

ZAŁĄCZNIK NR 7

Wykaz minimalnych wymagań co do sprzętu/urządzeń niezbędnych do prowadzenia zajęć

1. **Cyfrowy system projekcyjny**, który umożliwia wyświetlanie projekcji typu Fulldome o dowolnej tematyce prezentującej szerokie spektrum nauk (fizyka, chemia, astronomia, biologia itd.) z widownią umożliwiającą udział w pokazie/seansie jednocześnie minimum 60 osobom. System umożliwia wyświetlanie obrazu w technologii Active Stereo 3D z częstotliwością odświeżania kolejnych naprzemiennych klatek co najmniej 120Hz, tak aby umożliwić odtwarzanie obrazu w technologii Active 3D o częstotliwości 60Hz. Merytoryczna zawartość oprogramowania do pokazów musi zawierać aktualną bibliotekę danych naukowych, zwłaszcza astronomicznych oraz gotowych do użycia materiałów edukacyjnych umożliwiając ich interesującą prezentację. Oprogramowanie musi umożliwiać:

- realistyczną demonstrację ziemskiego nieba z uwzględnieniem efektów atmosferycznych,
- wyświetlanie obrazu nieba obserwowanego w innym niż widzialny zakresie widma,
- wyświetlanie torów gwiazd i planet, a także ich księżyców,
- wyświetlanie wszystkich konstelacji (w wersji gwiazd łączonych liniami oraz obrazów artystycznych) oraz ich granice określone przez IAU,
- wyświetlanie siatki współrzędnych: co najmniej horyzontalnych, ekliptycznych i równikowych,
- wyświetlanie punktów kardynalnych (N, E, S i W) oraz biegunów niebieskich,
- wyświetlanie równika niebieskiego i ekliptyki,
- oglądanie gwiazd, planet i ich księżyców z dowolnego miejsca w Układzie Słonecznym i w jego pobliżu,
- różne sposoby wyświetlania gwiazd z bazy danych, pozwalając na wybranie granicznej wielkości gwiazdowej wyświetlanych gwiazd, kształtów gwiazd oraz stopnia nasycenia ich rzeczywistych kolorów oraz całkowitej jasności nieba,
- generowanie zgodne z rzeczywistością obrazów: Słońca, Księżyca, ośmiu planet, ich ważniejszych księżyców, większych planetoid i wybranych komet, oraz umożliwiać wyświetlanie opisów tych obiektów, Drogi Mlecznej, Obiektów z katalogu Messiera, Obłoków Magellana oraz innych obiektów głębokiego nieba widocznych w różnych zakresach widma elektromagnetycznego,
- demonstrację najważniejszych ruchów sfery niebieskiej, w tym co najmniej: ruchu dobowego, rocznego, precesji, a także umożliwiać demonstrację obrotu obrazu nieba w rektascencji i deklinacji,
- demonstrację zmiany położenia geograficznego obserwatora, w szczególności szerokości geograficznej.

Oprogramowanie do pokazów musi również umożliwiać realistyczną demonstrację:

- przebiegu typowych zjawisk astronomicznych takich jak co najmniej: częściowe, obrączkowe i całkowite zaćmienia Słońca oraz zaćmienia i fazy Księżyca,
- ważniejszych rojów meteorów obserwowanych z powierzchni Ziemi.

Baza danych oprogramowania do pokazów musi zawierać:

- informacje o większości znanych planet pozasłonecznych,
- informacje o położeniu, odległości i podstawowych własnościach wybranych galaktyk z Grupy Lokalnej, a także wybranych dalszych galaktykach (np. z Tully Galaxy Catalog),
- dane o torach i własnościach wybranych sztucznych satelitów Ziemi i statków kosmicznych,
- informacje o orbitach i własnościach wybranych planetoid oraz informacje o wybranych kometach,
- trójwymiarowy atlas znanego wszechświata, np. atlas AMNH Digital Universe lub inny porównywalny (zawierający dane o zbliżonej liczbie i rodzaju obiektów astronomicznych),
- tekstury wysokiej rozdzielczości umożliwiające oglądanie z bliska wybranych obszarów powierzchni Ziemi i pobliskich obiektów astronomicznych,
- dodatkowe, nie związane z astronomią moduły zawierające co najmniej modele cząsteczek chemicznych i dane biologiczne,
- dodatkowe, nie związane z astronomią moduły, zawierające dane geograficzne, klimatyczne i inne wizerunki i obrazy o treści naukowej do przygotowywania pokazów,
- trójwymiarowy model Drogi Mlecznej widzianej z punktów nienależących do tej galaktyki trójwymiarowe modele co najmniej 20 innych galaktyk.

2. Laboratorium optyczne - stała ekspozycja składająca się z 8 stanowisk poświęconych zjawiskom optycznym oraz scenografii. W laboratorium na 8 stanowiskach muszą być pokazane podstawowe zjawiska optyczne, jak odbicie, rozszczepienie, załamanie światła oraz proste urządzenia i iluzje optyczne. Każde stanowisko będzie umożliwiać samodzielne (bez udziału animatora) przeprowadzenie doświadczenia. Minimalne wyposażenie laboratorium:

- Radiometr Crookesa (wiatraczek słoneczny) - zmieniając natężenie światła padającego na radiometr Crookesa możemy zaobserwować zależność między natężeniem światła a prędkością obrotową wiatraczka radiometru.
- Krążek Newtona - wprawiając w ruch okrągłą tarczę z ułożonymi promieniście sektorami o odpowiednio dobranych barwach i obserwujemy, że barwy na wirującej tarczy zlewają się dając wrażenie barwy białej. Obracanie dysku z innym zestawem barw daje wrażenie barwy będącej sumą barw na wybranym dysku.
- Zestaw demonstracyjny optyki geometrycznej - obserwujemy bieg wiązek lasera przechodzących przez dwa typy soczewek i pryzmat. Przesuwając lub obracając elementy optyczne może obserwować zmiany w przebiegu wiązek lasera.
- Zestaw demonstracyjny optyki falowej i umieszczając na drodze wiązki laserowej różne przeszkody: szczelinę, siatkę dyfrakcyjną i filtr polaryzacyjny. Obserwuje się na ekranie dowody falowej natury światła: obrazy prążków powstałych w wyniku dyfrakcji i interferencji oraz efekt wygaszenia wiązki z użyciem filtra polaryzacyjnego.
- Rozszczepienie światła białego przez pryzmat. Demonstracja zjawiska dyspersji - kierując wiązkę skolimowanego światła białego na pryzmat, obserwujemy na ekranie efekt rozszczepienia światła (dyspersji). Istnieje również możliwość złożenia rozszczepionej wiązki światła ponownie w światło białe.
- Zwierciadło wklęsłe - przybliżając się i oddalając od zwierciadła obserwuje się odbicie jako obraz rzeczywisty i pozorny.

- Spektroskop - obserwujemy na ekranie prążki widma optycznego różnych typów lamp wyładowczych uzyskany przy pomocy spektroskopu. Włączając różne lampy może porównywać ich widma między sobą.
- Całkowite wewnętrzne odbicie – światłowody - manipulując promieniem lasera, który biegnie w słupie cieczy poznaje się zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, będące podstawą działania światłowodów. Można się również zapoznać z kilkoma komercyjnie stosowanymi światłowodami.

- 3. System do projekcji multimedialnych na sferycznym ekranie (kuli)** - system projekcji na ekranie w kształcie sfery umożliwiający prowadzenie prezentacji audiowizualnych różnych zjawisk przyrodniczych na Ziemi i w kosmosie. System musi zapewniać możliwość prowadzenia aktywnej prezentacji przez osobę prowadzącą. Sposób zamontowania urządzeń wchodzących w skład Systemu musi również zapewniać uczestnictwo w prezentacji grupie minimalnie do 30 osób jednocześnie.
- 4. Układ słoneczny** – 9 interaktywnych stanowisk, przy pomocy których można zmierzyć, ile by ważyła dowolna osoba na poszczególnych planetach Układu Słonecznego i na Księżycu, a także poznać podstawowe informacje o tych ciałach niebieskich.
- 5. Meteoryty** - zespół 3 stanowisk, prezentujących łącznie grupę meteorytów różnej wielkości. Stanowiska muszą umożliwiać obserwację meteorytów oraz zawierać prezentację multimedialną oraz teksty i grafiki informujące o sposobie powstawania i właściwościach meteorytów.
- 6. Centrum lotów kosmicznych** - multimedialna pracownia komputerowa składająca się ze stanowisk dla minimum 30 uczestników zajęć i stanowiska dla prowadzącego. W skład pracowni muszą wchodzić stanowiska wyposażone w komputery z ekranami dotykowymi. Na komputerach musi zostać zainstalowane dedykowane oprogramowanie do zajęć polegających na symulacji Układu Słonecznego. Stanowiska komputerowe uczestników zajęć będą podłączone do stanowiska prowadzącego, który ma możliwość przekierowania obrazu z dowolnego stanowiska na duży monitor (minimum 60 cali) widoczny dla wszystkich uczestników zajęć.
- 7. Zespół stanowisk interaktywnych**, które pozwalają na realizację wybranych zagadnień z biologii (w tym biologii człowieka), fizyki i geografii, w oparciu o przeprowadzone eksperymenty. Stanowiska mają umożliwiać samodzielne wykonanie eksperymentu przez ucznia, a przygotowane tablice z opisami są uzupełnieniem prezentowanych treści. Stanowiska interaktywne mają być miejscami, w których uczeń uzyskuje możliwość obcowania z zagadnieniami naukowymi przez samodzielne przeprowadzenie przygotowanego doświadczenia. Wykaz stanowisk:
 - **Siła uścisku** - Stanowisko demonstrujące w interaktywny sposób pomiar siły we współczesnych układach pomiarowych oraz pozwalające na pomiary sił uścisku rąk osób testujących urządzenie. Wizualizacja rzeczywiście mierzonej siły uścisku realizowana jest na dwóch czytelnych wyświetlaczach numerycznych LED.
 - **Twierdzenie Pitagorasa** - Stanowisko pozwala na wizualizację prawa równoważności sumy pól powierzchni kwadratów rozpiętych na przyprostokątnych bokach trójkąta

prostokątnego oraz kwadratu rozpiętego na jego przeciwprostokątnej. Układ obrotowy, pozwala manualnie przelewać ciecze pomiędzy obszarami kwadratów rozpiętych na bokach trójkąta prostokątnego o jednakowej, jednostkowej głębokości uwidaczniając i „dowodząc” treść słynnego twierdzenia Pitagorasa ($c^2=a^2+b^2$).

- **Bateria z dłoni** - Stanowisko, którego elementami są płytki z różnych metali, połączone ścieżkami w taki sposób, że możliwe jest wybranie dwóch dowolnych płytek i stworzenie baterii z dłoni. Bateria wytworzona z różnicy potencjałów wytworzonych na półogniwach galwanicznych na styku skóry ludzkich rąk i metalicznej elektrody wybranego rodzaju, generuje prąd, a jego wartość jest mierzona przy pomocy galwanometru. Doświadczenie pozwoli określić, które metale spośród dostępnych materiałów będą katodą, a które anodą w układzie „ludzkiego ogniwa galwanicznego”.
- **Generatory prądu** - Stanowisko wyposażone w trzy generatory korbowe o napędzie ręcznym. W realizowanym układzie wszystkie prądnice generują prąd, który pozwala uruchomić zamontowane urządzenia elektryczne. By uruchomić wszystkie odbiorniki niezbędna jest współpraca trzech osób.
- **Bloczki** - Stanowisko pozwala na zademonstrowanie działania wielokrążka zwykłego w trzech różnych konfiguracjach przełożenia oraz porównanie nakładu siły niezbędnej do uniesienia tego samego ciężaru w trzech różnych przypadkach.
- **Lepkość cieczy** - Stanowisko wyposażone w trzy cylindry zawierające ciecze o różnej lepkości. Przy pomocy pompki do ich środka wtłaczane jest powietrze, a wykonujący eksperyment obserwuje różnice w prędkości wyptywania pęcherzyków, wynikające z różnych lepkości tych cieczy.
- **Zmienny opór** - Na stanowisku, przy pomocy specjalnych sond, mierzony jest opór wybranych materiałów. Niektóre materiały nie wykazują przewodzenia prądu, inne zaś pozwalają na wykonanie pomiaru wartości oporu. W przypadku przewodników opór zmienia się w zależności od odległości pomiędzy sondami.
- **Parabola cieczy** - Cylinder umieszczony na obrotowej platformie, pozwala na obserwację zachowania się cieczy w zależności od prędkości wirowania naczynia, wprawionego w ruch przez eksperymentującą osobę.
- **Włącz światła** - Stanowisko polega na zaświeceniu wszystkich lampek w jak najmniejszej liczbie ruchów. Każdy przycisk pozwala na zaświecenie trzech lampek, jednocześnie gasząc inne. Zadanie to pozwala zrozumieć podstawy sterowania logicznego.
- **Kula plazmowa** - Stanowisko umożliwi obserwację sznurów plazmowych w kuli. Dłoń przyłożona do powierzchni kuli sprawia, że sznury plazmowe zagęszczają się w tym miejscu. Ponieważ jesteśmy lepszym przewodnikiem prądu niż otaczające powietrze, ułatwiamy ładunkom elektrycznym wędrówkę w kierunku niskiego potencjału, tj. przez nasze ciało do ziemi. Różnica potencjałów pomiędzy centralną elektrodą i dłonią jest dużo większa niż między centralną elektrodą a jakimkolwiek innym punktem na powierzchni kuli. Zagęszczenie sznurów plazmowych ma miejsce w punkcie przyłożenia dłoni, gdyż pole elektryczne ma tam większe natężenie, co w konsekwencji powoduje większą jonizację.
- **Przeglądarka rentgenowska** - Na ekranie przeglądarki widać zdjęcia wykonane z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego (RTG). Promieniowanie rentgenowskie pozwala na obrazowanie wewnętrznej struktury obiektów. Zdjęcia RTG

umożliwiają lekarzom diagnozowanie m. in. złamań kości i chorób płuc. Dają też możliwość nieinwazyjnego oglądania wnętrza żywych organizmów.

- **Test słuchu** - Przygotowane stanowisko pozwala na porównanie zakresu dźwięków słyszanych przez różne osoby w zakresie od 16 Hz do 20000 Hz.
- **Bądź jak lekarz** - Stanowisko umożliwia osłuchanie klatki piersiowej człowieka, podobnie jak to robi lekarz. Badanie pozwoli na stwierdzenie obecności fizjologicznych zjawisk osłuchowych (pierwszy i drugi ton serca, szmery płuc i tchawicy).
- **Pętla śmierci** - Stanowisko będące specjalnie wyprofilowanymi torami pozwoli eksperymentalnie sprawdzić, z jakiej minimalnej wysokości musi rozpocząć ruch piłka, aby bezpiecznie minąć najwyższy punkt na pętli, nie odrywając się od toru pod wpływem działania siły ciężkości. Stanowisko doświadczalnie pozwala na stwierdzenie, że prędkość potrzebna do osiągnięcia odpowiedniej wartości siły odśrodkowej zależy od prędkości ciała, a ta z kolei od wysokości, z jakiej ciało rozpoczyna ruch.
- **Kompostownik** - Stanowisko, poprzez specjalne wizjery, umożliwia oglądanie odpadów w różnym stopniu rozkładu, na różnych poziomach kompostownika. Pozwala również sprawdzić, że zachodzące w kompostowniku procesy wytwarzają energię cieplną.
- **Jak wysoko możesz skoczyć** - Stanowisko pozwala określić wysokość oddanego skoku poprzez zapalenie się odpowiedniej liczby pionowo umieszczonych diod.
- **Wielki łuk łańcuchowy** - Stanowisko umożliwia samodzielną budowę łuku za pomocą materiałowych klocków. W oparciu o zbudowaną konstrukcję, stanowisko pozwala na wyjaśnienie znaczenia tego jednego z najważniejszych elementów architektonicznych.
- **Modele 3D** - Stanowisko pozwala na stworzenie obrazu 3D, poprzez odcisnięcie ciała lub dowolnego przedmiotu na ścianie ze szpilkami.
- **Dmuchawa Bernoulliego** - Stanowisko pozwala obserwować zachowanie piłki umieszczonej w strumieniu powietrza. Dzięki obrotowej dyszy użytkownik może dowolnie zmieniać położenie piłki, a przeprowadzone doświadczenie pozwala na zrozumienie na czym polega w praktyce prawo Bernoulliego.
- **Wir śmieci** - Stanowisko przedstawia prądy oceaniczne analogiczne do tych na Pacyfiku. Trzy prądy pacyficzne powodują, że obiekt będzie podróżował po oceanie po przewidywalnych trajektoriach. Ciekawe jest to, że taki układ powierzchniowej cyrkulacji, nie tylko powoduje rozrzucenie wzdłuż linii brzegowej obiektów wrzuconych do oceanu, ale także powoduje powstanie gigantycznej wyspy śmieci podróżującej po trajektorii zamkniętej.
- **Krystalizacja** - Stanowisko pozwala na samodzielne przeprowadzenie i obserwację, z wykorzystaniem mikroskopu, procesów rozpuszczania i krystalizacji wybranych związków chemicznych.
- **Przygotuj posiłek** - Stanowisko umożliwia interaktywne zestawienie posiłków pod względem kalorycznym i odżywczym.
- **Model oka** - W szklanej gablocie umieszczony jest model ludzkiego oka wraz z soczewką. Dzięki temu można zobaczyć jak powstaje obraz wewnątrz oka. Promienie światła, które przechodzą przez tabliczkę z literką Y i soczewkę oka tworzą obraz na siatkówce. Stanowisko umożliwia zmianę kształtu soczewki oka, a zmiany te wpływają na ostrość otrzymanego obrazu.
- **Ładuj jak kot** - Stanowisko pozwala zaobserwować charakter lądowania osoby skaczącej ze specjalnej platformy. Na monitorze pojawia się wykres i odpowiednio - miękkie

ładowanie to łagodny przebieg krzywej na wykresie, natomiast twarde ładowanie to wykres z wyraźnym maksimum.

- **Obserwacje mikroskopowe** - Stanowisko umożliwia obserwację mikroskopową budowy organizmów żywych. Obraz uzyskany pod mikroskopem jest wyświetlany na ekranie monitora.
- **Budowa komórki** - Stanowisko umożliwia na dużym ekranie obserwację i porównanie elementów budowy komórki zwierzęcej i komórki roślinnej.
- **Działo powietrzne** - Stanowisko pozwala na obserwację „kuli powietrza” wystrzelonej z działa w kierunku specjalnej tarczy. Pod wpływem wystrzelonego powietrza listki tarczy poruszają się i odwzorowują kształt „kuli”.
- **Powstawanie chmur** - Stanowisko pozwala na obserwacje przepływu cieczy pod wpływem sił generowanych w obracającej się półsfery. Dzięki temu można zaobserwować efekt działania siły dośrodkowej. Lokalnie zmienia ona kierunek efektywnej siły wyporu oraz siły Coriolisa, powodując zakrzywienie trajektorii ruchu obiektów, znajdujących się w obrotowych sferach. Analogia przepływów indukowanych siłą dośrodkową i bezwładnością cieczy, poruszających się pod wpływem działania sił o kierunku południkowym oraz ruchów atmosfery pod wpływem ciepła słonecznego, jest widoczna poprzez tworzące się na powierzchni półsfery „cyklony”, „passaty” i „huragany”.
- **Efekt żyroskopowy** - Stanowisko pozwala na empiryczne poznanie efektu żyroskopowego tj. zdolności do utrzymywania orientacji w przestrzeni przez obracającą się bryłę.
- **Sprawdź swoją pamięć** - Stanowisko złożone z szeregu lampek, które zapalają się w określonej sekwencji. Uczestnik eksperymentu starając się powtórzyć tę sekwencję sprawdza swoją pamięć bezpośrednią (krótkotrwałą).
- **Energia i tarcie** - Na tym stanowisku można zaobserwować przemiany energetyczne towarzyszące toczeniu piłki po zdefiniowanych trajektoriach.
- **Praca serca** - Stanowisko pozwala na zmierzenie pulsu i usłyszenie bicia własnego serca.
- **Wahadło Maxwella** - Wahadło Maxwella demonstruje cykliczne przemiany energii potencjalnej w energię kinetyczną ruchu obrotowego, pozwalające na długotrwały ruch oscylacyjny w płaszczyźnie pionowej. Długotrwałość tego procesu jest miarą doskonałości konstrukcyjnej koncepcji wahadła Maxwella.
- **Elastyczność kręgosłupa** - Stanowisko pozwala na określenie zmiany kształtu wygięcia naszego kręgosłupa w sytuacji zmiany pozycji ciała osoby siedzącej na specjalnym siedzisku. Widać, że nieprawidłowa postawa ciała wpływa niekorzystnie na stan kręgosłupa.