. Na tej podstawie użytkownik może skierować kopułę do zadanego kąta azymutu, czyli w dużym uproszczeniu po prostu wie, w którą stronę zwrócona jest kopuła.



Fot. 79. Moduł enkodera

Czujnik pozycji Home (home sensor)



Fot. 80. Home sensor

Układ optyczno-elektroniczny, którego działanie wiąże się ze wskazaniem pewnego stałego miejsca na obwodzie pierścienia obrotowego kopuły, stanowiącego punkt odniesienia dla innych operacji kopuły wynikających z jej obrotów. Składa się z czujnika generującego wiązkę promieniowania podczerwonego, która przerywana jest specjalną diafragmą zamocowaną do części ruchomej kopuły. Podczas obrotów kopuły każde przejście diafragmy przez czujnik wysyła impuls do karty USB, która interpretuje go odpowiednio do zaleceń producenta.

Inwerter (falownik)

Specjalny układ elektroniczny, zainstalowany pomiędzy kartą sterującą a silnikami od obrotów i okna obserwacyjnego. Pozwala na tzw. miękki start i stop silników. Funkcja ta jest niezmiernie istotna mając na uwadze dużą wagę kopuły, a co za tym idzie jej bezwładność. Bez inwerterów, które pozwalają stopniowo zwiększać obroty silników podczas startu, oraz zmniejszać ich ilość tuż przed zatrzymaniem kopuły, żywotność jej elementów mechanicznych byłaby mocno ograniczona.



Fot. 81. Inwerter

Wyłącznik krańcowy (limit switch)



Fot. 82. Limit switch

Niewielki układ elektryczny włączający i wyłączający zasilanie silnika okna obserwacyjnego w sytuacji jego pełnego otwarcia lub zamknięcia. Zbudowany jest z ramienia, które po odpowiednim wychyleniu (przez płytkę zamontowaną do okna) włącza lub wyłącza obwód elektryczny ukryty w obudowie. Bez tego urządzenia przy otwartym lub zamkniętym oknie silnik wciąż by pracował, co mogłoby skończyć się jego awarią, nie mówiąc o poważnych uszkodzeniach elementów napędów kopuły.

System ogrzewania motoreduktorów silników

Pozwala na utrzymywanie odpowiedniej temperatury pracy tych urządzeń, zwłaszcza w okresie zimowym, kiedy w warunkach niskiej i bardzo niskiej temperatury powietrza gęstnieje smar wewnątrz motoreduktorów. Może to skutkować problemami w ruchu kopuły oraz jej okna obserwacyjnego. Jest wysoce zalecane, aby w miejscach gdzie panują mroźne zimy, instalować tego typu rozwiązanie.

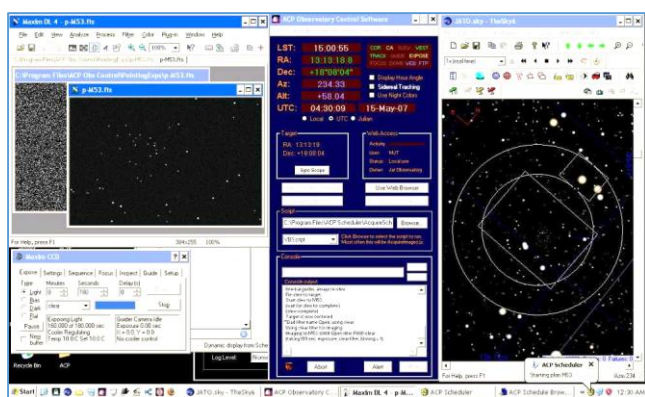
System ogrzewania elektroniki

Pomyślany jest w oparciu o podobne założenia co system ogrzewania motoreduktorów. Dodatkowo zabezpiecza on czułą na wilgoć elektronikę przez skroploną parą wodną, która może prowadzić do zwarc i uszkodzeń podzespołów elektronicznych w karcie sterującej lub inwerterach.

Komputery sterujące

Komputer znajdujący się w kopule jest pośrednikiem pomiędzy kartą sterującą a komputerem znajdującym się w pomieszczeniu sterującym z dala od obserwatorium. Połączenie pomiędzy jednostkami za pomocą zdalnej konsoli (zdalnego pulpitu) pozwala na wydawanie przez użytkownika poleceń oprogramowaniu sterującemu kopułą, zainstalowanemu na komputerze w jej wnętrzu. Warto zadbać, aby urządzenia te były wykorzystywane tylko w celu kontroli obserwatorium i jego wyposażenia, aby nie wykorzystywać ich do innych niż astronomiczne celów. Surfowanie po Internecie, wymiana plików, czy aktywność na forach i portalach społecznościowych, same w sobie nie stanowią większego problemu wobec mocy obliczeniowej współczesnych komputerów i przepustowości sieci. Niosą jednak ze sobą ryzyko zainfekowania wirusami, niepożądanym oprogramowaniem szpiegującym, ciasteczkami i innymi niepożądanymi efektami, mającymi w dłuższej perspektywie niekorzystny wpływ na stabilne działanie systemu sterowania.

ASCOM, sterownik kopuły astronomicznej i automatyzacja sesji obserwacyjnej



Fot. 83. Ekran komputera podczas automatycznej sesji astrofotograficznej

operacji otwórz/zamknij i lewo/prawo, a z drugiej komunikować się ze sterownikiem montażu umożliwiając sprzężenie obu urządzeń ze sobą. Prowadząc obserwacje astronomiczne możemy wydać polecenie, aby kopuła podążała za montażem teleskopu, który jest wyposażony w silniki prowadzące za pozornym ruchem sfery niebieskiej. W ten sposób okno obserwacyjne kopuły będzie stale skierowane w tym samym kierunku, co instrument optyczny. Z poziomu komputerowego atlasu nieba możemy też za pomocą kursora wybrać konkretny obiekt na niebie, w kierunku którego ma się ustawić teleskop. Wystarczy wtedy jedno kliknięcie, aby w ślad za teleskopem podążała kopuła.

Istnieje wiele sposobów automatyzacji sesji obserwacyjnej, zarówno z poziomu własnoręcznie pisanych skryptów, jak i gotowego specjalnego oprogramowania. Osoby parające się astrofotografią są w stanie zaprogramować zdalną sekwencję zdarzeń w obserwatorium włącznie z uruchomieniem kopuły, montażu, kamery CCD, następnie ustaleniem celu (lub celów), który będzie danej nocy fotografowany. Potem pozostaje tylko zaprogramować ilość pojedynczych ekspozycji o zadanych parametrach technicznych, czas końca sesji i uruchomić realizację zadania. Nie jest to rzecz jasna tak proste, żeby do ich wyjaśnienia wystarczyło kilka zdań komentarza. Chodzi tu jednak bardziej o pokazanie potencjalnych możliwości, które są w zasięgu odpowiednio zmotywowanych obserwatorów.

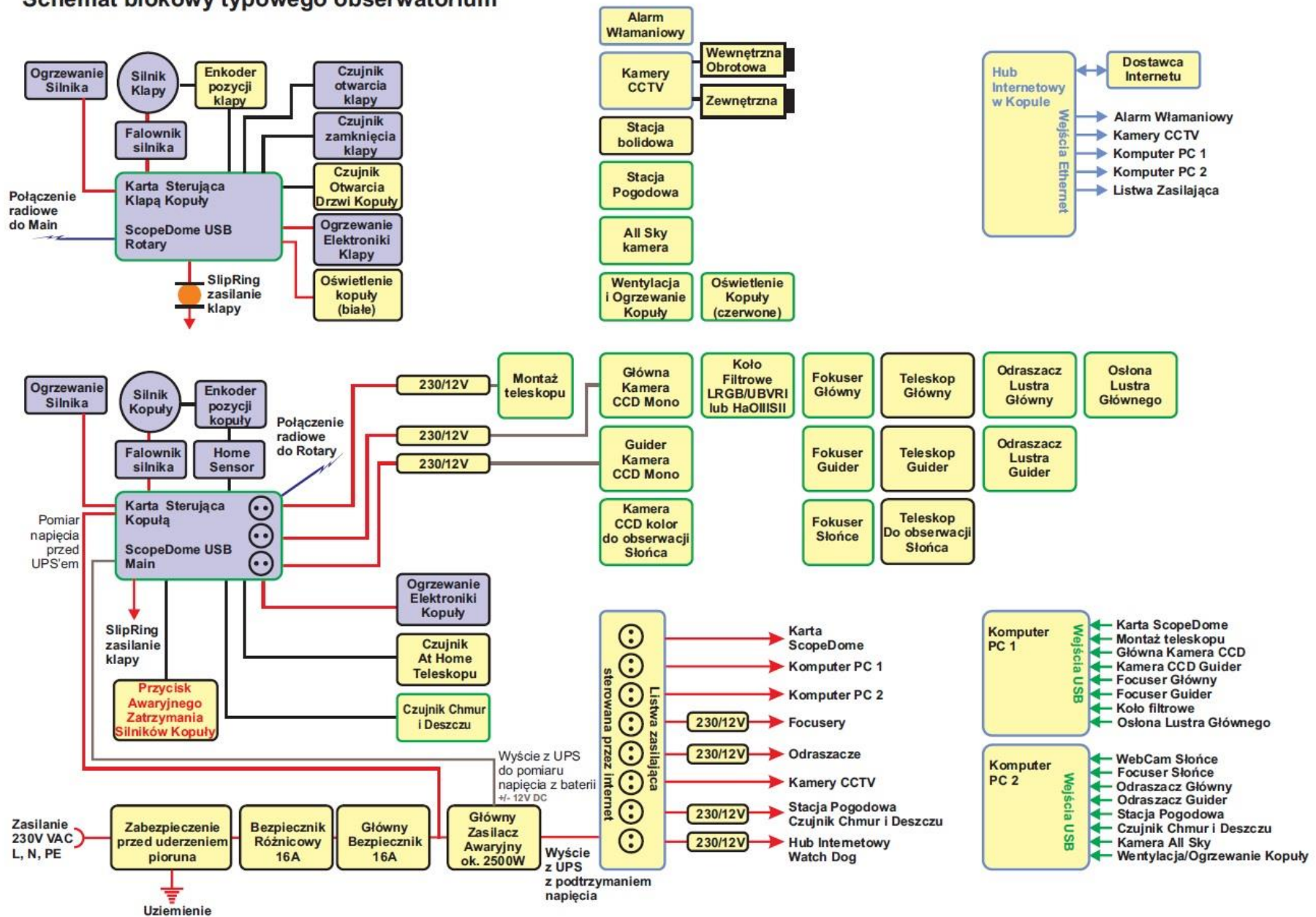
Ogólny schemat zdalnego obserwatorium astronomicznego

Automatyzacja obserwatorium wiąże się z połączeniem w sprawnie działający system wielu różnych urządzeń. Począwszy od sieci komputerowej i zasilania, poprzez system napędu i automatyki kopuły, systemy zabezpieczające, aż do komputera sterującego i szeroko pojętego systemu teleskop-montaż-kamera CCD (wraz z oprzyrządowaniem i dedykowanym oprogramowaniem), każde urządzenie musi być, dokładnie ze swoją specyfiką, włączone w funkcjonowanie zdalnego obserwatorium. Od poprawnego sumarycznego działania wszystkich jego komponentów, zależeć będzie skuteczność operacji na odległość, niezawodność i odporność na czynniki zewnętrzne. Przedstawiony tu schemat blokowy ukazuje skalę komplikacji systemu zdalnego obserwatorium astronomicznego. Powinno to stanowić ostrzeżenie dla osób decydujących o realizacji i inwestycji, że nie można oprzeć jej tylko o nawyki i rozwiązania stosowane w klasycznych projektach budowlanych. Zlekceważenie kwestii wysoce specjalistycznych robót wewnątrz obserwatorium, których nie jest w stanie przeprowadzić lokalna firma budowlana, której przeważająca część aktywności opiera się na budowie domów mieszkalnych, to przepis na późniejsze kłopoty z funkcjonowaniem placówki.



Fot. 84. Przykładowy system automatyki obserwatorium astronomicznego

Schemat blokowy typowego obserwatorium



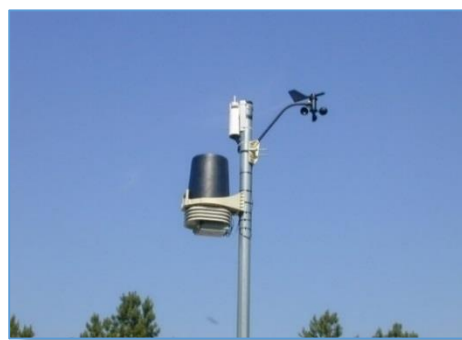
Jak widać, obserwatorium zdalne to prawdziwy labirynt połączeń, wzajemnych relacji podzespołów, które należy spiąć w funkcjonalną całość. Możliwości wyposażenia obserwatorium jest naprawdę bardzo wiele, a tylko od pomysłowości i zasobności portfela zależy jego rozmach. Trzeba pamiętać, że im więcej podłączonych urządzeń, tym więcej uwagi potrzebować będzie zarządzanie całością. Również ilość potencjalnych kłopotów z obsługą wzrośnie. Decydując się na obserwatorium zdalne trzeba mieć tego pełną świadomość, co w naturalny sposób powinno ograniczać możliwość przekazania opieki nad nim osobie w nieodpowiednim stopniu przygotowanej do tego odpowiedzialnego zadania.

Sieć komputerowa i połączenie z Internetem

Sprawną, wysokoprzepustową sieć komputerową, to podstawowy warunek funkcjonowania obserwatorium zdalnego. W normalnej pracy, za pomocą Internetu lub lokalnej sieci, będziemy wysyłać szereg poleceń i komend dla systemu automatyki, które decydują o istocie obserwacji na odległość. Podobnie jak w przypadku zasilania, wszelkie przerwy w dostępie do sieci, czujniki i oprogramowanie obserwatorium mogą interpretować jako sytuację awaryjną, wymagającą natychmiastowego zamknięcia kopuły. Konfigurując zabezpieczenia trzeba wyśrodkować reakcję na potencjalne zagrożenia z komfortem obserwacji. Nie ma sensu przerywać pracy w efekcie najkrótszej nawet przerwy w połączeniu sieciowym. W celu optymalizacji tej kwestii stosuje się rozwiązania polegające na kilkukrotnym, w zadanym przez użytkownika przedziale czasu, automatycznym sprawdzeniu stanu połączenia internetowego przez sterownik kopuły, i na tej podstawie wywoływanie sekwencji dalszych kroków.

Stacja pogodowa

Obserwatorium zdalne musi być odporne na dynamicznie zmieniające się warunki atmosferyczne, które w pewnych okolicznościach stanowić mogą realne zagrożenie dla jego wyposażenia. Deszcz, śnieg, grad, czy silny wiatr wyznaczają moment bezwzględnej konieczności zamknięcia obserwatorium lub uniemożliwienia jego otwarcia, aby nie doszło do szkód materialnych. W tym celu niezbędne staje się zainstalowanie w bezpośrednim sąsiedztwie automatycznej stacji pogodowej, monitorującej podstawowe elementy pogody – temperaturę, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność powietrza, kierunek wiatru i opady. Niektóre bardziej zaawansowane stacje posiadają też możliwość podglądu dużego fragmentu nieba pod kątem zachmurzenia. Automatyka obserwatorium astronomicznego, a dokładnie możliwości karty sterującej kopułą, powinny uwzględniać możliwość czytania i wizualizacji logów ze stacji pogodowej, a także konfiguracji parametrów automatycznej funkcji zamykania lub programowej blokady otwierania. Odczyty czujników temperatury ze stacji pogodowej mogą służyć też jako dane dla systemu odraszania teleskopu, które w momencie zbliżania się temperatury powietrza do punktu rosy, automatycznie włączą system grzałek zapobiegających pokryciu rosa części optycznych teleskopu.



Fot. 85. Maszt ze stacją pogodową

Kamery do podglądu obserwatorium z zewnątrz i wewnątrz



Fot. 86. Kamera do podglądu obserwatorium z zewnątrz

Ze względów bezpieczeństwa konieczne jest posiadanie stałego dostępu do monitoringu obserwatorium z zewnątrz i wewnątrz. Służą do tego specjalne kamery przemysłowe, lub kamery internetowe, zabezpieczone odpowiednio przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi. Kamery powinny pracować w trybie ciągłym i zapisywać codzienne sesje na twardym dysku. Kamera zewnętrzna ogarnia w polu widzenia obserwatorium i jego sąsiedztwo, dobrze więc znaleźć miejsce jej instalacji, które położone jest nieco wyżej. Daje to odpowiednią perspektywę, ułatwiającą późniejszą interpretację materiału wideo. Kamera zewnętrzna powinna przełączać się w tryb nocny i filmować obserwatorium w warunkach słabego lub braku oświetlenia. Kamera lub zestaw kamer wewnątrz obserwatorium powinny być skierowane na niewralgiczne elementy jego wyposażenia – silnik, wyświetlacz alfanumeryczny karty

sterującej, ekran komputera, czy panel sterowania montażu teleskopu. Niektóre z dostępnych na rynku kamer posiadają możliwość ruchu w jednej lub dwóch osiach, a także opcję zoom, przez co jesteśmy w stanie zdalnie skierować je na wybrane miejsce w obserwatorium, aby dokładniej się mu przyjrzeć.

Awaryjne zasilanie UPS

Chyba każdy z doświadczenia wie, że nagła przerwa w dostawie energii elektrycznej, nawet w drugiej dekadzie XXI wieku, nie jest czymś abstrakcyjnym. Zdalne obserwatorium astronomiczne jest całkowicie uzależnione od nieprzerwanej dostawy prądu, dlatego dla jego poprawnego funkcjonowania potrzebny jest system awaryjnego podtrzymywania napięcia, czyli znany z pracowni komputerowych UPS. Ze względu na specyfikę pracy obserwatorium i występujące w nim skokowe wzrosty poborów mocy (otwieranie okna obserwacyjnego, obrót kopuły), nie mogą to być jednak zwykłe UPS. Obserwatorium należy wyposażać w UPS do zastosowań przemysłowych. Jego parametry muszą, z odpowiednim zapasem, uwzględniać pobór mocy wszystkich podzespołów i urządzeń systemu. W przypadku konieczności instalacji UPS na części ruchomej kopuły należy pamiętać o jego bezpiecznej instalacji. Jednostki o mocy 1kW potrafią ważyć kilkanaście lub kilkadziesiąt kilogramów, stanowią zatem istotne obciążenie dla systemów napędowych obserwatorium.



Fot. 87. Przemysłowy zasilacz UPS

Listwa zasilająca sterowana przez Internet



Fot. 88. Zdalnie sterowana listwa zasilająca

Czasem w wyniku zawieszenia się komputera, oprogramowania, czy innych podobnych zdarzeń, zachodzi potrzeba zdalnego wyłączenia komputera i uruchomienia wszystkiego na nowo. W tym celu warto przemyśleć instalację zdalnego wyłącznika/włącznika zasilania. Będzie on podłączony do awaryjnego zasilania UPS. Istotne jest, aby listwa zasilająca posiadała odpowiednią ilość portów/gniazd, aby wpiąć w nią wszystkie niezbędne urządzenia. Musi być szybka, to znaczy posiadać krótki czas reakcji na polecenie zdalnego włączenia lub wyłączenia zasilania. Inne niezbędne cechy to posiadanie przepięciowych zabezpieczeń poszczególnych portów (warystory), możliwość

programowania zachowania portów w przypadku zaniku zasilania, programowalne czasy włączenia i wyłączenia poszczególnych portów, pomiar poboru energii dla każdego gniazda i statystyka za określony okres czasu, włączanie sekwencyjne urządzeń, aby zmniejszać prąd rozruchowy systemu obserwatorium, monitorowanie podłączonych urządzeń, kalendarz akcji włącz-wyłącz na dany dzień tygodnia dla poszczególnych gniazd, czy w końcu możliwość logowania się kilku wyznaczonych osób.

Zdalna konsola

Zdalna konsola umożliwia podgląd pulpitu komputera znajdującego się w obserwatorium z poziomu połączanego z nim siecią komputerową komputera w niezależnym od obserwatorium pomieszczeniu sterującym. Warto zadbać, aby zainstalowana konsola (np. TeamViewer, UltraVNC i inne) była pełną wersją komercyjną, zapewniającą ciągłą pracę bez przerw, charakterystycznych dla wersji demonstracyjnych. Zdalna konsola umożliwia sterowanie kopułą i teleskopem, podgląd obrazu z kamer, odczyt danych ze stacji pogodowej. Z jej pomocą można resetować komputer w obserwatorium oraz zmieniać ustawienia sterowników poszczególnych urządzeń.



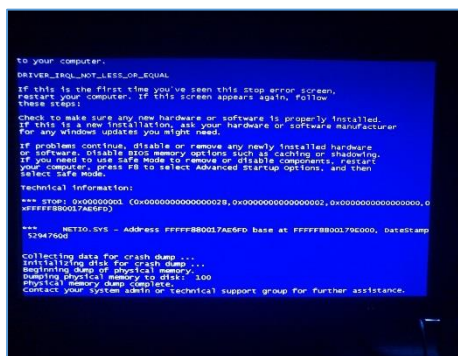
Fot. 89. Zdalny pulpit Team Viewer

Dodatkowe źródło Internetu

Można sobie wyobrazić sytuację, gdy podstawowa linia dostarczająca Internet ulega awarii, odcinając na krótszy lub dłuższy czas nasze obserwatorium od zdalnego sterowania. Odpowiednio skonfigurowana karta sterująca obserwatorium wejdzie wtedy w tryb awaryjnego zamknięcia obserwatorium, przerywając sesję obserwacyjną. Dodatkowe i niezależne źródło Internetu (np. satelitarne) wpięte w odpowiedni router zapewni nam możliwość kontynuowania pracy, przy jednoczesnym bieżącym podglądzie sytuacji w obserwatorium. Zasadność instalowania takiego rozwiązania dotyczy oczywiście tylko sytuacji skrajnych. Jeśli jednak obserwatorium zlokalizowane jest bardzo daleko od naszego miejsca zamieszkania, a dodatkowo zainstalowany jest w nim drogi sprzęt, warto przemyśleć tego typu zabezpieczenie.

Sytuacje kryzysowe w czasie pracy obserwatorium zdalnego

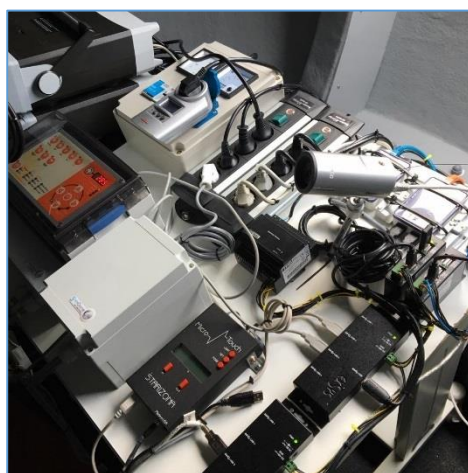
Praktyka wskazuje, że nawet najbardziej zaawansowane rozwiązania zdalne nie są w stanie całkowicie zastąpić człowieka, który od czasu do czasu musi dokonać oględzin stanu elementów automatyki i mechaniki obserwatorium, a czasem na bieżąco reagować w sytuacjach awaryjnych. Problematiczne stają się zwłaszcza te ostatnie, kiedy nie jesteśmy w stanie przewidzieć co i kiedy się popsuje. Jest to tym bardziej frustrujące, kiedy problemy powstają nie z naszej winy. Wyobraźmy sobie, dla przykładu, nagłe przepięcia w sieci energetycznej, czy uderzenie pioruna, które mogą spowodować spalenie bezpieczników i wyłączenie kopuły. Czasem obserwatorium staje się domem dla różnych zwierząt, głównie ptaków i gryzoni, które wijąc gniazda blokujące elementy mechaniczne lub przegryzając okablowanie, powodują unieruchomienie kopuły lub otwieranego dachu. Czujniki pogody z czasem pokrywają się kurzem, błotem, czy ptasimi odchodami, co ogranicza ich sprawność i rzetelność



Fot. 90. Blue screen systemu Windows

danych przesyłanych do karty sterującej. W zimowych warunkach topnienia (odwilży) i nagłego zamarzania zdarza się, że elementy mechaniczne kopuły zostają skute lodem, co do czasu kolejnej odwilży lub serwisu uniemożliwi korzystanie z obserwatorium. Problemem może okazać się system operacyjny zainstalowany na komputerze sterującym. Mamy tu na myśli przede wszystkim automatyczne aktualizacje, zmieniające ustawienia bez wiedzy użytkownika, czy niespodziewane zawieszenia systemu (blue screen), wymagające twardego resetu. Niestety zdarzają się też akty wandalizmu, włamania i kradzieże, na które trudno znaleźć jakiś środek zapobiegawczy poza bieżącym monitoringiem otoczenia obserwatorium i reagowaniem odpowiednich służb w razie alarmu.

Jak widać, sytuacji kryzysowych może powstać bez liku, a opanować je może wtedy tylko bezpośrednia ingerencja fachowca. Warto pamiętać, że pojęcie w pełni zdalnego obserwatorium mieści się tylko i wyłącznie w ramach warunków idealnych, które jak zawsze weryfikuje rzeczywistość. Dla osób i instytucji, których obserwatoria zainstalowane są w dużej odległości od miejsca zamieszkania, bardzo istotny wydaje się wcześniejszy lokalny rekonesans połączony z próbą wejścia w partnerskie relacje z kimś z okolicy. Zainteresowanie takiej osoby astronomią, obserwatorium i zasadami jego funkcjonowania, przy jednoczesnej ofercie możliwości skorzystania z niego, może mieć duże znaczenie dla sprawnego usuwania ewentualnych awarii, czy wykonywania drobnych prac serwisowych. Dzięki takiemu podejściu uniknie się w przyszłości kosztownej i czasochłonnej konieczności każdorazowego pokonywania dużych odległości, tym bardziej jeśli okaże się, że naprawy mógł szybko dokonać ktoś z sąsiedztwa.



Fot. 91. Zestaw automatyki zdalnego obserwatorium

IX. Podsumowanie

Lektura poprzednich rozdziałów ukazała najważniejsze problemy związane z planowaniem, budową i funkcjonowaniem szkolnego obserwatorium astronomicznego. Jak widać, nie jest to zagadnienie trywialne, łatwo dokonać złych wyborów, a na mniej doświadczonych i odpornych na dobre rady czekają pułapki i rozczarowania. Nie należy się jednak zrażać czy studzić początkowy optymizm, ale stopniowo pogłębiać swoją wiedzę pamiętając, że istnieje wiele tego typu placówek, które z powodzeniem realizują swoje cele. Świadomość problemów i sposobów ich unikania, bazowanie na sprawdzonych rozwiązaniach, to klucz do dojrzałych decyzji i ostatecznego sukcesu przedsięwzięcia.



Fot. 92. Budowa obserwatorium astronomicznego w Koszalinie

szczebli oraz instytucje zajmujące się nauczaniem i popularyzacją nauki, aby poważnie rozważyły możliwość budowy własnej stacji astronomicznej, zawiązywania kółek zainteresowań i innych pozalekcyjnych form edukacji. W razie pytań, wątpliwości, zapotrzebowania na organizację odpowiednich szkoleń, oraz wszystkich innych kwestii mających wpływ na długofalowe powodzenie inwestycji, POLSA jest w stanie udzielić stosownej pomocy zarówno w ramach własnych zasobów merytorycznych, jak i zaprzyjaźnionego grona specjalistów (uczonych, inżynierów, pedagogów, biznesmenów, miłośników astronomii, organizacji i innych). Wypada żywić nadzieję, że wzrost społecznej świadomości i postępów edukacji w zakresie szeroko pojętych badań przestrzeni kosmicznej, do których kluczem na wczesnych etapach edukacji jest działalność szkolnych obserwatoriów astronomicznych, zaowocuje coraz częstszym wiązaniem przez młodzież swojej przyszłości z karierą naukową, pracą w ośrodkach badawczo-rozwojowych, czy zakładaniem własnych firm i startupów, wykorzystujących i twórczo rozwijających osiągnięcia sektora kosmicznego.

Nowo powstałe obserwatorium astronomiczne wpłynie pozytywnie na ofertę edukacyjną szkoły i jej wizerunek. Dla jej najbardziej dociekliwych wychowanków wykreuje nowe atrakcyjne formy spędzania wolnego czasu, co ma niebagatelne znaczenie w zapewnieniu im właściwych wzorców zachowania. Placówka będzie miała również wpływ na zmianę świadomości mieszkańców jej okolic. Nauczyciele, rodzice uczniów, w tym lokalni przedsiębiorcy posyłający do szkoły swoje pociechy, uzyskają w ten sposób platformę aktywizacji wzajemnych kontaktów. Otwarcie obserwatorium na zorganizowane grupy spoza szkoły (wycieczki z innych szkół, gości, turystów), dodatkowo wzmocni jej rozpoznawalność. W takich warunkach istnieje realna szansa na generowanie przez obserwatorium przychodu, dzięki komercyjnemu wykorzystaniu obiektu. Przy takim obrocie spraw, obserwatorium będzie w stanie samo zarobić na, konieczne w dłuższej perspektywie czasu, naprawy, serwis, czy zakup drobnych akcesoriów.

Departament Edukacji Polskiej Agencji Kosmicznej, wychodząc naprzeciw wzrostowi zainteresowania astronomią, astronautyką i rozwojem technik satelitarnych, gorąco zachęca placówki szkolne wszystkich

Dodatek 1

Przykładowy kosztorys wyposażenia obserwatorium astronomicznego

Ilość wysokiej jakości sprzętu astronomicznego dostępnego na rynku umożliwia praktycznie niezliczoną ilość kombinacji. Kopuła, optyka, kamery, montaż teleskopu, okulary, osprzęt i wszystkie inne elementy, dobierać można według uznania popartego własnym doświadczeniem lub sugestiami zaufanych osób. Jedyne ograniczenie stanowi z reguły wyobraźnia, warunki techniczne miejsca budowy i posiadany budżet. Możemy być pewni, że dwie niezależne osoby, z tym samym doświadczeniem i zasobami finansowymi, zestawiałyby zupełnie inne systemy obserwatorium, choć możliwe, że wykorzystywałyby podobnej klasy instrumenty. Dobór głównego teleskopu, czy miałby to być refraktor apochromatyczny, czy reflektor, to również temat rzeka. Jedni będą wychwalać zalety doskonałego obrazu otrzymywanego w apochromatach, inni zwracają uwagę na ich ograniczenia co do średnicy czynnej, w której górę biorą teleskopy zwierciadlane. Podobnie ma się rzecz z kamerami CCD, montażami i resztą. Poniższe kalkulacje należy więc traktować jako przykładowe, które w żadnym wypadku nie powinny być odbierane jako wzorcowe. Traktujmy je raczej w kategoriach punktu odniesienia dla bardziej indywidualnych zestawień.

Przydatny z pewnością okaże się też link do kalkulacji szczegółowych kosztów budowy obserwatoriów różnych wielkości, przygotowany i dzięki uprzejmości rodzimego producenta automatycznych kopuł astronomicznych, firmy ScopeDome ze Słupska, udostępniony na potrzeby tego opracowania:

<http://www.scopedome.com/forum/2016 ESA Observatory Price Calculation.xlsx>

Arkusz ten zawiera wyszczególnioną listę wszystkich (lub prawie wszystkich) niezbędnych elementów systemu obserwatorium, dostosowanych do kopuł astronomicznych o średnicy odpowiednio 2, 3, 4 i 5.5 metra. Uwzględnia on również koszty transportu i montażu wyszczególnionych elementów, co ma niebagatelne znaczenie w perspektywie integracji ich w funkcjonalny system. Ostrożnie należy podchodzić do kwestii cen, które dynamicznie się zmieniają, a jednocześnie są mocno uzależnione od aktualnego kursu dolara i euro. Wykorzystanie arkusza zakłada również jego twórczą modyfikację dla własnych potrzeb. Poniżej przedstawiono uproszczone kosztorysy obserwatoriów astronomicznych do obserwacji wizualnych, oraz profesjonalnych obserwatoriów do obserwacji wizualnych i astrofotografii, w oparciu o kopuły ScopeDome 3M, ScopeDome 4M i ScopeDome 55M. Kosztorys nie uwzględnia prac budowlanych przy nowo powstałym budynku obserwatorium lub prac adaptacyjnych w istniejącym budynku.

Obserwatorium do obserwacji wizualnych

3M

automatyczna kopuła astronomiczna o średnicy 3,0m wraz z montażem przez kwalifikowaną ekipę	76 959 zł
system teleskopu głównego z montażem	52 544 zł
system teleskopu słonecznego	26 681 zł
dodatkowe teleskopy do pokazów nieba	26 910 zł
instalacja sprzętu	18 942 zł
razem brutto	202 036 zł

Podstawowe instrumenty:

- teleskop główny: GSO Ritchey-Chretien RC 355/2845 Carbon OTA
- montaż: Sky-Watcher EQ8
- teleskop słoneczny: Lunt ST 60/500 LS60T Ha DS60 B1200 FT OTA
- kopuła astronomiczna: ScopeDome 3M

4M

automatyczna kopuła astronomiczna o średnicy 4,0m wraz z montażem przez kwalifikowaną ekipę	173 455 zł
system teleskopu głównego z montażem	59 825 zł
system teleskopu słonecznego	26 681 zł
dodatkowe teleskopy do pokazów nieba	26 910 zł
instalacja sprzętu	18 942 zł
razem brutto	305 813 zł

Podstawowe instrumenty:

- teleskop główny: GSO Ritchey-Chretien RC 406/3250 Carbon OTA
- montaż: Sky-Watcher EQ8
- teleskop słoneczny: Lunt ST 60/500 LS60T Ha DS60 B1200 FT OTA
- kopuła astronomiczna: ScopeDome 4M

55M

automatyczna kopuła astronomiczna o średnicy 5,5m wraz z montażem przez kwalifikowaną ekipę	264 376 zł
system teleskopu głównego z montażem	59 825 zł
system teleskopu słonecznego	26 681 zł
dodatkowe teleskopy do pokazów nieba	26 910 zł
instalacja sprzętu	18 942 zł
razem brutto	396 734 zł

Podstawowe instrumenty:

- teleskop główny: GSO Ritchey-Chretien RC 406/3250 Carbon OTA
- montaż: Sky-Watcher EQ8
- teleskop słoneczny: Lunt ST 60/500 LS60T Ha DS60 B1200 FT OTA
- kopuła astronomiczna: ScopeDome 55M

Obserwatorium profesjonalne do obserwacji wizualnych i astrofotografii

3M

automatyczna kopuła astronomiczna o średnicy 3,0m wraz z montażem przez kwalifikowaną ekipę	76 959 zł
system teleskopu głównego z montażem	52 544 zł
system teleskopu słonecznego	48 178 zł
teleskop guider	4 615 zł
system kamer CCD	87 045 zł
dodatkowe teleskopy do pokazów nieba	26 910 zł
osprzęt obserwatorium (stacja pogodowa i czujnik chmur itp.)	12 884 zł
komputer sterujący i oprogramowanie	16 723 zł
instalacja sprzętu i oprogramowania	21 648 zł
razem brutto	347 506 zł

Podstawowe instrumenty:

- teleskop główny: GSO Ritchey-Chretien RC 355/2845 Carbon OTA
- montaż: Sky-Watcher EQ8
- teleskop słoneczny: ST 152/900 LS152T Ha B1800 FT PT OTA
- kamera CCD: SBIG Aparat fotograficzny STX-16803 / FW7-STX Set
- kopuła astronomiczna: ScopeDome 3M

4M

automatyczna kopuła astronomiczna o średnicy 4,0m wraz z montażem przez kwalifikowaną ekipę	173 455 zł
system teleskopu głównego z montażem	52 544 zł
system teleskopu słonecznego	48 178 zł
teleskop guider	4 615 zł
system kamer CCD	87 045 zł
dodatkowe teleskopy do pokazów nieba	26 910 zł
osprzęt obserwatorium (stacja pogodowa i czujnik chmur itp.)	12 884 zł
komputer sterujący i oprogramowanie	16 723 zł
instalacja sprzętu i oprogramowania	21 648 zł
razem brutto	444 002 zł

Podstawowe instrumenty:

- teleskop główny: GSO Ritchey-Chretien RC 406/3250 Carbon OTA
- montaż: Sky-Watcher EQ8
- teleskop słoneczny: ST 152/900 LS152T Ha B1800 FT PT OTA
- kamera CCD: SBIG Aparat fotograficzny STX-16803 / FW7-STX Set
- kopuła astronomiczna: ScopeDome 4M

55M

automatyczna kopuła astronomiczna o średnicy 5,5m wraz z montażem przez kwalifikowaną ekipę	264 376 zł
system teleskopu głównego z montażem	52 544 zł
system teleskopu słonecznego	48 178 zł
teleskop guider	4 615 zł
system kamer CCD	87 045 zł
dodatkowe teleskopy do pokazów nieba	26 910 zł
osprzęt obserwatorium (stacja pogodowa i czujnik chmur itp.)	12 884 zł
komputer sterujący i oprogramowanie	16 723 zł
instalacja sprzętu i oprogramowania	21 648 zł
razem brutto	534 923 zł

Podstawowe instrumenty:

- teleskop główny: GSO Ritchey-Chretien RC 406/3250 Carbon OTA
- montaż: Sky-Watcher EQ8
- teleskop słoneczny: ST 152/900 LS152T Ha B1800 FT PT OTA
- kamera CCD: SBIG Aparat fotograficzny STX-16803 / FW7-STX Set
- kopuła astronomiczna: ScopeDome 55M

Dodatek 2

Polecana literatura popularnonaukowa

1. Bajan K, Flin P., Wykorzystanie małych teleskopów, Akademia Świętokrzyska/PTMA, 2005
2. Bajan K, Godłowski W., Wykorzystanie małych teleskopów II, Uniwersytet Opolski/PTMA, 2011
3. Bajtlik S., Kosmiczny alfabet, Prószyński i Spółka, 2004
4. Branicki A., Na własne oczy. O samodzielnych obserwacjach nieba i Ziemi, PWN, 2014
5. Branicki A., Obserwacje i pomiary astronomiczne, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2006
6. Brych P., Wielki atlas nieba, Teletechnika – Piotr Brych, 1999
7. Celnik W., Hahn H., Astronomia dla początkujących, Wydawnictwo Delta W-Z, 2010
8. Chrupała H., M. Szczepański, 25 lat olimpiad astronomicznych, WSiP, 1986
9. Chrupała H., Kreiner J., Szczepański M., Zadania z astronomii z rozwiązaniami, Wydawnictwo Zamkor, 2005
10. Desselberger J., Szczepanik J., Tablice astronomiczne z przewodnikiem po gwiazdozbiorach, PPU Park Sp. z o.o., 2002
11. Dobrzycki J., Włodarczyk J., Historia naturalna gwiazdozbiorów, Prószyński i Spółka, 2002
12. Edberg S. J., Jak obserwować komety, Wydawnictwo Alfa, 1985
13. Fangor R., Z. Rzepka, M. Zawilski, Poradnik obserwatora pozycji i zakryć, wydanie II poprawione, PTMA, 1990
14. Gall M., Ginter J., Kutner R., Komputerem w kosmos, Wydawnictwo Zamkor, 2005
15. Gendler R., Rok z życia wszechświata, Carta Blanca, 2007
16. Gołębiowski K., Kamiński M., Rochowicz K., Sobczuk B., Jak zainteresować uczniów astronomią w szkole podstawowej, gimnazjum i szkole ponadgimnazjalnej? Poradnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej, przyrody, fizyki i geografii, Ośrodek Rozwoju Edukacji, 2012
17. Jacqueline M. i wsp., Szkolny przewodnik po astronomii, Wydawnictwo Podśiedlik-Raniowski, 2002
18. Janssen U., Werner K., Uniwersytet Dziecięcy wyjaśnia tajemnice kosmosu, Wydawnictwo Dwie Siostry, 2009
19. Korpikiewicz H., Instrukcja dla obserwatorów meteorów, PTMS, 1978
20. Kosiński J., Jak obserwować meteory? Poradnik obserwatorów meteorów, PTMA, 1994
21. Krzyt T., Poradnik obserwatora gwiazd zmiennych, PTMA, 1995
22. Levy D.H., Niebo – Poradnik użytkownika, Prószyński i Spółka, 1996
23. Moore P., Niebo przez lornetkę, Prószyński i Spółka, 1999
24. Nawrot A., Karolczak D., Jaworska J., ENCYKLOPEDIA. Fizyka z Astronomią, Wydawnictwo Greg, 2010
25. Pańków M., Materiały pomocnicze do ćwiczeń w pracowni dydaktyki astronomii, Uniwersytet Śląski, 1982
26. Pańków M., Nauczanie astronomii, WSiP, 1982
27. Praca zbiorowa, Bolek i Lolek poznają gwiazdozbiory, Wydawnictwo Dragon, 2008
28. Rudź P., Kosmos. Podróż przez Uniwersum, Dragon, 2014
29. Rudź P., Niebo na weekend. Przewodnik młodego astronoma, Pascal/Carta Blanca, 2003
30. Rudź P., Niebo. Kompendium wiedzy o wszechświecie, SBM, 2015
31. Rochowicz K., Astronomia w komputerze, Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych 4/2010, str. 37-38
32. Rochowicz K., Interaktywna astronomia w szkole, Urania – Postępy Astronomii 3/2007, str. 126-128
33. Rochowicz K., Supernowe w szkole, Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych 1/2008, str. 42-43
34. Smak J., Opowiadania starego astronoma, PTA, 2010
35. Smak J., Nowe opowiadania starego astronoma, PTA, 2013
36. Stott C., Ciekawe dlaczego gwiazdy migoczą, Wydawnictwo Book House, 2004
37. Substyk M., Poradnik miłośnika astronomii, Wydawnictwo AstroCD, 2010
38. Włodarczyk J., Wędrowki niebieskie, czyli Wszechświat nie tylko dla poetów, Prószyński i Spółka, 1999
39. Zajac I., Kosmos. Encyklopedia dla dzieci, Wydawnictwo ARTI, 2007
40. Żbik M., Tajemnice kamieni z nieba, Nasza Księgarnia, 1987

Periodyki astronomiczne

Krajowe

- Acta Astronomica, <http://acta.astro.uw.edu.pl>
- Astronomia, <http://www.astronomia.media.pl>
- Meteoryt, <http://www.woreczko.pl/meteorites/index.htm>
- Urania – Postępy Astronomii, <http://www.uranian.edu.pl>
- Vademecum Miłośnika Astronomii, <http://www.vademecum-astronomii.pl>

Zagraniczne

- Astronomy and Astrophysics, <http://www.aanda.org>
- Astronomy Now, <https://astronomynow.com>
- Mercury, <http://www.astrosociety.org/publications/mercury-magazine>
- Sky & Telescope, <http://www.skyandtelescope.com>
- The Astronomical Journal, <http://iopscience.iop.org>

Inne czasopisma publikujące teksty o tematyce astronomicznej

- Delta, <http://www.mimuw.edu.pl/delta>
- Fizyka w Szkole, <http://www.aspress.com.pl>
- Młody Technik, <http://www.mt.com.pl>
- Świat Nauki, <http://www.swiatnauki.pl>
- Wiedza i Życie, <http://www.wiz.pl>

Dodatek 3

Przykładowe plany architektoniczne obserwatoriów astronomicznych

Przedstawione poniżej uproszczone plany architektoniczne, bazujące na kopułach astronomicznych ScopeDome 3M i ScopeDome 55M, przygotowała architekt mgr Aleksandra Narkowicz-Pala. Są to propozycje skierowane zarówno dla instytucji typu szkoła, uniwersytet, czy park naukowy, jak i osób indywidualnych. Pełne plany z opisem, wyliczeniami konstrukcyjnymi, przekrojami, listą materiałów budowlanych, schematami instalacji elektrycznych i niezbędnymi uprawnieniami, dostępne są pod odpowiednimi linkami. Niewątpliwą zaletą planów jest fakt, że mogą być bez ograniczeń i nieodpłatnie wykorzystywane do zastosowań niekomercyjnych, w tym do uzyskania indywidualnego pozwolenia na budowę, względnie dla potrzeb zgłoszenia lub rejestracji budowy obiektu organom administracji budowlanej. Dostosowanie do krajowych przepisów prawa budowlanego ułatwia przeprowadzenie ewentualnych konsultacji prawnych, celem adaptacji do specyfiki warunków lokalnych. Szczegółowość i przejrzystość projektów umożliwia też ich twórczą modyfikację przez wykwalifikowanego architekta, oczywiście tylko w zakresie przewidzianym i dozwolonym przez autora.



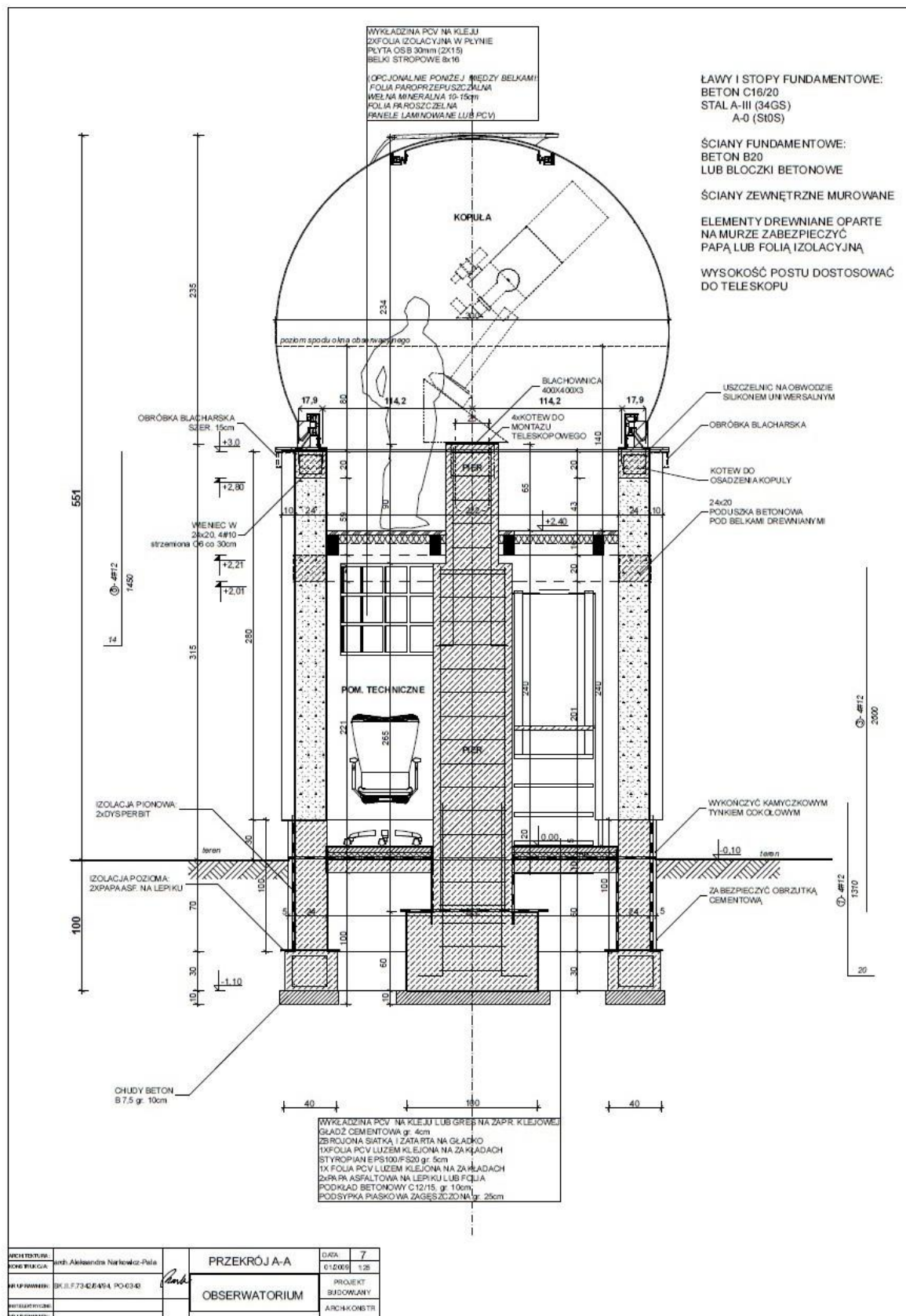
Fot. 93. Obserwatorium wieżowe



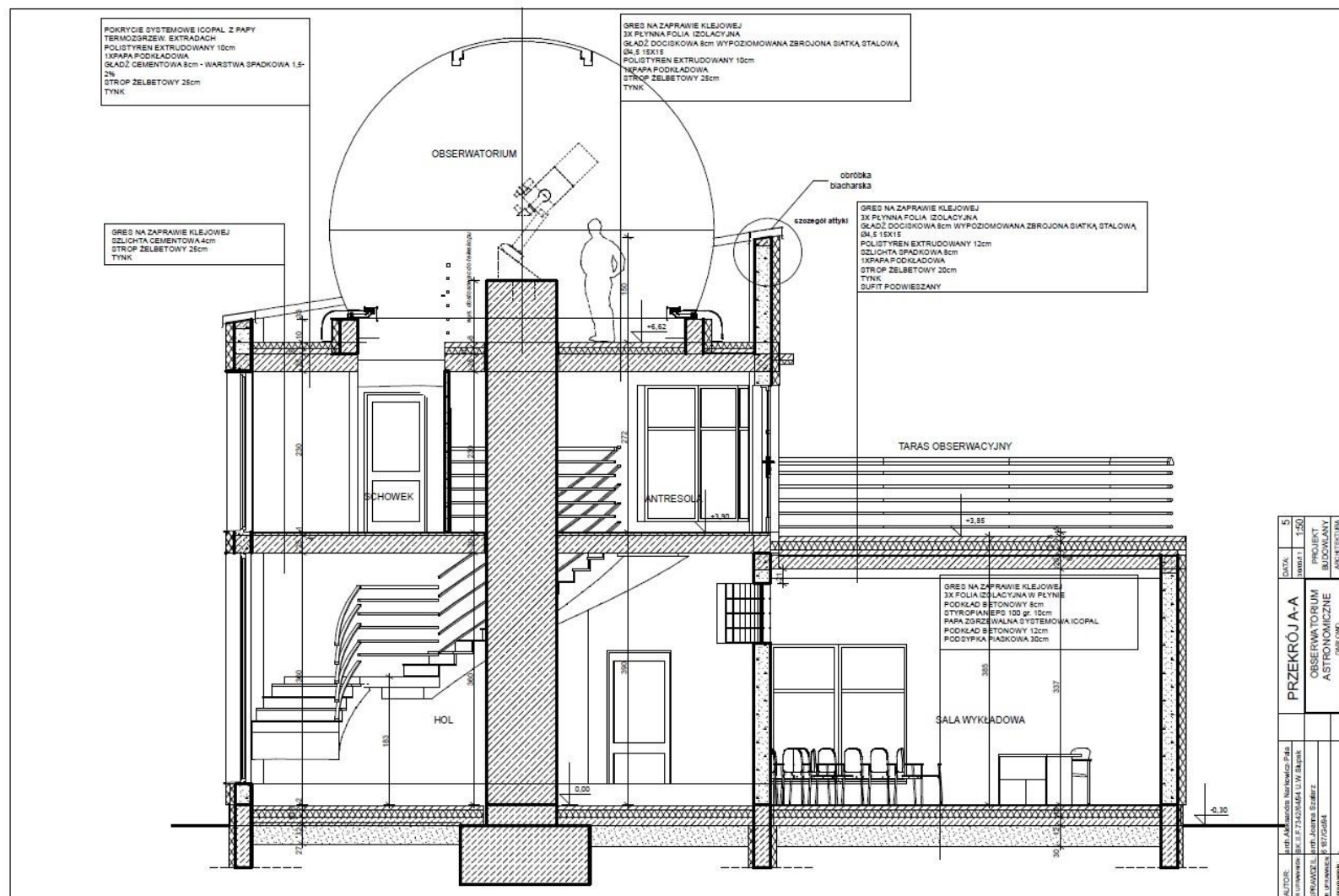
Fot. 94. Obserwatorium z zapleczem dydaktycznym



Fot. 95. Centrum popularyzacji astronomii (wizualizacja 3D)







Dodatek 4

Scenariusze lekcji z wykorzystaniem szkolnego obserwatorium astronomicznego
(opracowanie: dr Krzysztof Rochowicz, Zakład Dydaktyki Fizyki UMK, Toruń, 2016)