

„Kopernik w krótkiej koszulce”, czyli jak zakręcić Ziemią?

Siedząc w 40-lecie lądowania na Księżycu pod kopułą jednego z najbardziej prestiżowych planetariów na świecie, Planetarium Adlera w Chicago, uświadomiłem sobie (G.K.), że wszystkie podobne instytucje korzystają z tego samego udogodnienia technicznego. Aby pokazać ruch Ziemi dookoła swojej osi, planetaria dokonują małego „oszustwa” — to nie widownia się kręci, ale obraca się z wolna wymyślny system mechaniczny. Tak być nie może! A przynajmniej w mieście Kopernika!

Cele dydaktyczne

Jakie są podstawowe informacje, które chcielibyśmy przekazać młodej widowni, tak aby miała *poprawną* wiedzę o dwóch (czy nawet trzech, jak już pisał Kopernik) ruchach Ziemi? Co z tej wiedzy da się zweryfikować samodzielnie, spoglądając samotnie w niebo? Jednym z zadziwiających zjawisk jest bez wątpienia ruch „wsteczny” planet zewnętrznych, z których najłatwiej zauważalny jest ruch Marsa, fenomen nieznanym dla większości studentów, nawet fizyki.

Drugim obok „dylematów Kopernika” pakietem do pokazania był pakiet „Galileusza” — tj. odkrycie gwiazd Drogi Mlecznej, gór na Księżycu i faz Wenus. Tak narodził się projekt „Kopernik w krótkiej koszulce — czyli jak zakręcić Ziemią” sfinansowany przez Urząd Miasta w Toruniu i zrealizowany przez Oddział Toruński Polskiego Towarzystwa Fizycznego w Roku Astronomii.

Jak to zrobić?

Oczywiście, aby odtworzyć ruch obrotowy (nie mówiąc już o orbitalnym) Ziemi, należałoby kręcić całą widownię i to jeszcze nachyloną pod kątem odpowiadającym szerokości geograficznej, co z kolei kłóciłoby się z siłą grawitacji, wyraźnie działającą w dół.



„Jak stwierdzić, który układ się porusza?” (i względem jakiego układu odniesienia?). Aby przekonać się, że nie jest to wcale proste, najlepiej z zamkniętymi oczyma podróżować na poduszkuwcu!



Obserwacja „pętli” Marsa wymagałaby, aby widownia kroczyła po orbicie z właściwą prędkością i oglądała Marsa na tle gwiazd stałych. Ale na cóż inwencja młodych pracowników UMK (głównie mgr. K. Służewskiego i mgr. A. Karbowskiego). Marsem było wędkarskie czerwone (chemiluminescencyjne) światełko niesione na orbicie (dookoła stołu katedry w sali wykładowej) przez ucznia, a obserwatorem na Ziemi — kamera krążąca nieco szybciej (po orbicie bliższej



Wahadło Foucaulta nadzwyczaj długo czekało na wynalezienie (tu w wersji mini, na wirującej platformie); obok wirujące pierścienie do pokazania spłaszczenia Ziemi, rurki z gazem rozrzedzonym do pokazania zorzy polarnej, żółta kula termoczuła do pokazania efektów klimatycznych pór roku i inne doświadczenia. W tle świecące w nadfioletowym świetle gwiazdy zodiaku

stołu). Oczywiście, w ciemnościach kończyło się na zaplątaniu kabli, a co najmniej wyjściem Marsa z płaszczyzny ekliptyki, ale zabawy było co niemiara!

Kamera przysłużyła się również dobrze do obserwacji „Galaktyki” — zwoju światel choinkowych, który w oddali zlewał się w jeden gąszcz. Pokazanie faz Wenus i gór na Księżycu było już dużo łatwiejsze, wystarczyło Słońce na środku stołu.

Najbardziej skomplikowane było pokazanie pór roku oraz przesuwania się Słońca w zodiaku. Ale i tu inwencja mło-

dych pracowników nie zawiodła: minikamera była przyklejona do globusa na szerokości geograficznej Torunia, a globus (z uczniem) orbitował dookoła Słońca. Oczywiście, zodiak był na stałe rozmieszczony w płaszczyźnie tablicy (ekliptyki).

Większa część naszego pokazu miała charakter interaktywny. Podzieliliśmy ją na kilka etapów, których celem było zademonstrowanie i zrozumienie obserwowanych skutków ruchu obrotowego i obiegowego Ziemi, ruchu Księżyca dookoła Ziemi oraz warunków panujących na planetach i w Kosmosie. Aby pokazać efekt ruchu obrotowego Ziemi, zamontowaliśmy na dużym globusie kamerkę internetową oraz użyliśmy nieruchomej lampy jako Słońca i tła z gwiazd (fluorescencyjne naklejki na czarnym tle, dodatkowo podświetlone lampą UV). Naszym celem było pokazanie, że dobowy ruch pozorny Słońca i gwiazd obserwowany z obracającego się globusa wygląda dokładnie tak, jak uczy nas codzienne doświadczenie.

Dodatkowo odwoływaliśmy się do codziennych doświadczeń potwierdzających względność ruchu (jazda autobusem lub pociągiem), a w celu dodania atrakcyjności tej tezie proponowaliśmy wybranemu uczniowi przejażdżkę na modelu poduszkowca z zawiązanymi oczami i wskazanie po pewnym czasie wybranego kierunku. Poduszkowiec cieszył się zresztą ogromną popularnością również po pokazach. Ukrytą bazą naukową do tej zabawy jest cytat z Kopernika, a właściwie podany przez niego cytat z Wirgiliusza: „Kiedy statek odbija od lądu, to wydaje się, że to ląd odpływa”. Podróżnicy na poduszkowcu z zawiązanymi oczyma nie potrafili stwierdzić, czy spoczywają, czy się poruszają, ku wielkiej ucieście reszty widowni. Innymi słowy: transformację układu inercyjnego wymyślił nie Galileusz, a Kopernik, a z nim nasi mali widzowie.

Naturalnym i logicznym krokiem było teraz udowodnienie ruchu obrotowego. Korzystaliśmy tu z wahadła Foucaulta w dwóch postaciach – dużego, 16-metrowego umieszczonego w holu wejściowym instytutu oraz małego modelu, na przykładzie którego omawialiśmy zasadę jego działania oraz obserwowane skutki. Kolejne doświadczenie miało za zadanie zademonstrować efekt spłaszczenia Ziemi. Dodatkowo omawialiśmy jeszcze zjawisko precesji na przykładzie wiru-



Dwa dość niebezpieczne doświadczenia: kierunek osi wirującej Ziemi (tj. żyroskopu) pozostaje stały niezależnie od ruchu orbitalnego, ale pod wpływem małego zaburzenia (wzajemne oddziaływanie sił grawitacyjnych Księżyca i Słońca) dokonuje powolnej precesji (ruch bieguna na tle sfery niebieskiej, przesuwanie się punktu Barana)

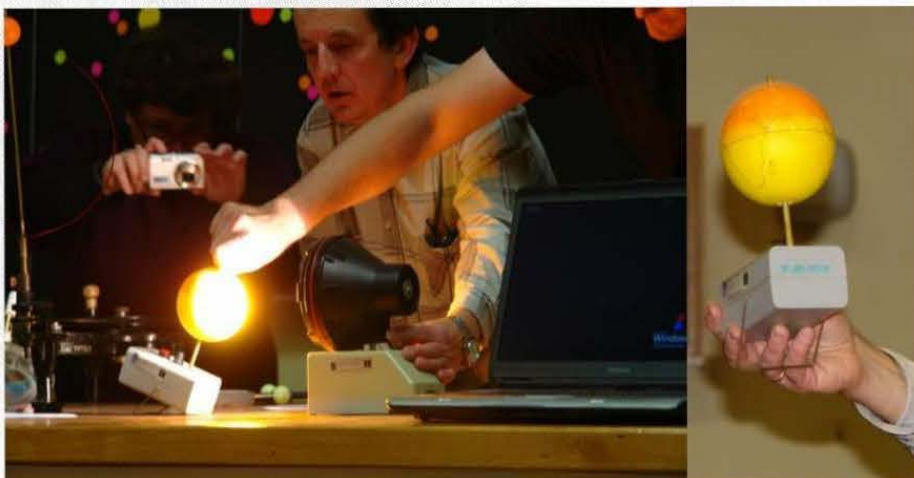
jącego bąka i żyroskopu, przypominając o astronomicznych przyczynach (wzajemne oddziaływanie sił grawitacyjnych Księżyca i Słońca) oraz skutkach (ruch bieguna na tle sfery niebieskiej, przesuwanie się punktu Barana).

Reasumując, przez stworzenie (na przeciąg paru tygodni) niezwykłych spektakli chcieliśmy w umysłach uczniów zaszczerpać ciekawość świata, umiejętność odważnego stawiania pytań, poddawania wątpliwości powszechnie przyjętej opinii i potrzebę weryfikowania oraz twórczego myślenia. Uczenie się poprzez działanie, sprawdzanie i aktywność jest ku temu podstawowym narzędziem.

W projekcie uczestniczyli, oprócz autorów, Andrzej Karbowski, Waldemar Krychowiak i Krzysztof Służewski (współpraca przy planowaniu i realizacji scenariuszy) oraz Marta Juszczyńska i Magda Sadowska (przy wystawach interaktywnych i postprodukcji multimedialnej).

Na prośbę (kroch@fizyka.umk.pl) możemy przesłać CD ze szczegółowym opisem realizacji projektu.

Krzysztof Rochowicz,
Grzegorz Karwasz
Zakład Dydaktyki Fizyki,
UMK Toruń



Żółta kula termoczuła w roli Ziemi pokazuje efekty klimatyczne pór roku jako konsekwencję nachylenia jej osi obrotu (zdjęcia: Marta Juszczyńska)