

Z dydaktyki astronomii

Krzysztof Rochowicz

Ostatnia reforma podstawy programowej spowodowała, że przedmiot „astronomia” zniknął całkowicie już nie tylko jako odrębna dziedzina nauczania, ale nawet jako człon nazwy istniejący przez pewien czas w połączeniu z fizyką. Wielka szkoda, bo akurat ta jedna z najstarszych dziedzin wiedzy, w sposób najprostszy i naturalny wywodząca się z obserwacji i zainteresowania otaczającym nas światem, ma do zaproponowania niezwykle bogatą tradycję myśli i metodologii naukowej, nie starzejącej się mimo rewolucyjnych wyzwań, przed jakimi stoi współczesna edukacja. Na szczęście wiele treści da się zgrabnie wpasować w program nauczania różnych przedmiotów, warto jedynie zadbać, by nauczyciele przyrody, geografii, chemii, fizyki czy matematyki nie rezygnowali z na pierwszy rzut oka „nadobowiązkowych” treści, lecz upatrywali w nich realną szansę na zainteresowanie uczniów.

Można oczywiście poddawać w wątpliwość pragmatyczne znaczenie wiedzy astronomicznej, a nawet uznać, że w warunkach dzisiejszej dostępności informacji jest ona łatwo zdobywalna. A jednak to właśnie w tej dziedzinie można w sposób ciekawy, spójny i logiczny kształtować racjonalną wiedzę o świecie, poczynawszy od prostych spostrzeżeń, poprzez krytyczną ich analizę, formułowanie hipotez i ich weryfikację aż po wykorzystanie nowoczesnych środków i narzędzi. Możemy efektywnie korzystać z naturalnego zainteresowania młodych ludzi kosmosem, by kreować świadomość aktywnego uczestniczenia w harmonijnym budowaniu przyjaznego nam świata.

W historii nauki znajdziemy wiele przykładów, jak przełomowe odkrycia astronomiczne przyczyniały się do zmiany postrzegania miejsca człowieka we Wszechświecie, w artykule niniejszym chciałbym jednak zająć stanowisko bliższe współczesnej dydaktyce kognitywistycznej (Karwasz, Karbowski & Rochowicz, 2014; Stanford Encyclopedia of Philosophy). Powinniśmy zadbać o to, by formułując odpowiednie problemy, wzbudzać zainteresowanie ucznia próbą samodzielnego ich rozwiązania.

Astronomia w szkołach wczoraj i dziś

Zanim polskie szkoły stały się poligonem doświadczalnym nowych rozwiązań, reform i zmian podstawy programowej, przez długie lata nauczanie astronomii obejmowało uczniów ostatniej klasy szkół średnich. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne w roku 1988 opublikowało piętnaste wydanie podręcznika do astronomii Konrada Rudnickiego dla klasy IV (maturalnej) liceum ogólnokształcącego, technikum i liceum zawodowego (Rudnicki), z

którego według szacunkowych wyliczeń uczyło się około półtora miliona osób. Wprawdzie w porównaniu z dzisiejszymi wydawnictwami podręcznik ten prezentuje się nad wyraz skromnie, jego wielką zaletą jest niezwykle prosty, klarowny i interesujący sposób narracji. Rozwój zainteresowania wiedzą o kosmosie był z pewnością następstwem pojawienia się i rozwoju astronautyki, lotów na orbitę, lądowań na Księżycu i eksploracji coraz dalszych planet. Dla dydaktyki astronomii podstawowymi przez wiele lat podręcznikami była książka „Nauczanie astronomii” Marii Pańków (WSiP 1982), uzupełniona przez dwuczęściowe „Materiały do ćwiczeń z astronomii z astrofizyką” tej samej autorki (wydane przez Uniwersytet Śląski w Katowicach w 1978 i 1980 roku). Warto podkreślić, że mimo prostej formy druku (tekst sprawiał wrażenie pisanego na maszynie), książki te wzbogacono o ogromną ilość dołączonych oddzielnie ilustracji, tabel, nomogramów i map, dzięki czemu prowadzone w oparciu o nią zajęcia miały charakter praktyczny. Zachęcały do samodzielnych obserwacji i ich poprawnego interpretowania.

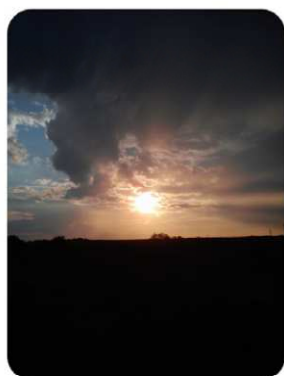
Po roku 2002 w gimnazjach i szkołach ponadgimnazjalnych obowiązywał przedmiot „Fizyka i astronomia”. Treści astronomiczne dołączono do programu nauczania fizyki, ale nie wyszło to raczej dydaktyce astronomii na dobre. Okrojona liczba godzin nauczania spowodowała, że nauczyciele niekiedy rezygnowali z elementów astronomii, albo traktowali je jako treści dodatkowe, najchętniej oddawane od razu w ręce uczniów jako projekty do samodzielnego opracowania. Te niestety nie grzeszyły oryginalnością i ograniczały się zwykle do kopiowania pewnych treści z książek i encyklopedii oraz stron internetowych.

Po wprowadzeniu Rozporządzenia MEN z dnia 23 grudnia 2008 r. nazwa przedmiotu „astronomia”, nawet obok fizyki, już się nie pojawia. Nie znaczy to jednak, że w programie nauczania astronomia nie występuje – jej elementy znajdziemy m.in. w programie przyrody na II etapie edukacyjnym, geografii na III oraz przyrody, fizyki i geografii na IV etapie (w przypadku geografii tylko w zakresie rozszerzonym). Istotny jest jednak również fakt, że w ostatnich latach przybyło nam w Polsce i nadal przybywa wiele miejsc, w których prowadzi się edukację astronomiczną (centra nauki, planetaria, astrobazy w województwie kujawsko-pomorskim), niestrudzenie taką rolę pełnią stare i nowe czasopisma („Urania – Postępy Astronomii”, „Wiedza i Życie”, „Astronomia”), pojawiają się też nowe programy telewizyjne („Astronarium”) obok powszechnie dostępnych i świetnie zrealizowanych seriali popularno-naukowych takich jak „Wszechświat według Hawkinga”, „Zagadki Wszechświata z Morganem Freemanem” czy „Kosmos” z roku 2014. Co ważniejsze, te nowe źródła bywają często dostępne w wielu formach, np. nie tylko jako czasopisma, ale i rozbudowane witryny internetowe. Nowoczesnym środkiem edukacji astronomicznej poświęcamy dalszą część niniejszej publikacji.

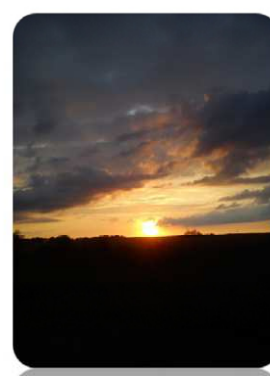
Warto też podkreślić, że na rynku wydawniczym pojawiły się dwie pozycje szczególnie cenne w budowaniu zainteresowania młodych ludzi kosmosem – jest to dostępny dla nauczycieli bezpłatnie poradnik „Jak zainteresować uczniów astronomią w szkole podstawowej, gimnazjum i szkole ponadgimnazjalnej?” wydany przez Ośrodek Rozwoju Edukacji (Gołębiowski i inni, 2012) oraz doskonały poradnik praktycznej astronomii obserwacyjnej „Na własne oczy” A. Branickiego (2014).

Obserwujmy niebo

Przygodę z nauką w oparciu o astronomię warto rozpoczynać wcześniej, korzystając np. z możliwości, jakie daje program nauczania przyrody już w szkole podstawowej. Rzut oka na cele kształcenia i ogólne wymagania przedmiotu „Przyroda” dla II etapu edukacyjnego (klasy IV-VI szkoły podstawowej) pozwala bardzo optymistycznie spojrzeć na możliwość wykorzystania treści astronomicznych, znajdziemy bowiem wśród nich m.in. zainteresowanie światem przyrody, stawianie hipotez na temat zjawisk i procesów zachodzących w przyrodzie i ich weryfikacja, praktyczne wykorzystanie wiedzy przyrodniczej, obserwacje, pomiary i doświadczenia. W roku ubiegłym (2014) w oparciu o te założenia zorganizowaliśmy wspólnie z Warmińsko-Mazurskim Ośrodkiem Doskonalenia Nauczycieli konkurs „Obserwuję niebo”, którego przedmiotem było wykonanie dokumentacji kilku prostych obserwacji wybranych obiektów astronomicznych oraz ich krótkiego opracowania w niewielkich, 3-4 -osobowych grupach uczniowskich (Rochowicz & Szarzyńska). Postawiliśmy przed uczniami m.in. zadania prowadzenia obserwacji wschodów i zachodów Słońca nad widnokrzem w różnych porach roku, obserwacji długości cienia gnomonu na początku lata i jesieni oraz obserwacje Księżyca w wyznaczonych terminach.



Zdjęcie wykonane
10.07.2014 godz. 20:05



Zdjęcie wykonane
7.08.2014 godz. 20:05

Rys. 01a i b) Zdjęcia zachodzącego Słońca wykonane o tej samej godzinie 10 lipca i 7 sierpnia 2014 w Dobrym Mieście przez uczniów kl. VI (Wolf, Badurek, Rutkowski, Kukałowicz). Widoczne przesunięcie naszej Diennej Gwiazdy – zarówno w wysokości (w dół), jak i azymucie (w kierunku południowym, w lewo).

Wyniki obserwacji udokumentowane zostały zdjęciami lub rysunkami, opracowanie i wnioski z pewnością pozwoliły uczniom krytycznie i uważnie patrzeć na zachodzące w przyrodzie zmiany (Rys. 01a i 01b).

Rozstrzygnięciu konkursu towarzyszył specjalny, prowadzony na żywo przez autora, seans w olsztyńskim planetarium – jego aparatura zapewnia doskonale odtwarzanie zjawisk oglądanych przez uczniów przyspieszonym tempie, a przy odpowiednim komentarzu ułatwia uporządkowanie i utrwalenie zdobytej wiedzy. Oto fragment opinii jednej z nauczycielek – opiekunek uczestników konkursu: „Bardzo podobała nam się projekcja. Ogromne wrażenie zrobiło na nas gwiazdziste niebo, szczególnie znaki zodiaku oraz gwiazdozbiory. Zapamiętaliśmy, że na naszym niebie jest ich 88. Dowiedzieliśmy się, że nie wszystkie jasne obiekty na niebie to gwiazdy, mogą to być planety. Zobaczyliśmy „przyspieszoną” pozorną wędrówkę Słońca i Księżyca na niebie.”

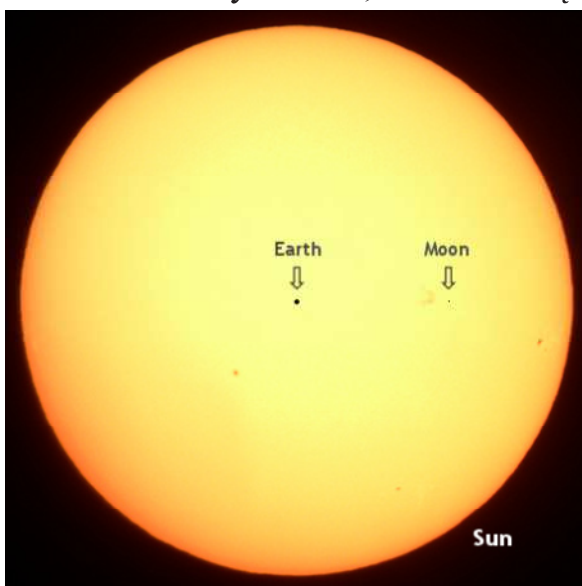
W tej krótkiej wypowiedzi znajdujemy kolejną istotną wskazówkę logicznej kontynuacji poznawania nieba i zjawisk na nim zachodzących: nie wszystkie jasne obiekty to gwiazdy, mogą to być planety. Pięć z nich jest możliwych do znalezienia gołym okiem, przy czym szczególnie Wenus i Jowisz wyróżniają się swoją jasnością. Te dwie planety dają nam też możliwość „powtórzenia” kluczowych odkryć dokonanych przez Galileusza przy użyciu niewielkiej lunetki (obiektyw o średnicy zaledwie 5 cm, porównywalnej z rozmiarem dzisiejszych szkieł lornetek) – faz Wenus (podobnych do księżycowych i spowodowanych tym samym – odpowiednim oświetleniem przez Słońce) oraz księżyców Jowisza (pierwszych odkrytych obiektów ewidentnie nie obiegających Ziemi). To właśnie te obserwacje potwierdziły słusność teorii heliocentrycznej Kopernika i wprowadziły jego dzieło „O obrotach” do Indeksu ksiąg zakazanych. A dla niektórych uczniów zwyczajne „odkrycie” planety na rozgwieżdżonym niebie może być początkiem fascynacji Wszechświatem.

W obserwacjach, a szczególnie ich dokumentowaniu, może nam pomóc Mikroobserwatorium (Observing with NASA). To projekt NASA, umożliwiający każdemu wykonanie zdjęć kosmosu za pomocą teleskopów sterowanych za pośrednictwem internetu. Teleskopy nie są duże (zwierciadło o średnicy 15 cm, skromna kamera z matrycą 650 na 500 pikseli), ale mogą nam wykonać udane zdjęcia Księżyca (Rys.02) lub też jasnych planet. Zdjęcia Księżyca są wystarczająco dobrej jakości, by utrwalić przebieg zmian faz naszego naturalnego satelity, a także – przy nieco większym wysiłku – pokazać, jak zmieniają się jego rozmiary kątowe wskutek zmieniającej się (w granicach ok. 363 – 405 tys. km) odległości od Ziemi. W przypadku Wenus zauważymy zmianę fazy i rozmiarów kątowych, w przypadku Jowisza – zmiany zachodzące w układzie jego księżyców galileuszowych.



Rys. 02. Przykładowe zdjęcia Księżyca wykonane internetowym teleskopem Mikroobserwatorium NASA.

Czy na pewno mamy świadomość skali rozmiarów i odległości, choćby w naszym Układzie Słonecznym? Popatrzmy na Rys. 03, gdzie z zachowaniem skali pokazano rozmiary Słońca, Ziemi i Księżyca oraz odległość dwóch ostatnich ciał.



Rys. 03. Porównanie rozmiarów Słońca, Ziemi (ok. 110 razy mniejszej) i Księżyca. Widoczne na tarczy Słońca plamy bywają znacznie większe od Ziemi. Odległość Ziemia – Księżyc również pokazana z zachowaniem skali, natomiast rzeczywista odległość Ziemi od Słońca stanowi ok. 100-krotność średnicy Słońca. Źródło: www.quora.com.

Odległości w Układzie Słonecznym, w porównaniu z rozmiarami, są ogromne. Ilustracje w podręcznikach i encyklopediach, które na jednym obrazie gromadzą obok siebie Słońce i wszystkie planety, bardzo zniekształcają nasze wyobrażenie rzeczywistego dystansu i ogromnej przestrzeni dzielącej te obiekty. To trochę podobnie, jak ze schematycznymi ilustracjami atomów, na których nie jesteśmy w stanie oddać mikroskopijnych rozmiarów samego jądra. Warto pokusić się, najlepiej w formie zabawy, np. z odpowiednimi owocami, o zbudowanie modelu Układu Słonecznego w skali – potrzebny będzie zapewne długi szkolny korytarz albo spore boisko. Ciekawą perspektywę skali zarówno mikro-, jak i makroświata, oddaje dostępna w Internecie interaktywna symulacja – skala Wszechświata (<http://htwins.net/scale2/>).

Warto prześledzić zmiany zachodzące na nocnym niebie w ciągu roku, a odnajdywanie konstelacji wzbogacić, sięgając do źródła inspiracji starożytnych Greków – ich mitologii.

Widok rozgwieżdżonego nocnego nieba może nas nie tylko zachwycać, ale i skłaniać do refleksji. Wystarczy zacząć od najprostszych pytań – ile jest gwiazd na niebie i które z nich świecą najjaśniej? Odpowiedź na pierwsze pytanie zależy od miejsca, skąd prowadzimy obserwacje. W miastach widok jest mocno ograniczony przez sztuczne światła i dlatego gwiazd widzimy kilkadziesiąt lub co najwyżej kilkaset. W ciemnym miejscu doliczyć się można 2-3 tysięcy gwiazd. O wiele więcej dostrzeżemy przez lornetkę czy teleskop. Jeszcze sto lat temu przypuszczano, że wszystkie gwiazdy i mgławice tworzą statyczny i rozległy system Galaktyki – Drogi Mlecznej, która stanowi praktycznie cały Wszechświat. Wielką niespodzianką było udowodnienie, że niektóre z mgławic – np. M31 w konstelacji Andromedy – to odległe galaktyki – wyspy Wszechświata, który dodatkowo wcale nie jest stabilny i statyczny, ale miał swój początek i wciąż się rozszerza.

A która z gwiazd (nie licząc Słońca) jest najjaśniejsza? Tu nieodmiennie i z bliżej nieznanym powodów uczniowie zwykle wymieniają Gwiazdę Polarną – choć jest ona dość mizernie świecącym punkcikiem. Pomijając widoczne od czasu do czasu planety, wśród gwiazd nieba nocnego najjaśniejszą pozostaje widoczny w zimowe noce Syriusz. A noce zimowe to świetna okazja, by podziwiać szereg jasnych gwiazd o różnych barwach (a więc różniących się temperaturą powierzchni) – od czerwonej Betelgezy, przez pomarańczowego Aldebarana, żółtą Kapellę aż po biało-niebieskie światło Syriusza czy gwiazdy Rigel. Przy tym rozpiętość odległości jest ogromna – od niespełna 9 (dla Syriusza) do prawie 800 (Rigel) lat świetlnych. Można tylko sobie wyobrazić, jak ogromne muszą to być gwiazdy (Betelgeza jest przeszło 1000 razy większa od Słońca – w swym wnętrzu zmieściłaby wokółsłoneczną orbitę Jowisza), by z tak wielkich odległości należeć do najjaśniejszych na niebie obiektów.

Różnorodność gwiazd jest konsekwencją ich różnej masy oraz procesów ewolucji – jądrowej nukleosyntezy pierwiastków, czyli tworzenia z prostych składników (wodoru i helu) jąder coraz bardziej złożonych. Jak zgodnie przyznają czołowi współcześni astrofizycy, bodaj najbardziej spektakularnym osiągnięciem tej dziedziny jest uświadomienie nam, że wszystkie cięższe od helu pierwiastki powstały dawno temu we wnętrzach gwiazd, a najcięższe (np. złoto, srebro, rtęć i ołów) – podczas wybuchów supernowych. Wapń w kościach, żelazo w krwi i dużą część niezbędnych organizmom żywym składników dostarczyły te właśnie reakcje, które zaczęliśmy powoli poznawać zaledwie sto lat temu. Pięknym podsumowaniem tej odsłoniętej przez współczesną naukę idei jest Rys. 04.



Rys.04. Jesteśmy dziećmi Wszechświata, jesteśmy gwiazdowym pyłem – to wnioski płynące ze współczesnych badań astrofizycznych. W młodym Wszechświecie po Wielkim Wybuchu istniały tylko najlżejsze pierwiastki – wodór i hel, pozostałe tworzyły się dzięki gwiazdom. Źródło: inst.eecs.berkeley.edu.

Dużym zainteresowaniem uczniów cieszą się zagadnienia związane z lotami ludzi w kosmos. Możemy tę tematykę wprowadzić w ciekawy, niebanalny sposób, pokazując obraz Ziemi oglądanej z pokładu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) na żywo po wpisaniu w wyszukiwarce internetowej hasła „ISS live stream” (transmisja odbywa się w ciągu „dnia”, trwającego na stacji około 45 minut – drugie tyle stacja pozostaje po stronie nocnej). Jej aktualne położenie oraz np. możliwość zaobserwowania na nocnym niebie sprawdzamy na stronie www.heavens-above.com. Warto wspomnieć, że stacja jest jednym z najjaśniejszych obiektów na niebie, a jej kilkuminutowe przeloty możemy obserwować kilkadziesiąt razy w roku. Wykorzystajmy okazję, by uczniowie samodzielnie przekonali się, jaki jest okres obiegu stacji dokoła Ziemi. Trzeba też koniecznie otworzyć zakładkę „Wysokość ISS” na w/wym. stronie, a przy tym zwrócić uwagę jak niewiele stanowi te ok. 400 km wobec promienia Ziemi, liczącego przeszło 6400 km. Czy jest więc możliwe, by zgodnie z powszechnie obecnym, ale błędnym przeświadczeniem, stan nieważkości oznaczał, że nie ma tam już ziemskiej grawitacji? Wspomnijmy o spadku swobodnym (prosty eksperyment z zanikiem ciśnienia hydrostatycznego w spadającym kubku z wodą) i przekażmy analogię spadania w polu grawitacyjnym. Możemy obejrzyć szereg ciekawych filmów i doświadczeń (wykręcanie ręcznika z wodą i innych) wykonanych na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej wpisując w wyszukiwarkę internetową hasło „inside ISS”. Nie zapomnijmy też porozmawiać o korzyściach, wynalazkach i nowych możliwościach, jakie pojawiły się w związku z badaniami kosmicznymi. Porównajmy różne grupy satelitów (system GPS, telekomunikacyjne na orbicie stacjonarnej) sztucznych, nie zapominając o naszym naturalnym – Księżycu. Ruchem wszystkich tych obiektów rządzi ziemska grawitacja – wspominając prawo powszechnego ciążenia koniecznie zauważmy, że to właśnie obserwacja i analiza ruchu różnych ciał w kosmosie pozwala określać ich masy (na podstawie okresu obiegu i odległości). Według tej

samej zasady określono masę Ziemi, Słońca, odległych gwiazd i czarnej dziury w centrum Drogi Mlecznej (<http://www.eso.org/public/videos/eso0846a/>).

Kilka razy w roku, rejestrując się w projekcie EARTHKAM (Projekt EARTHKAM), mamy możliwość zamówienia satelitarnych zdjęć fragmentów powierzchni Ziemi. Zdjęcia wykonuje kamera umieszczona na pokładzie ISS. Projekt jest realizacją pomysłu pierwszej amerykańskiej astronautki Sally Ride, która widząc piękno Ziemi z orbity postanowiła stworzyć projekt edukacyjny oparty na wykonanych z kosmosu zdjęciach. Na Rys. 05 przedstawiamy dwa ujęcia z południowej półkuli wykonane w ramach misji, która odbyła się w styczniu 2015 r.



Rys. 05. Wybrane zdjęcia Ziemi z pokładu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, wykonane na zamówienie autora w ramach projektu EarthKAM NASA.

Czy warto wspierać się symulacjami?

Niektórzy z dydaktyków nauk przyrodniczych reprezentują dość ortodoksyjne stanowisko, zgodnie z którym wszelka wiedza i doświadczenie powinny być zdobywane w oparciu o prawdziwe eksperymenty. Zgadza się – tam gdzie jest to możliwe, rzeczywiście nic nie zastąpi doświadczenia, nawet jeśli jego wyniki nie do końca (ze względu na ograniczenia prawdziwych eksperymentów) wypadają zgodnie z przyjętymi uproszczonymi modelami. Jednak w astronomii, po pierwsze eksperyment nie odgrywa już tak kluczowej roli, jak w chemii czy fizyce (m.in. ze względu na brak bezpośredniego dostępu do badanych obiektów – stąd nie doświadczenie, a obserwacja jest fundamentem praktycznej astronomii), po drugie – w bardzo wielu przypadkach skala czasowa zjawisk jest tak ogromna, że nasze życie może nie wystarczyć do ich przebadania. Dlatego też możliwości, jakie dają komputerowe symulacje wielu zjawisk astronomicznych wydają się niezwykle cenne.

Krótki przegląd wybranych narzędzi tego typu rozpoczniemy od programu Stellarium – wirtualnego planetarium. To bezpłatny i ciekawie opracowany graficzny symulator wyglądu nieba w dowolnym miejscu i czasie. Pozwala na realistyczne odtwarzanie widoku oglądanego gołym okiem, ale też przez lornetkę

czy teleskop. Dużą pomocą jest możliwość zmiany tempa upływu czasu, by np. demonstrować zachodzące na niebie zjawiska w przyspieszeniu. Od fantazji i pomysłowości nauczyciela lub opiekuna zależeć będzie, do czego ten program zostanie użyty. Możemy tylko zasugerować jego wybrane zastosowania:

- gwiazdy – podstawowe informacje o jasnościach, odległościach, barwach; konstelacje różnych kultur, legendy o gwiazdozbiorach;
- dzień i noc w różnych miejscach na Ziemi; obserwacje wschodów i zachodów oraz górowania Słońca;
- demonstrowanie skutków ruchu obrotowego Ziemi – pozorny ruch dobowy sfery niebieskiej na różnych szerokościach geograficznych;
- roczne zmiany położenia Słońca nad horyzontem, zmiana wyglądu nieba – wybrane skutki ruchu obiegowego;
- ruch Księżyca dookoła Ziemi – zmiany położenia i faz Księżyca, zakrycia gwiazd;
- odtwarzanie zaćmień Słońca i Księżyca, dyskusja;
- pomoc w obserwacjach planet – ich odnajdywanie, śledzenie wędrówki, wygląd w lornetkach i teleskopach: fazy Wenus, księżyc Jowisza, pierścienie Saturna;
- prezentowanie nieba z powierzchni Księżyca i innych ciał Układu Słonecznego;
- Słońce jako obracająca się gwiazda, plamy słoneczne;
- mgławice i gromady gwiazd – miejsca narodzin innych słońc oraz końcowe etapy ich ewolucji;
- Droga Mleczna i inne galaktyki – wyspy we Wszechświecie.

Przydatnych zastosowań programu może być oczywiście znacznie więcej. Przy odrobinie wprawy program tego typu staje się niemal niewyczerpalnym źródłem wzbogacania wiedzy i astronomicznej pasji – nazwa „wirtualne planetarium” jest więc w pełni uzasadniona.

Oprócz programów typu planetarium mamy też proste i przyjazne dla użytkownika interaktywne strony pozwalające poznawać niebo bądź powierzchnię Księżyca i Marsa – odpowiednio Google Sky (www.google.com/intl/pl/sky/), Google Moon (www.google.com/moon/) i Google Mars (www.google.com/mars/) – działające na podobnej zasadzie jak szeroko wykorzystywany Google Earth (www.google.com/intl/pl/earth/index.html). Warto podkreślić mocne, edukacyjne strony tych narzędzi. W przypadku Google Sky oprócz „zwykłego” wędrówania po niebie ze zmianą skali obrazu możemy jednym kliknięciem wywołać obraz podczerwony lub mikrofalowy oglądanego fragmentu nieba. Dzięki dodatkowym narzędziom możemy łatwo nawigować wśród planet Układu Słonecznego lub gwiazdozbiorów należących do zodiaku.

Google Moon to oparta na fotografiach mapa naszego naturalnego satelity (jego strony widocznej i niewidocznej z Ziemi) z zaznaczonymi miejscami lądowania

astronautów kolejnych misji Apollo. Możliwość dokładnego przyjrzenia się tym miejscom (są dodatkowe filmy i animacje oraz opis przebiegu misji) jest ogromnym atutem tej witryny. W najnowszej wersji możemy też obejrzeć dokładne, trójwymiarowe modele lądowników i księżycowych pojazdów, panoramy z miejsc lądowania, unikatowe materiały filmowe oraz wysłuchać opowieści i komentarzy samych selenonautów. Niezwykłych przeżyć dostarcza też śledzenie bardzo wiernie odtwarzanych sekwencji zbliżania się i lądowania na powierzchni Srebrnego Globu.

Google Mars to z kolei wirtualna eksploracja powierzchni Czerwonej Planety oglądanej z góry. Możemy wybrać pomiędzy widokiem mapy hipsometrycznej, obrazem w świetle widzialnym i w podczerwieni. W dodatkowych opcjach możemy przeglądać poszczególne formy rzeźby terenu, takie jak równiny, góry, kaniony, kratery i wydmy.

Zainteresowani dokładniejszym poznawaniem powierzchni Księżyca mogą znaleźć wiele interaktywnych map i atlasów, na przykład Full Moon Atlas (<http://www.lunarrepublic.com/atlas/index.shtml>). Dla zaawansowanych obserwatorów nieba udostępniono nie tylko mapki, ale i atlasy, na przykład Mag7 Star Atlas (http://www.cloudynights.com/item.php?item_id=1052), nie wspominając o ogólnodostępnych, profesjonalnych narzędziach, z których korzystają zawodowi astronomowie (np. baza danych Simbad – simbad.u-strasbg.fr/simbad/), gdzie bez trudu można znaleźć wszelkie informacje o interesującym nas obiekcie.

Obserwacje teleskopami internetowymi

Wielką atrakcją współczesnych technologii komputerowych jest możliwość ich wykorzystania do bezpośrednich obserwacji nieba i rejestrowania jego obrazów w postaci cyfrowej, a następnie ich dalsza obróbka lub analiza. Dostępność tego typu narzędzi jest różna, zależna od ich możliwości. Jak na razie otwartym dla wszystkich użytkowników teleskopem jest Mikroobserwatorium NASA (patrz niżej), w uzyskaniu dostępu do pozostałych może pomóc polski koordynator projektu EU-HOU prof. dr hab. Lech Mankiewicz z Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie (adres e-mail: lech@cft.edu.pl).

Jednym z najprostszych narzędzi jest Interaktywny Teleskop Internetowy Mikroobserwatorium, <http://mo-www.cfa.harvard.edu/OWN/index.html>. To niewielka sieć 14-centymetrowych automatycznie sterowanych teleskopów, będących własnością Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (USA), które na życzenie wykonują zdjęcia cyfrowe o rozmiarach 500 na 650 pikseli. Każdy może złożyć zamówienie na zdjęcie wybranego obiektu i w ciągu 48 godzin powinien otrzymać na adres e-mailowy informację o wykonanej obserwacji wraz z linkiem do ściągnięcia pliku (należy to zrobić w ciągu tygodnia – po tym czasie archiwalne obserwacje są usuwane). Nie należy zrażać się angielskojęzyczną

witryną (są też polskie instrukcje na polskiej stronie projektu EU-HOU: www.pl.euhou.net), obsługa jest naprawdę prosta, niemal intuicyjna. Po kliknięciu przycisku Control Telescope trafiamy na stronę Select your target, czyli 'Wybierz swój cel'. Wybierać można co prawda z zaproponowanej z góry listy obiektów, ale na szczęście jest ona dosyć obszerna. Odnajdziemy tam obiekty Układu Słonecznego, gwiazdy i mgławice oraz galaktyki. Po dokonaniu wyboru już tylko kilka kroków (oddzielonych kliknięciami przycisku Continue) dzieli nas od uzyskania własnych obrazów nieba! W pierwszym dowiadujemy się więcej o samych obiektach. W drugim sami ustalamy czas ekspozycji. Tak naprawdę jest to tylko interaktywna zabawa, gdyż po wybraniu niewłaściwego czasu otrzymujemy komunikat, że zdjęcie będzie niedoświetlone lub prześwietlone. Jeśli zrobimy to poprawnie i potwierdzimy swój wybór, zostaniemy poproszeni o podanie krótkiej informacji o sobie: ile mamy lat (wskazujemy przedział) i skąd jesteśmy (do wyboru stan USA lub spoza USA), oraz o podanie adresu e-mailowego, na który zostanie wysłana informacja o wykonaniu zdjęcia. Po potwierdzeniu poprawności danych pozostaje już tylko czekać. I rzeczywiście, wszystko działa! Co prawda nie zawsze otrzymamy piękne i udane zdjęcie, gdyż Mikroobserwatorium fotografuje niebo w nocy przez cały czas, niezależnie od pogody. Zdarza się więc, że obserwacje należy powtórzyć. Ale to tylko dodaje zabawie atrakcji.

Dużym zainteresowaniem polskich uczniów i nauczycieli cieszą się udostępniane w ramach projektu EU-HOU sterowane przez internet teleskopy optyczne. Najwięcej emocji wzbudza możliwość korzystania z potężnych 2-metrowych teleskopów Las Cumbres Observatory Global Telescope (LCOGT) na Hawajach i w Australii (www.faulkes-telescope.com). To dzięki staraniom prof. Lecha Mankiewicza, dyrektora Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie i polskiego koordynatora projektu EU-HOU, Jana Pomiernego z portalu Astronomia.pl oraz uprzejmości British Council uczniowie początkowo pięciu (ZST Grudziądz, MOA Niepołomice, I LO Olsztyn, V LO Toruń, ZSO nr 7 Szczecin), a obecnie jedenastu szkół (j.w. oraz XXVII LO im. Czackiego Warszawa, V LO Kraków, Publiczne Salezjańskie LO Kraków, Zespół Gimnazjów nr 3 w Dzierżoniowie, Zespół Szkół w Bełżycach, Planetarium w Łodzi, Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne) w Polsce jako pierwsi w Europie mogą od września 2005 roku używać tych niezwykłych urządzeń. Autor wraz z młodzieżą V LO w Toruniu znalazł się w gronie użytkowników teleskopu Faulkesa (taką nazwę nosi na cześć fundatora) od samego początku. Ponieważ obserwacje odbywają się w półgodzinnych sesjach, otrzymaliśmy do dyspozycji pięć takich sesji na okres kilku miesięcy. Ogromny teleskop (największy na świecie, z którego mogą korzystać nie tylko zawodowi astronomowie) jest idealnym narzędziem do odkrywania i obserwacji tak zwanego głębokiego kosmosu – świata gromad gwiazd, mgławic i galaktyk. Dzięki temu tego typu obiekty mogły być obserwowane przez uczniów polskich szkół, a brytyjska ekipa

teleskopu od początku podkreślała znakomitą jakość tych zdjęć, wynikającą ze starannego i doskonałego przygotowania.

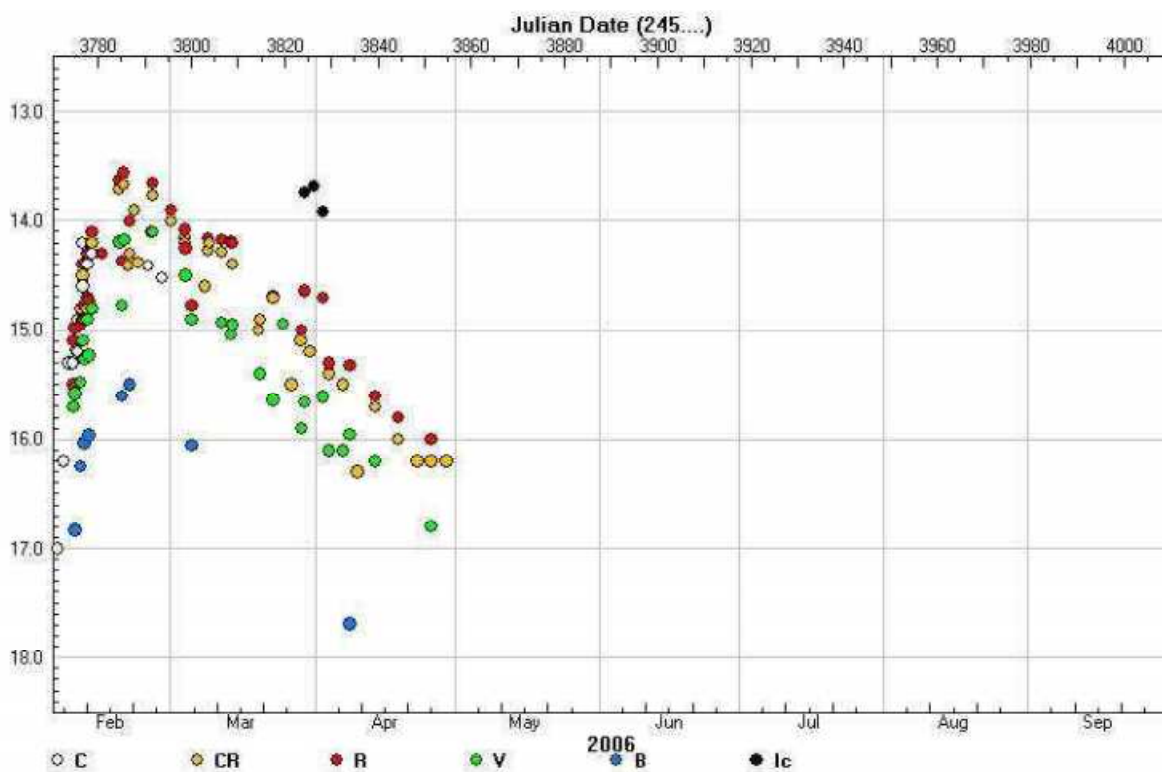
Bardzo szybko pojawił się też pomysł śledzenia gwiazd supernowych. Pierwsze zdjęcia wykonaliśmy w Toruniu na początku listopada 2005 roku (była to odkryta kilka dni wcześniej SN 2005ip), zachęcaliśmy też do współpracy pozostałe polskie szkoły. Już po kilku tygodniach widać było pierwsze efekty (Rys. 6).



Fot. 6. Zdjęcie galaktyki NGC 3938 z wciąż jeszcze widoczną (poniżej środka, ponad 8 mies. po wybuchu) supernową 2005ay. Zdjęcie wykonano w V LO w Toruniu 1 grudnia 2005 roku.

Przekonaliśmy się, że wyposażony w kamerę CCD z zestawem barwnych filtrów 2-metrowy teleskop przy mniej więcej 60-sekundowej ekspozycji pozwala na sięgnięcie do około 20. wielkości gwiazdowej, co pozwala śledzić zmiany blasku supernowych przez wiele miesięcy od chwili wybuchu. Spośród około 500 szkół – użytkowników teleskopu – byliśmy na tym polu pionierami, co wzbudziło wielkie uznanie naukowego dyrektora projektu dra Paula Roche'a z Cardiff University. Inne polskie szkoły miały też okazję pochwalić się swoimi osiągnięciami (były to m.in. projekty dotyczące klasyfikacji galaktyk Hubble'a i badania przestrzennej rozciągłości galaktyk) podczas sesji podsumowującej pierwsze miesiące obecności programu w Polsce, która została zorganizowana przez British Council w Warszawie 1 lutego 2006 roku. Sesję tę zaszczyliła swą obecnością księżniczka Anna oraz ówczesny minister edukacji i nauki, a później minister nauki i szkolnictwa wyższego prof. Michał Seweryński. Dostojni goście byli pod wrażeniem doskonałej jakości pracy polskich uczniów w projekcie oraz ich biegłej znajomości języka angielskiego.

Kilka dni po spotkaniu w Warszawie została odkryta supernowa 2006X w jasnej galaktyce spiralnej M100. Była to okazja to zachęcenia brytyjskich uczestników projektu do obserwacji za pomocą teleskopu Faulkesa i samodzielnej analizy tego obiektu. Opracowany przez astronomów w ramach EU-HOU program SalsaJ do analizy obrazów astronomicznych (do pobrania na stronie www.pl.euhou.net) umożliwia między innymi wykonanie w szybki i prosty sposób pomiarów fotometrycznych. Dzięki temu już po kilku tygodniach uzyskano piękną krzywą blasku supernowej, zaobserwowanej jeszcze przed maksimum jasności (rys. 07).



Ryc. 7. Pomiar jasności supernowej 2006X z galaktyki M100 w okresie luty – kwiecień 2006 roku na podstawie zdjęć wykonanych teleskopem Faulkesa.

Wyrazem uznania dla osiągniętych przez polskie szkoły rezultatów było dołączenie kolejnych użytkowników teleskopów Faulkesa; polscy użytkownicy jako jedyni mogą też pochwalić się własną językową wersją strony Sieci LCOGT (faulkes-telescope.com/poland).

Efekty użytkowania teleskopu Faulkesa są już widoczne w środowisku miłośników astronomii w Polsce. Korzystali z niego uczniowie przygotowujący referaty na Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne, przy czym trzeba podkreślić, że swe sukcesy zawdzięczają nie samej dostępności narzędzi oferowanych przez program EU-HOU, ale własnej pracy i pasji odkrywania Wszechświata, którą dzięki nim mogą łatwiej realizować.

Programy do eksperymentów i ćwiczeń (symulatory, eksploratoria)

Polecamy źródła internetowe:

- Eksploratorium – www.exploratorium.edu
- Interaktywne symulacje – phet.colorado.edu
- Open Source Physics – www.opensourcephysics.org
- EU-HOU Polska – www.pl.euhou.net
- Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy (CLEA) – www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html

W ostatnich latach również w Polsce pojawiają się interaktywne centra nauki, na przykład warszawskie Centrum Nauki Kopernik. Pierwsze takie miejsce zorganizowano w 1969 roku w San Francisco. Warto zajrzeć na stronę internetową tej placówki (www.exploratorium.edu), by zapoznać się z nią i ewentualnie wykorzystać przygotowane tam internetowe narzędzia. Oprócz poznawania tajemnic rozgwieżdżonego nieba (Planetarium) możemy się zapoznać z prostym pomysłem wykorzystania przyklejonych do globusa spinaczy jako ilustracji zmiany długości cienia rzucanego przez przedmioty na przestrzeni roku w różnych szerokościach geograficznych (Seasons and Shadows) oraz konstruowania modelu wyjaśniającego pory roku (Modeling the Seasons). Ciekawym pomysłem jest też przeliczanie swojej wagi oraz wieku mierzonego na Ziemi z odpowiednimi wartościami na innych planetach (Your Weight... i Your Age on Other Worlds). Przy okazji przypominamy sobie (w wyjaśnieniach) prawo powszechnego ciążenia oraz prawa Keplera. W linkach szczególnie warto zwrócić uwagę i skorzystać z tematu Build a Solar System – jest to interaktywne i bardzo proste w obsłudze narzędzie, dzięki któremu podając przykładowe rozmiary Słońca, uzyskujemy w przyjętej skali natychmiastowe przeliczenie rozmiarów wszystkich planet i ich odległości od centralnej gwiazdy. Jest to samo w sobie niezwykle ciekawe i kształcące, poza tym doskonale się przydaje do zbudowania prawdziwego modelu naszego Układu Słonecznego (lub jego wybranych elementów) w szkolnej pracowni, na korytarzu, boisku albo w terenie. Przy okazji (pod tabelką z planetami) mamy jeszcze możliwość porównania rozmiarów Słońca z innymi gwiazdami oraz odległościami do nich i do centrum naszej Galaktyki.

Niezwykle przydatną witryną pomocną w ilustrowaniu i poznawaniu wielu zjawisk i procesów przyrodniczych jest strona interaktywnych symulacji Uniwersytetu Kolorado w Boulder, <http://phet.colorado.edu> Jej główna witryna nie jest wprawdzie dostępna w polskiej wersji językowej, ale już większość symulacji jest przetłumaczona na język polski. Wystarczy tylko nacisnąć przycisk Play with sims, abyśmy się przekonali, jak bogata i różnorodna jest oferta – możemy się przenieść na stronę prezentującą ostatnio dodane symulacje, po lewej stronie u

góry znajdziemy odnośniki do poszczególnych dziedzin przyrody (fizyka, biologia, chemia, geografia, matematyka), możemy też wybierać według interesującego nas przedziału wiekowego odbiorców. Po kliknięciu na wybrany temat (lub jego ikonkę) uzyskamy listę dostępnych wersji językowych, możemy (teraz albo wcześniej) uruchomić aplet (wymagane jest zainstalowanie w komputerze pakietu Java) albo zapisać go na dysku. Czekają nas znakomita zabawa, nie mówiąc już o pożytku płynącym z samodzielnego sterowania doświadczeniami i możliwości natychmiastowego analizowania skutków wprowadzanych zmian.

Podobny charakter, wymagający jednak nieco więcej szperania (proszę zajrzeć pod zakładkę Browse materials!), mają programy przygotowane w ramach projektu Open Source Physics, <http://www.opensourcephysics.org/>. Z dziedziny astronomii można tam znaleźć między innymi:

- doskonałe ilustracje historycznych modeli Układu Słonecznego (geocentrycznego i heliocentrycznego);
- ilustrowany przykład, jak obserwacje faz planety Wenus przez Galileusza wykluczyły model Ptolemeusza;
- przeanalizować warunki powstawania zaćmień;
- analiza systemów podwójnych gwiazd oraz systemów gwiazda – planeta, czyli jak współcześnie odkrywamy obecność planet w odległych układach.

Nieco większego wysiłku, ale też proporcjonalnie większych spodziewanych efektów wymaga wykorzystanie ćwiczeń bazujących na oryginalnym materiale obserwacyjnym bądź prostych symulacjach obserwacji. W pierwszym przypadku zachęcamy do zapoznania się z ofertą projektu EU-HOU Polska (www.pl.euhou.net). W kontekście omawianych tu zagadnień najłatwiej będzie użyć przycisku Ćwiczenia po lewej stronie, by przejść na stronę z proponowanymi tematami zagadnień, na przykład: Planeta Ziemia, Nasz System Słoneczny, Droga Mleczna, Lokalna grupa galaktyk i Wszechświat. Ćwiczenia są zainspirowane badaniami naukowymi, zostały przygotowane przez naukowców i przystosowane oraz przetestowane przez nauczycieli z krajów partnerskich. Celem tych ćwiczeń nie jest przekazywanie obszernej wiedzy z astronomii, ale raczej zmobilizowanie uczniów do odkrywania, czym jest praca naukowa, oraz tego, jak przyjmować i interpretować dane z fizyki i matematyki. W każdym temacie znajduje się kilka lub kilkanaście ćwiczeń (większość nich ma instrukcje w języku polskim; również są do pobrania jako plik pdf) oraz materiał źródłowy – na ogół zestaw zdjęć wykonanych w jednym z obserwatoriów. Do ich opracowania wykorzystywany jest zwykle program SalsaJ (również do pobrania ze strony EU-HOU – Oprogramowanie): wieloplatformowe i wielojęzyczne narzędzie do obróbki i analizy obrazów w szkole. Wymieńmy kilka zagadnień typowych dla współczesnej astrofizyki, które dzięki projektowi EU-HOU stają się zrozumiałe dla każdego, niejednokrotnie zadziwiająco proste:

- Jak latem nad jeziorem zmierzyć promień Ziemi?

- Odkryj księżycy Jowisza!
- Czarna dziura w centrum Drogi Mlecznej
- Jak zmierzyć Wszechświat: odległości do cefeid
- Skąd wiemy, że Wszechświat się rozszerza?
- Na tropie pozasłonecznych planet

Zachęcamy do zapoznania się z tymi i innymi propozycjami, to rzeczywiście doskonała wprawka do dalszych samodzielnych badań i studiów dla ciekawych świata (i Wszechświata).

Kilka dodatkowych ćwiczeń opartych na rzeczywistych danych astronomicznych, pozwalających zapoznać się z metodami pracy współczesnych astronomów, można znaleźć na stronach Serwisu Edukacyjnego Orion <http://www.pta.edu.pl/orion/astroex/exercises.html>. Są to tłumaczenia materiałów przygotowanych przez Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO), dotyczących obserwacji wykonanych przy użyciu największych teleskopów, również Teleskopu Kosmicznego Hubble'a.

Nie sposób nie wspomnieć o projekcie Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy (CLEA), rozwijanym od wielu lat przez Gettysburg College w USA (<http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>). Ma na celu prezentację nowoczesnych technik astronomicznych (obserwacji cyfrowych) oraz ich wykorzystanie do wzbogacania naszej wiedzy o różnych obiektach. Każde ćwiczenie to odrębny program komputerowy, działający w środowisku Windows, wyposażony w czytelne i wyczerpujące instrukcje obsługi dla administratora i użytkownika. Większość zadań przebiega w dwóch etapach – gromadzenia danych obserwacyjnych (symulacja obsługi teleskopu optycznego lub radioteleskopu, działających w różnych warunkach atmosferycznych) oraz ich opracowania pod kątem interesującego nas rezultatu. Przekrój tematyki, a przez to poziom złożoności zadań bywa tu bardzo obszerny i z pewnością każdy znajdzie inspirujące go zagadnienia. Podajmy kilka przykładów:

- Radarowe pomiary okresu rotacji Merkurego
- Księżycy Jowisza a prędkość światła
- Diagramy H-R dla gromad gwiazd
- Radiowe obserwacje pulsarów
- Wielkoskalowa struktura Wszechświata

Warto podkreślić, że każde ćwiczenie przynosi proste, ale konkretne wyniki. Mamy okazję porównać uzyskany rezultat z danymi literaturowymi i przedyskutować możliwe źródła niepewności pomiarów. Przy okazji poznajemy metodykę i metodologię szerokiej gamy badań astronomicznych.

Podsumowanie

W tym krótkim opracowaniu staraliśmy się pokazać, jak cenne dla ogólnego rozwoju młodych ludzi i ich postaw – naturalnej ciekawości i podbudowanej elementami metod naukowych (obserwacja, formułowanie i weryfikacja hipotez, wyciąganie wniosków, uogólnianie, krytyczna ocena) – może być zainteresowanie niebem i astronomią. Choć nie jest już ona obecna jako odrębny przedmiot nauczania, warto korzystać z każdej nadarzającej się sposobności, by przekazywać ciekawe, inspirujące treści w ramach dydaktyki przedmiotów przyrodniczych. Bo, jak pisał w swoim dziele „O obrotach” Mikołaj Kopernik: „cóż piękniejszego nad niebo, które przecież ogarnia wszystko, co piękne” (Kopernik, 1976).

Literatura

Branicki, A. (2014). *Na własne oczy*, PWN.

Gołębiowski, K., Kamiński, M., Rochowicz, K & Sobczuk, B. (2012). *Jak zainteresować uczniów astronomią w szkole podstawowej, gimnazjum i szkole ponadgimnazjalnej?* wyd. ORE, Warszawa.

Karwasz, G., Karbowski, A. & Rochowicz, K. (2014). *Dydaktyka fizyki z elementami dydaktyki ogólnej i dydaktyki astronomii*, Materiały pomocnicze do wykładów i laboratoriów, Toruń.

Kopernik, M. (1976). *O obrotach (Dzieła wszystkie, t. 2)*.

Rochowicz, K. & Szarzyńska A. (2014). *Regulamin konkursu Obserwuję niebo*. http://www.wmodn.olsztyn.pl/admin/files/1396554079:konkurs_obserwuje_niebo_2014.doc (dostęp 01.06.2015).

Rudnicki, K. *Astronomia, podręcznik dla uczniów liceów, wersja elektroniczna*: www.ptma.ajd.czyst.pl/publikacje.../Astronomia_Konrad_Rudnicki.pdf

Stanford Encyclopedia of Philosophy, Cognitive Science, <http://plato.stanford.edu/entries/cognitive-science/> (dostęp 01.06.2015).

Czarna dziura w centrum Galaktyki: <http://www.eso.org/public/videos/eso0846a/> (dostęp 01.06.2015).

Observing with NASA: <http://mo-www.harvard.edu/cgi-bin/OWN/Own.pl> (dostęp 01.06.2015).

Projekt EARTHKAM: <https://www.earthkam.ucsd.edu/> (dostęp 01.06.2015).

Skala Wszechświata: <http://htwins.net/scale2/> (dostęp 01.06.2015).

Krzysztof Rochowicz

Zakład Dydaktyki Fizyki, UMK Toruń,

kroch@fizyka.umk.pl