

Co w zeszycie

W dawnych czasach eksperymenty fizyczne były zarezerwowane na lekcje fizyki lub zajęcia prowadzone w ramach Kółka Fizycznego. W pracowniach fizycznych gromadzono urządzenia, które wydawały się niezbędne do przeprowadzania doświadczeń. Często jednak były to pojedyncze egzemplarze, niedostępne dla uczniów i służące co najwyżej do pokazów eksperymentów przez nauczyciela. Większość nauczycieli nie zachęcała do odkrywania świata fizyki na własną rękę, za pomocą materiałów i przyrządów codziennego użytku. Na szczęście takie podejście się zmienia – w Internecie można znaleźć bardzo wiele przykładów zjawisk fizycznych dostępnych na wyciągnięcie ręki, bez inwestowania w drogi sprzęt laboratoryjny. Eksperymentowanie z użyciem tego, co znajdziemy w domu jest również od kilkunastu lat promowane przez Ogólnopolski Konkurs Nauk Przyrodniczych dla Szkół Podstawowych Świetlik. Co więcej – współczesny świat daje nam mnóstwo dodatkowych możliwości przeprowadzania doświadczeń na własną rękę, a to dzięki dynamicznemu rozwojowi techniki. O takich właśnie doświadczeniach – z wykorzystaniem wszechobecnych w naszym otoczeniu smartfonów – opowiadamy w niniejszym numerze Neutrina.

Zachęcamy również do zapoznania się z zamieszczonymi na końcu numeru propozycjami wydawniczymi na temat naszego współczesnego miejsca w Kosmosie i szybkich zmian zachodzących w pojmowaniu tego miejsca wraz z nowymi odkryciami w dziedzinie astronomii i astrofizyki. Dodatkowo gorąco polecamy książkę, dzięki której być może odkryjecie bardziej przystępne oblicze matematyki.

DS

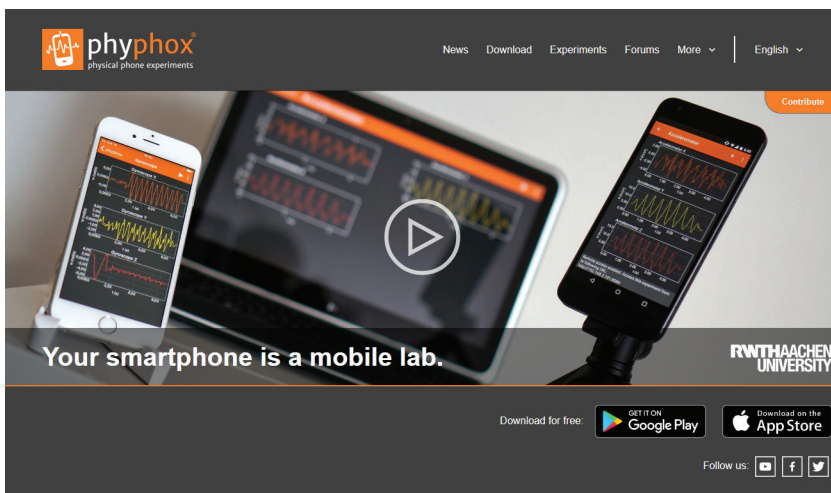


Spis treści

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Phyphox – twój smartfon w roli laboratorium fizycznego | 1 |
| Co czytać | 19 |

Phyphox – twój smartfon w roli laboratorium fizycznego

Do czego może służyć smartfon? Odpowiedź: do rozmawiania przez telefon, do wysyłania wiadomości, do grania w gry. A czy wiecie, że za pomocą smartfona można przeprowadzać proste doświadczenia fizyczne? Nowoczesne telefony posiadają wbudowane różne czujniki, czyli elementy mogące mierzyć wartości wielkości fizycznych, np. akcelerometr, magnetometr, ciśnieniomierz. Do przeprowadzenia pomiarów potrzebna jeszcze jest odpowiednia aplikacja. W tym numerze Neutrino opiszemy aplikację *phyphox*, której nazwa jest skrótem *physical phone experiments*. Warto odwiedzić stronę internetową <https://phyphox.org>, na której można znaleźć podstawowe informacje o projekcie oraz linki do sklepów z „apkami”, skąd można bezpłatnie pobrać aplikację. Aplikacja posiada polską wersję językową. Gorąco zachęcamy czytelnika do wykonywania opisanych dalej eksperymentów na swoim smartfonie.



Rys. 1.

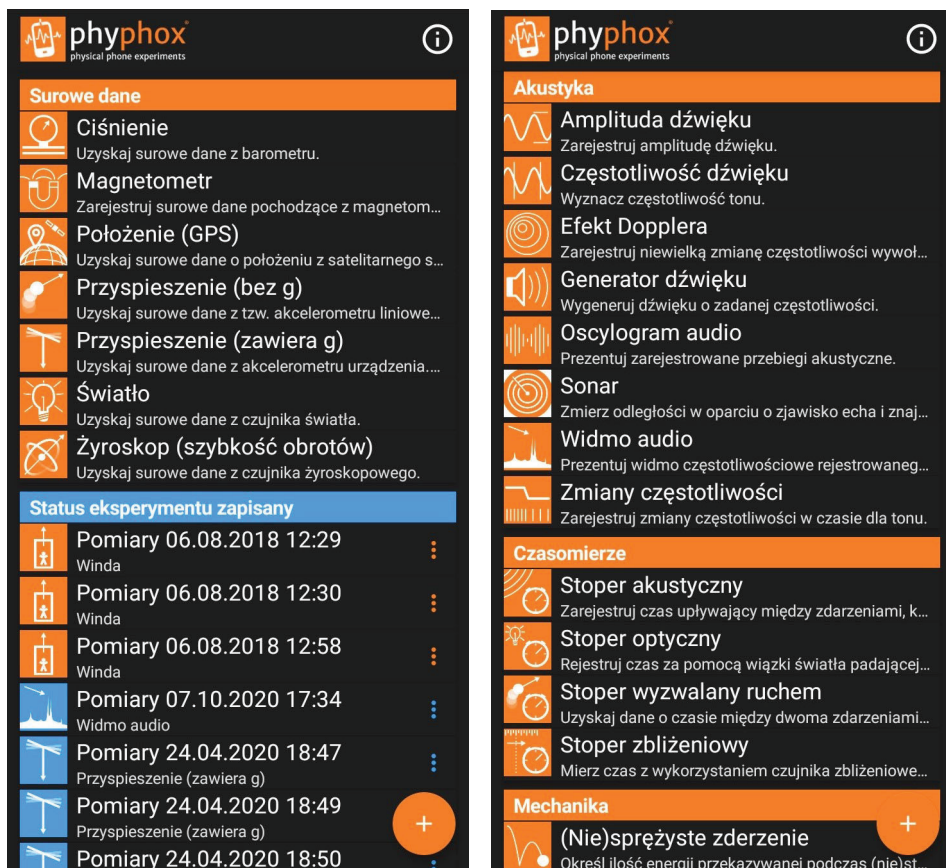
Po zainstalowaniu i uruchomieniu aplikacji na smartfonie wyświetli się jej główny ekran. Jeżeli jakaś pozycja wyświetla się na szaro, oznacza to, że nie jest ona dostępna, gdyż nasz smartfon nie posiada jakiegoś czujnika niezbędnego do działania tej części aplikacji. Główny ekran (rys. 2) aplikacji zawiera listę eksperymentów pogrupowanych w kilka działów.

Surowe dane

Surowe dane to nie tyle eksperymenty, co programy, które wyświetlają wyniki pomiarów przeprowadzonych przez czujniki wbudowane w smartfon, czyli właśnie tzw. surowe dane. Po kliknięciu na liście wybranej pozycji pojawi się nowy ekran. Na górnym, pomarańczowym pasku (rys. 4.) znajdują się przyciski:

- strzałka w lewo – służy do zamykania doświadczenia i powrotu do głównego menu,
- nazwa pomiaru lub eksperymentu,

- pulsujący przycisk „play” w kształcie trójkąta – służy do uruchomienia pomiaru; po uruchomieniu pomiaru przycisk ten zamienia się w przycisk „pauza”, a jego naciśnięcie powoduje zatrzymanie pomiaru,
- koszyk – służy do usunięcia wyników pomiarów,
- trzy kropki – po naciśnięciu tego przycisku wyświetla się dodatkowe menu, które zawiera m. in. link do informacji o eksperymencie, eksportu danych, dostępu zdalnego i zapisu statusu eksperymentu.



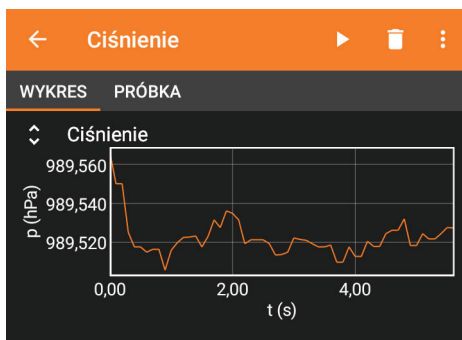
Rys. 2.

Ciśnieniomierz

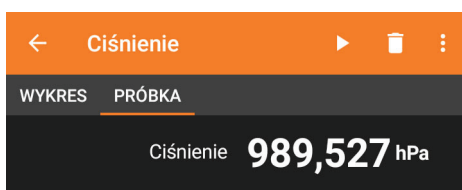
Kliknijmy na przykład „Ciśnienie”. Gdy pojawi się nowy ekran, wciśnijmy przycisk „play” – wtedy smartfon zacznie cyklicznie mierzyć ciśnienie, a wyniki pomiarów domyślnie wyświetlą się w postaci wykresu. Kliknięcie przycisku z symbolem podwójnej strzałki góra-dół obok pionowej osi na wykresie spowoduje rozciągnięcie (powiększenie) wykresu w pionie. Gdy klikniemy zakładkę „próbka”, na ekranie będzie się wyświetlał wynik ostatniego pomiaru.

Poniższe zrzuty ekranu aplikacji otrzymano przez naciśnięcie przycisku z trzema kropkami, a następnie wybranie „Udostępnij zrzut ekranu” i zapisa-

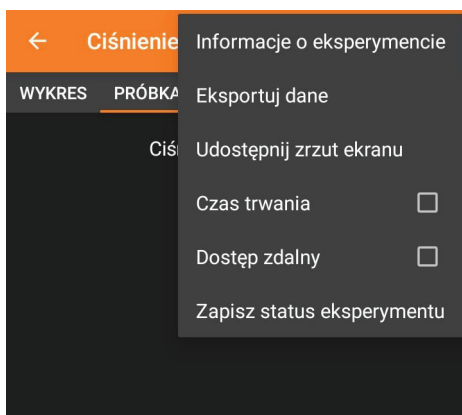
nie pliku na dysku online. Zrzut ekranu można również uzyskać przy pomocy standardowego narzędzia systemowego smartfona (naciskając odpowiednią kombinację przycisków).



Rys. 4.



Rys. 5.

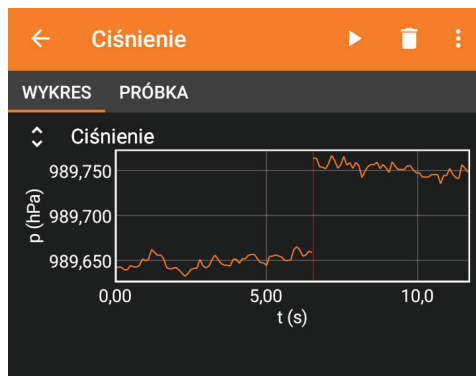


Rys. 6.

Po przeprowadzeniu eksperymentu za pomocą aplikacji *phyphox* warto zapisać wyniki pomiarów oraz obliczeń. Służy do tego przycisk „Zapisz status eksperymentu” w menu, które wyświetla się po naciśnięciu symbolu trzech kropek.

Eksperyment 1 - ciśnienie

Ale czymże byłby pomiar, gdyby na jego podstawie nie można było czegoś obliczyć? Kładziemy smartfon na stole lub ławce szkolnej, uruchamiamy pomiar ciśnienia, po kilku sekundach zatrzymujemy (pauzujemy). Następnie kładziemy smartfon na podłodze i wznowiamy pomiar.



Rys. 7.

Na otrzymanym wykresie wyraźnie widać, że ciśnienie atmosferyczne przy podłodze jest nieco większe od ciśnienia przy powierzchni stołu. Z grubszą (z małą dokładnością) na podstawie danych odczytanych z wykresu można oszacować, że różnica ciśnień wynosi około 0,1 hPa czyli 10 Pa. Dokładniejszy wynik można otrzymać, obliczając średnie ciśnienie, lecz wymaga to wyeksportowania danych do arkusza kalkulacyjnego (np. Excel).

Na podstawie zmierzonej różnicy ciśnień można obliczyć gęstość powietrza. Wystarczy jeszcze zmierzyć wysokość stołu (w przeprowadzonym doświadczeniu wynosiła ona 76 cm). Ze wzoru na ciśnienie hydrostatyczne (czyli ciśnienie w płynie, jakim jest np. powietrze) $p = dgh$, otrzymujemy wzór na różnicę ciśnień $\Delta p = dg \cdot \Delta h$ spowodowaną różnicą głębokości (lub wysokości) Δh , a stąd wzór na gęstość powietrza

$$d = \frac{\Delta p}{g \cdot \Delta h}$$

Podstawiamy wyniki pomiarów i otrzymujemy wynik gęstość powietrza

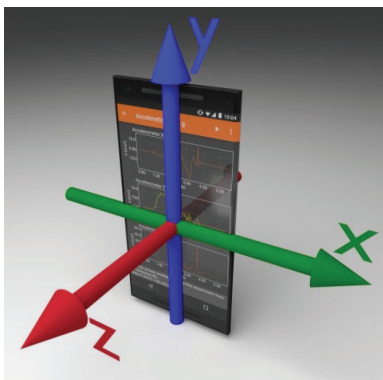
$$d = \frac{10 \text{ Pa}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,76 \text{ m}} = 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$$

który jest zbliżony do wartości podawanych w literaturze (ok. 1,2 kg/m³). Czytelnikowi pozostawiamy zastanowienie się nad sposobem poprawienia dokładności przeprowadzonego tą metodą pomiaru, no i oczywiście zachęcamy do samodzielnego wykonania pomiaru. Najlepsze wyniki opracowane i przesłane do Redakcji opublikujemy w *Neutrino* i nagrodzimy!

Magnetometr

Magnetometr, jak sama nazwa wskazuje, to czujnik pola magnetycznego, czyli przyrząd służący do pomiaru pola magnetycznego. Magnetometru można

używać na przykład do mierzenia ziemskiego pola magnetycznego lub pola magnetycznego wytworzonego przez magnesy stałe lub elektromagnesy. Indukcja pola magnetycznego (tak nazywa się wielkość fizyczna opisująca pole magnetyczne), oprócz wartości posiada kierunek i zwrot, gdyż jest wielkością wektorową. Wynikiem pomiaru są trzy współrzędne tego wektora (w aplikacji błędnie nazywane „składowymi”) wzdłuż trzech, wzajemnie prostopadłych kierunków określonych osiami x, y i z, jak na rysunku pochodzącym ze strony internetowej poświęconej aplikacji.



Rys. 8.

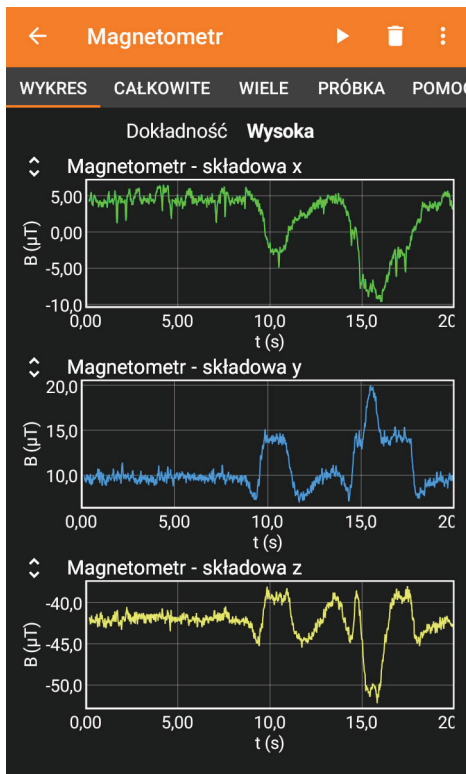
Dla przypomnienia: składowe wektora to takie trzy wektory o kierunkach wzdłuż ustalonych osi, których suma (wypadkowa) jest równa danemu wektorowi. Natomiast współrzędne wektora to liczby równe długości poszczególnych składowych pomnożonych przez liczbę (-1) , jeśli składowa ma zwrot przeciwny do zwrotu osi.

Kolejny zrzut ekranu *phyphox*-a przedstawia wyniki pomiarów pola magnetycznego smartfonem leżącym na ławce szkolnej. Około ósmej sekundy zaczęto przesuwac smartfon po ławce. Widoczne na wykresie zmiany pola magnetycznego były spowodowane przesuwaniem magnetometru nad stalowymi elementami ławki, które były namagnesowane.

Używając smartfona z czujnikiem pola magnetycznego, można postarać się określić kierunek i zwrot linii ziemskiego pola magnetycznego. W tym celu należy tak ustawić smartfon, aby np. współrzędne x-owa i y-owa indukcji pola magnetycznego były równe zero. Wtedy linie pola magnetycznego w miejscu, gdzie znajduje się smartfon, są prostopadłe do ekranu. Jeżeli współrzędna z-owa jest dodatnia, to znaczy, że linie pola magnetycznego są zwrócone tak, jak czerwona strzałka na rysunku 8, a jeśli współrzędna jest ujemna, to linie pola magnetycznego mają przeciwny zwrot. W ten sposób możemy określić tzw. deklinację oraz inklinację magnetyczną. Pomiaru należy przeprowadzić jak najdalej od innych niż Ziemia źródeł pola magnetycznego (magnesów, dużych stalowych elementów itp.). Warto również pamiętać, że czujnik magnetometryczny w smartfonie jest czuły na pole magnetyczne wytwarzane przez elementy elektroniczne smartfona, dlatego wskazania mogą być nieprawidłowe.

Położenie smartfona na Ziemi możemy określić dzięki satelitarnemu systemowi nawigacji GPS, jeśli nasz smartfon jest wyposażony w odbiornik GPS. Zdecydowana większość obecnie dostępnych modeli smartfonów posiada taki „czujnik”. Dokładność określenia położenia tą metodą wynosi od kilku do kilku-

nastu metrów i jest ona tym lepsza, im większa jest liczba satelitów, z których smartfon odbiera sygnał. Po wybraniu pozycji „Położenie (GPS)” pojawi się nowy ekran, kliknięcie przycisku „play” uruchomi pomiar. Jeśli interesuje nas szerokość i długość geograficzna miejsca, gdzie się znajdujemy, klikamy zakładkę „Próbka”, gdzie dane te wyświetlają się w formie liczbowej.



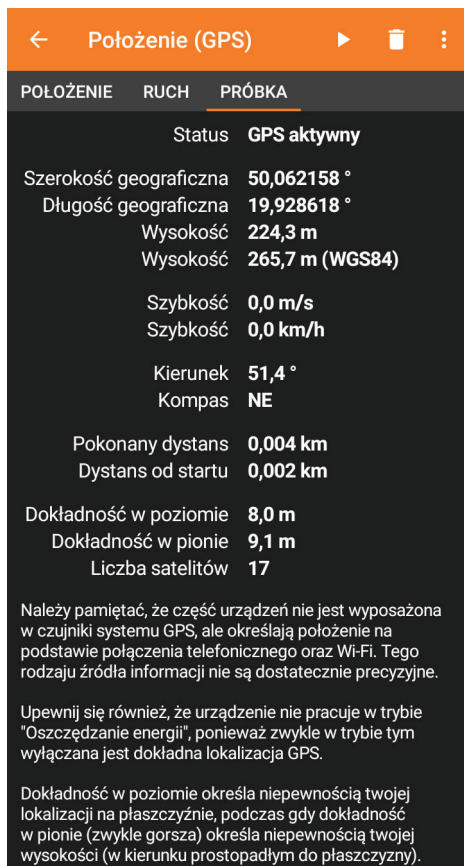
Rys. 9.

Na podstawie zmian położenia aplikacja *phyphox* mierzy prędkość, z jaką się poruszamy, a w zakładce „ruch” wykreśla zależności szybkości, kierunku oraz przebytej drogi od czasu.

Akcelerometr liniowy

Bardzo przydatnym czujnikiem, montowanym w smartfonach i wykorzystywanym np. przez gry, jest akcelerometr liniowy. Czujnik ten mierzy przyspieszenie, z jakim porusza się smartfon. Czujnik mierzy wszystkie trzy współrzędne przyspieszenia (zakładka „próbka”) wzdłuż osi układu współrzędnych przedstawionych na rys. 8, a także oblicza wartość całkowitego przyspieszenia (zakładka „całkowite”) oraz sporządza wykresy zależności współrzędnych przyspieszenia od czasu (zakładka „wykres”). Poniższy zrzut ekranu przedstawia wyniki pomiaru przeprowadzonego podczas gwałtownego przesunięcia w prawo (zgodnie ze zwrotem osi x) smartfona leżącego na stole. Na wykresie zależności współrzędnej x-owej przyspieszenia od czasu wyraźnie widać wzrost współrzędnej

w okolicach chwili $t = 1,0$ s. Podczas ruchu przyspieszonego w prawo przyspieszenie (wektor!) miało zwrot taki sam jak zwrot prędkości, a więc w prawo, zatem x-owa współrzędna przyspieszenia (a_x) była dodatnia. Gdy obiekt zwalniał w okolicach czasu $t = 1,2$ s, przyspieszenie miało zwrot przeciwny do zwrotu prędkości, czyli było zwrócone w lewo – współrzędna przyspieszenia a_x była ujemna. Od około $t = 1,5$ s smartfon pozostawał w spoczynku, więc $a_x = 0$.

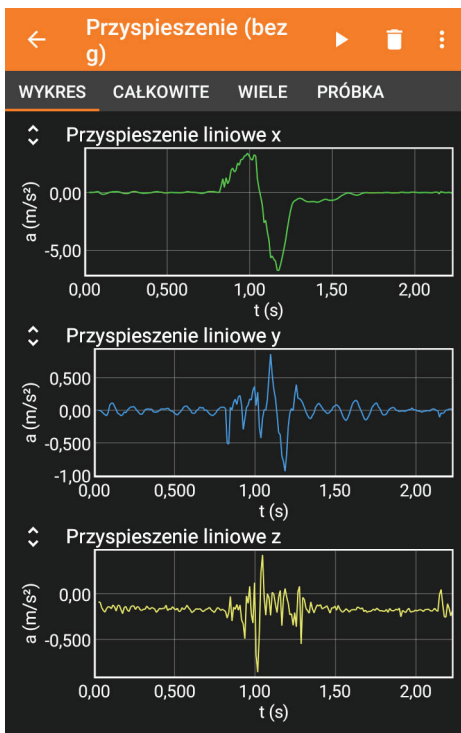


Rys. 10.

Podczas ruchu telefonu współrzędne y-owa i z-owa wektora przyspieszenia oscylowały, co miało związek z niewielkimi drganiami telefonu (proszę zwrócić uwagę na różne podziałki na wykresach tych współrzędnych w porównaniu z podziałką wykresu a_x).

Czujnik światła

Smartfony są również wyposażone w czujniki światła mierzące jego natężenie. Dzięki temu mogą na przykład sterować jasnością ekranu, dobierając ją do warunków oświetlenia. Korzystając z czujnika oświetlenia i aplikacji *phyp-hox*, można wykonać ciekawe eksperymenty z optyki, na przykład wyznaczyć, jaką część padającego światła przepuszcza szyba. W tym celu należy skierować czujnik światła (znajduje się z przodu smartfona) w stronę źródła światła



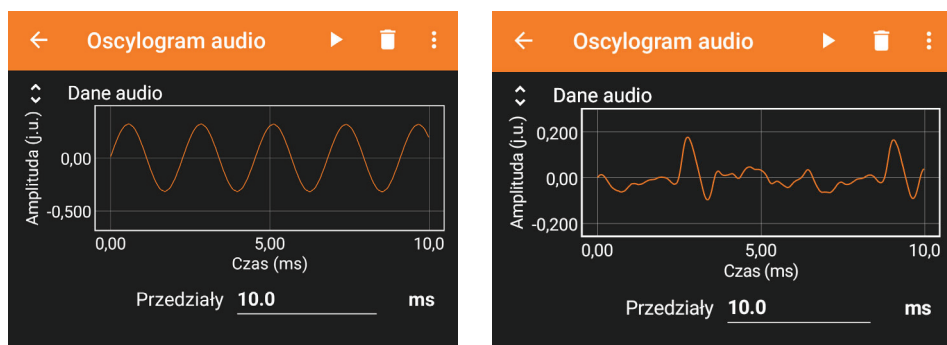
Rys. 11.

i dokonać pomiaru natężenia oświetlenia, a następnie powtórzyć pomiar, nie zmieniając położenia telefonu ani źródła światła, jedynie wstawiając szybę pomiędzy źródło światła a smartfon.

Akustyka

Twórcy aplikacji *phyphox* przygotowali aż osiem rodzajów pomiarów akustycznych, czyli dotyczących dźwięku. Każdy smartfon jest wyposażony w mikrofon będący „czujnikiem” dźwięku. „Amplituda dźwięku” to prosty pomiar głośności dźwięku, a precyzyjniej pisząc: poziomu ciśnienia akustycznego wyrażonego w decybelach (dB). Można więc samodzielnie zmierzyć poziom hałasu przy ruchliwej drodze lub podczas słuchania głośnej muzyki.

„Oscylogram audio” rejestruje dźwięki dochodzące do mikrofonu i wizualizuje je w postaci wykresu przypominającego falę – większa wartość na wykresie oznacza większe ciśnienie akustyczne, mniejsza – mniejsze. (Wartość ujemna wcale nie oznacza ujemnego ciśnienia, tylko wartość mniejszą niż ciśnienie średnie.) Zrzuty ekranu na rys. 12 przedstawiają oscylogram czystego dźwięku (gwizdanie) – po lewej stronie oraz wokal – po prawej stronie. O ile kształt przebiegu po lewej stronie przypomina sinusoidę, to przebieg po prawej stronie jest bardziej złożony.

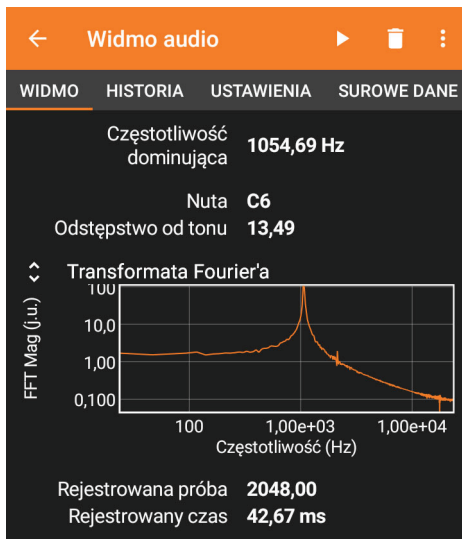


Rys. 12.

Dźwięki

W eksperymencie „Częstotliwość dźwięku” smartfon rejestruje dźwięk i mierzy jego częstotliwość oraz podaje, jaka to nuta, o ile jest to pojedyncza częstotliwość, a nie np. akord składający się z kilku dźwięków o różnych częstotliwościach. W przypadku analizy dźwięków złożonych lepiej jest używać eksperymentu „Widmo audio”. Dźwięki takie, jak na przykład mowa, śpiew czy dźwięki wytwarzane przez instrumenty muzyczne, są dźwiękami złożonymi - odpowiadają drganiom złożonym o różnych częstotliwościach, a każdemu takiemu drganiu można przypisać jakąś amplitudę (natężenie).

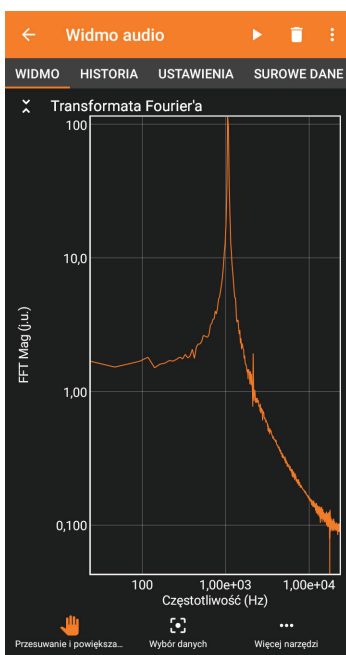
Po uruchomieniu pomiaru i np. uderzeniu w kamerton lub zagwizdaniu do mikrofonu smartfona, widoczny jest wykres zależności głośności dźwięku od częstotliwości. W przypadku czystego (pojedynczego) dźwięku otrzymamy wykres jak na rys. 13.



Rys. 13.

Na wykresie widoczny jest wyraźny, pojedynczy „pik” (czyli szczyt). Odpowiada największej głośności dźwięku, którego częstotliwość wynosi 1054,69 Hz („częstotliwość dominująca”).

W aplikacji *phyphox* można powiększyć wykres, klikając w niego. Standardowymi gestami palców na ekranie smartfona można wykres przesunąć oraz powiększać lub pomniejszać.

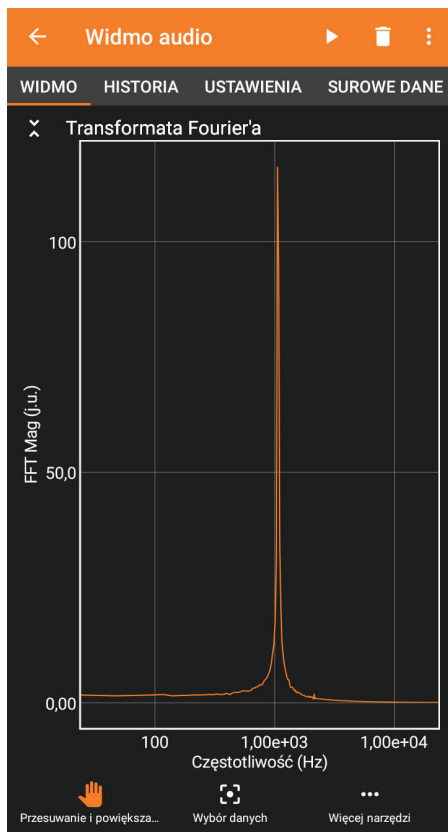


Rys. 14.

Warto zwrócić uwagę na wyskalowanie obu osi wykresu, zarówno osi częstotliwości, jak i osi amplitudy.

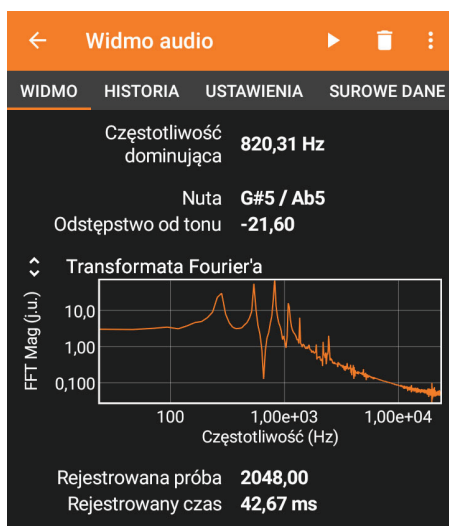
Wykresy, z którymi czytelnik ma do czynienia w szkole na lekcjach matematyki lub fizyki najczęściej mają osie z tak zwaną **skala liniową**. Na osi wyskalowanej liniowo w równych odległościach zaznaczone są wartości różniące się o stałą wartość, czyli na przykład: 0, 1, 2, 3 itd. albo 0, 20, 40, 60 itd. Na **skali logarytmicznej** w równych odległościach znajdują się wartości dziesięciokrotnie większe, czyli np. 1, 10, 100, 1000 itd. Takie wyskalowanie osi umożliwia dostrzeżenie na wykresie bardzo małych zmian wartości, mimo tego, że oś obejmuje szeroki zakres.

Na przykład na powyższym wykresie oprócz bardzo wyraźnego pików na prawo od niego widoczny jest drugi, słaby pik. Gdyby wykres posiadał oś amplitudy wyskalowaną liniowo, tego małego pików nie byłoby widać. I być może naszej uwadze umknęłoby jakieś ważne odkrycie naukowe. Jeśli jednak ktoś woli wykres w skali liniowej, to należy kliknąć znajdujący się pod wykresem przycisk „... Więcej narzędzi”, a w okienku, które się pojawi, odznaczyć „Logarytmiczna skala x” lub „Logarytmiczna skala y”. „x” to oś pozioma, a „y” to oś pionowa. Na zamieszczonym na rys. 15 zrzucie ekranu widać ten sam wykres, ale oś pionowa posiada skalę liniową. Mały pik, o którym wcześniej wspomniano, jest tutaj prawie niezauważalny.

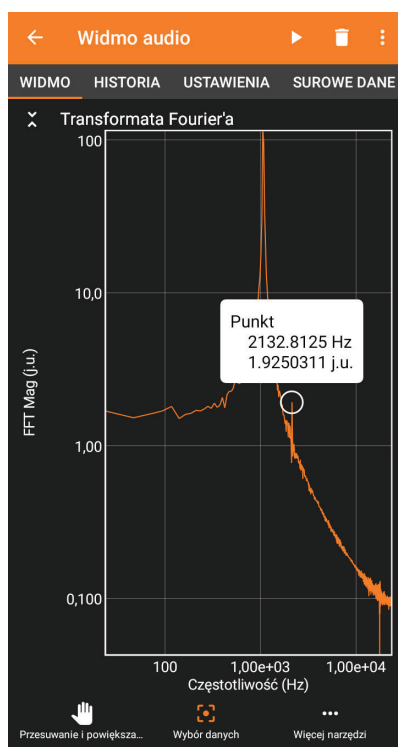


Rys. 15.

W przypadku dźwięku złożonego (np. głosu ludzi mówiących) otrzymamy wykres jak na poniższym zrzucie ekranu aplikacji. Na wykresie widać kilka pików – mamy więc do czynienia ze złożeniem fal o różnych częstotliwościach.



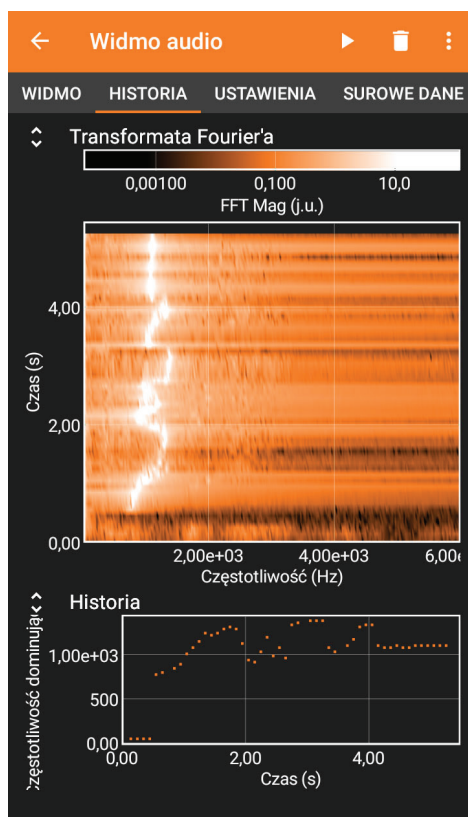
Rys. 16.



Rys. 17.

Trudno jest natomiast odczytać na osiach wykresu wartości punktów pomiarowych. Na szczęście aplikacja posiada odpowiednie narzędzie – wystarczy kliknąć znajdujący się pod wykresem przycisk „Wybór danych”, a następnie zaznaczyć wybrany punkt wykresu, a na ekranie pojawią się odpowiednie wartości.

Bardzo ciekawie wygląda ekran programu „Widmo audio” po wybraniu zakładki „Historia”. Po uruchomieniu pomiaru gwizdano do mikrofonu i zmieniano wysokość tonu gwizdania. Każda pozioma linia obrazka widocznego w środkowej części ekranu na rys. 18. przedstawia widmo rejestrowanego dźwięku w pewnej chwili. Głośność dźwięku o danej częstotliwości nie jest przedstawiona jako wysokość (na osi y), jak to jest na zwykłym wykresie, lecz jest zakodowana jako jasność punktu – im jaśniejszy punkt, tym większa głośność. Kolejne poziome linie to widma dźwięku zarejestrowane po pewnym czasie. To, jak na obrazie przesuwają się w prawo lub w lewo jasne linie, oznacza jak zmienia się (rośnie czy maleje) częstotliwość dominująca rejestrowanego dźwięku.



Rys. 18.

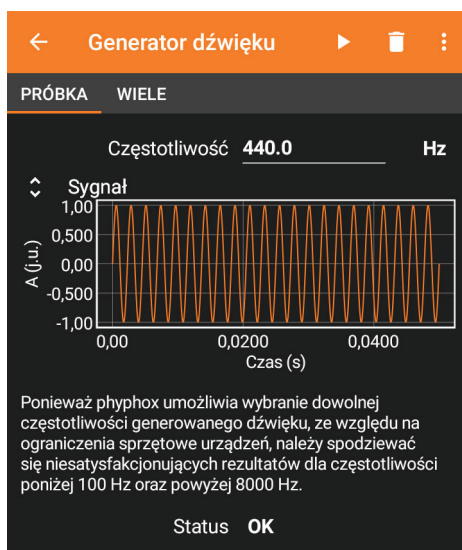
Podobne rysunki analizują naukowcy, którzy za pomocą radioteleskopów „nasłuchują” sygnałów radiowych docierających do Ziemi z kosmosu. Gdyby na takim obrazku pojawiała się jakaś regularna zmiana częstotliwości dominującej, to być może zarejestrowane fale pochodziłyby od jakiejś pozaziemszej cywilizacji.

Z kolei zakładka „Surowe dane” umożliwia obejrzenie oryginalnego przebiegu zarejestrowanego dźwięku – tak samo, jak w opisanym wcześniej eksperymencie „Oscylogram audio”.



Rys. 19.

Okazuje się, że *phypfox* nie tylko potrafi rejestrować i analizować dźwięki pochodzące z innych źródeł, ale sam może również dźwięki wytwarzać. Do tego celu służy „Generator dźwięku”. Po wpisaniu częstotliwości uruchamiamy generator naciskając strzałkę („play”) – z głośnika telefonu powinien wydobywać się dźwięk. Jeżeli posiadamy drugi smartfon z zainstalowanym *phypfox*-em, to możemy za jego pomocą analizować dźwięk wytworzony przez pierwszy smartfon.

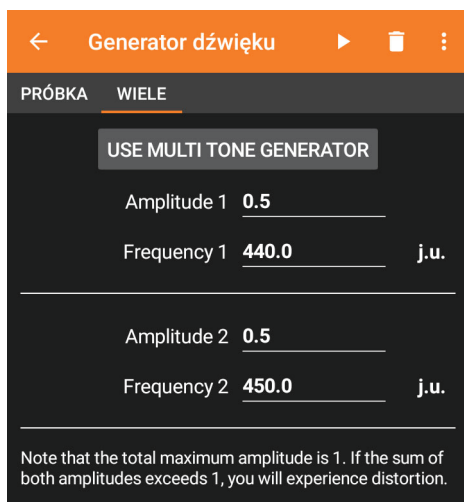


Rys. 20.

Co więcej, *phypfox* może równocześnie generować dźwięki o dwóch różnych częstotliwościach (zakładka „Wiele”).

Bardzo ciekawy efekt usłyszymy, gdy częstotliwości dźwięków będą zbliżone do siebie, np. 440,0 Hz i 445, Hz. Nasz zmysł słuchu nie rozróżni tych dwóch dźwięków, lecz będziemy słyszeć jeden dźwięk (o częstotliwości równej średniej arytmetycznej częstotliwości dźwięków, czyli w tym przypadku

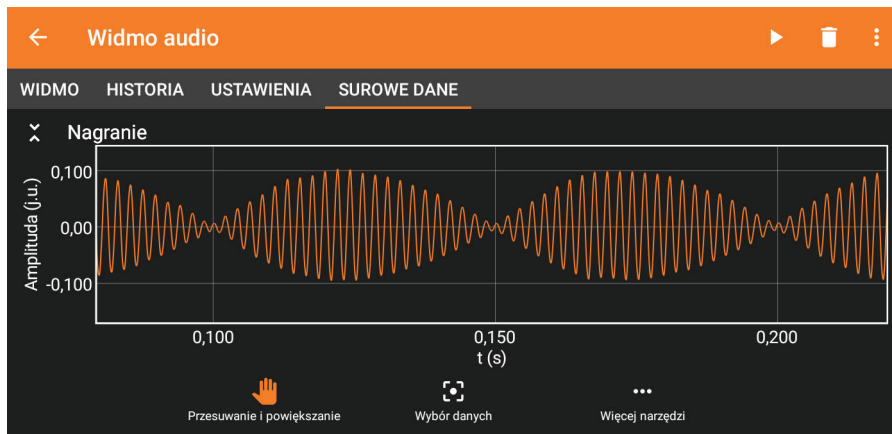
442,5 Hz), którego amplituda (głośność) będzie się okresowo zmieniać. Zjawisko to nosi nazwę: **dudnienia**. Efekt będzie tym lepiej słyszalny, im różnica częstotliwości dźwięków składowych będzie mniejsza, np. przy różnicy 1 Hz wyraźnie słycać, że głośność rośnie, po czym maleje i znowu rośnie itd. Jeśli, jak wspomniano wcześniej, posiadamy drugi smartfon, to możemy za jego pomocą zarejestrować oscylogram dudnień oraz ich widmo. Wystarczy na jednym smartfonie uruchomić generator dwóch dźwięków, a na drugim eksperyment „Oscylogram audio” lub „Widmo audio”. Poniższy zrzut ekranu wykonano po obróceniu smartfona do pozycji poziomej, aby skala czasu została rozciągnięta. Częstotliwości dźwięków składowych wynosiły 440 Hz i 460 Hz, a czas pomiaru („przedziały”) 400 ms. Jeżeli nie posiadamy drugiego smartfona, możemy jako generatora dźwięków użyć komputera. Wystarczy za pomocą przeglądarki internetowej wejść na stronę www.wolframalpha.com i w polu tekstowym wpisać: „Play[Sin[2*Pi*440*t]+Sin[2*Pi*450*t]] duration 5 seconds”, po czym nacisnąć klawisz „enter” lub wskaźnikiem myszy kliknąć kwadracik ze znakiem równości znajdujący się na końcu pola. Po chwili pojawi się więcej informacji, a wśród nich przycisk *Play Sound*, który należy kliknąć. Smartfon zbliżamy do głośnika komputera i uruchamiamy rejestrację dźwięku. Jeśli chcemy wydłużyć czas trwania dźwięku, to należy zmienić parametr *duration* na więcej sekund i ponownie kliknąć znak równości oraz przycisk *Play Sound*.



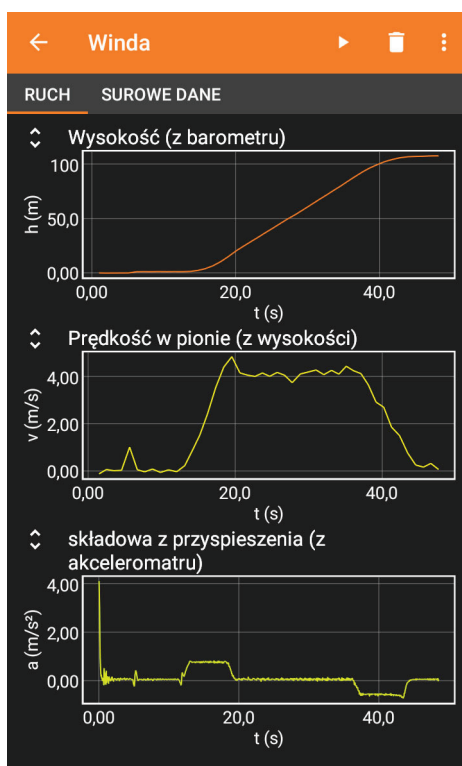
Rys. 21.

Życie codzienne

W tej części twórcy *phyphox*-a zamieścili ciekawe eksperymenty. Eksperyment „Winda” wykorzystuje kilka czujników. Jeżeli nasz smartfon jest wyposażony w barometr, to może on posłużyć do pomiaru zmiany wysokości, na jakiej się znajdujemy, na przykład gdy jedziemy windą. A to z kolei pozwala obliczyć prędkość windy. Z kolei akcelerometr mierzy przyspieszenie windy. A więc wsiadamy do windy, wybieramy piętro, kładziemy smartfon na podłodze i uruchamiamy pomiar. Poniższy zrzut ekranu przedstawia wyniki pomiarów wykonanych podczas jazdy windą na taras widokowy Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie.



Rys. 22.



Rys. 23.

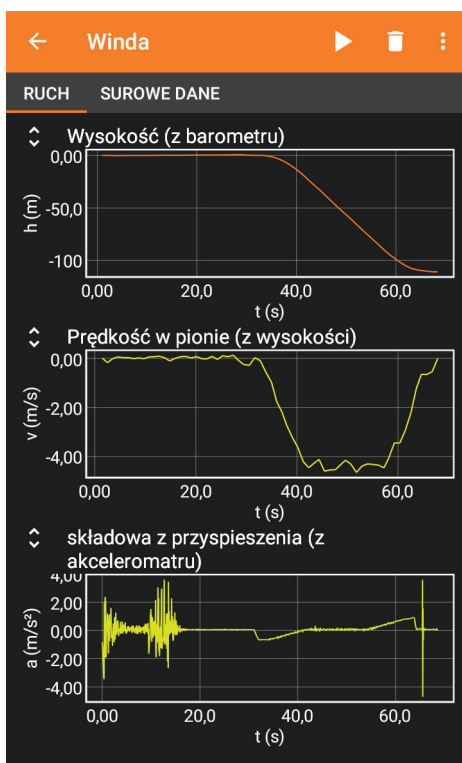
Wykres u góry przedstawia, jak zmieniała się wysokość, na której znajdowała się winda. Na początku winda spoczywała nieruchoma na parterze, a około 15 sekundy trwania pomiaru zaczęła poruszać się do góry, a około 38 s zaczęła zwalniać i po kilku sekundach zatrzymała się.

Z drugiego wykresu – zależności szybkości od czasu – odczytujemy, że winda po trwającym kilka sekund etapie przyspieszania (narastające zbcze

na wykresie) osiągnęła prędkość o wartości około 4 m/s, a w przedziale czasu pomiędzy 36 s a 44 s wartość prędkości windy malała aż do zatrzymania.

Ostatni wykres przedstawia zależność współrzędnej przyspieszenia od czasu. Początkowa duża wartość a_x była związana z poruszeniem podłogi windy (na niej leżał smartfon) podczas wsiadania pasażerów do windy. W dalszej części wykresu wyraźnie widać płaską „górkę” i płaską „dolinkę” związane z jednostajnie zmiennym ruchem windy. „Górka” odpowiada sytuacji, gdy współrzędna przyspieszenia była dodatnia, przyspieszenie windy było zwrócone do góry – winda przyspieszała. „Dolinka” odpowiada sytuacji, gdy współrzędna przyspieszenia była ujemna, przyspieszenie windy było zwrócone w dół – winda zwalniała. Warto zauważyć, że „górkę” i „dolinkę” mają kształt trapezu, a nie prostokąta, co oznacza, że samo uzyskiwanie przez windę odpowiedniego przyspieszenia też trwało pewien krótki czas.

Analogiczny pomiar przeprowadzono podczas jazdy windą w dół – rys. 24.

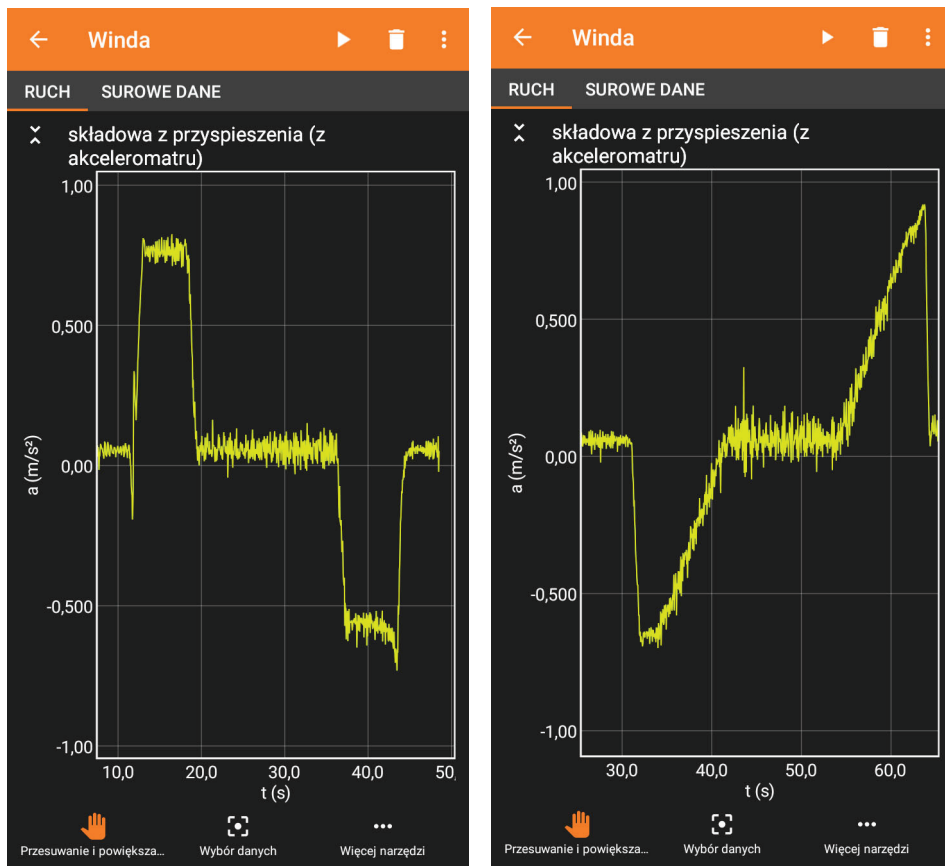


Rys. 24.

Na wykresach widzimy, że winda ruszyła dopiero około 30 s od rozpoczęcia pomiaru. Rozpędzanie windy trwało ok. 10 s (opadające zbocze na środkowym wykresie) i od około 38 sekundy trwania pomiaru szybkość windy była w przybliżeniu stała i wynosiła 4 m/s (współrzędna prędkości jest ujemna, bo winda jedzie w dół). Hamowanie windy (narastające zbocze na środkowym wykresie) również trwało około 10 s. W tym miejscu warto wyjaśnić, dlaczego na wykresie zbocze narastające odpowiada ruchowi opóźnionemu. Otóż trzeba pamiętać, że rozważamy etap ruchu, gdy współrzędna prędkości jest ujemna. Zbocze

narastające oznacza więc, że współrzędna prędkości zwiększa się, a więc jest coraz bliższa zero. Zatem wartość prędkości maleje. Matematycznie można to ująć tak: wartość wektora prędkości jest równa wartości bezwzględnej współrzędnej prędkości.

Inaczej natomiast wyglądają „górką” i „dolinka” na wykresie współrzędnej przyspieszenia. O ile podczas jazdy do góry przez pewien czas przyspieszenie i opóźnienie windy było stałe (zrzut ekranu na rys. 25 po lewej), to podczas jazdy w dół tak się nie dzieje (zrzut ekranu poniżej po prawej). Widocznie konstruktorzy windy (z nieznanego autorowi artykułu powodu) uznali, że tak powinno być.



Rys. 25.

Warto dodać, że eksperymenty można przeprowadzać również zdalnie, tzn. za pomocą komputera, który łączy się ze smartfonem przez sieć WiFi. Okienko aplikacji jest wtedy dostępne w przeglądarce internetowej. Cały pomiar (m. in. ustalenie parametrów, uruchomienie, zatrzymanie, zapisanie wyników) obsługujemy za pomocą odpowiednich przycisków w okienku przeglądarki, co jest łatwiejsze.



Rys. 26.

W niniejszym artykule przedstawiono tylko niektóre możliwości aplikacji *phyphox*. Czytelnik z pewnością sam będzie odkrywał kolejne. Warto eksperymentować! Zachęcamy do tego, a jeśli uda wam się przeprowadzić ciekawy eksperyment z wykorzystaniem *phyphox*-a, to prosimy o przesłanie do redakcji swojego opracowania – najciekawsze opublikujemy na łamach *Neutrino*!

Literatura:

<https://warsztatpracynauczycieli.blogspot.com/2017/12/telefon-komorkowy-i-phyphox.html>

<https://warsztatpracynauczycieli.blogspot.com/2018/02/phyphox-nowe-oblicze-doswiadczen.html>

<https://phyphox.org/experiments/>

Tomasz Greczyło, *Phyphox – urządzenie pomiarowe w obudowie telefonu lub tabletu*, Foton 148, wiosna 2020.

Witold Zawadzki

Co czytać

Fabryka planet. Planety pozasłoneczne i poszukiwanie drugiej Ziemi (Prószyński Media)

Elisabeth Tasker

Zapomnij o raketach na Marsa! – przyszłością badań kosmosu są poszukiwania planet pozasłonecznych!

Jeszcze dwadzieścia lat temu planetami poza Układem Słonecznym zajmowała się wyłącznie fantastyka. Od czasu słynnego, pierwszego odkrycia dokonanego przez Aleksandra Wolszczana poszukiwanie i badanie egzoplanet to jedna z najszybciej rozwijających się dziedzin astronomii.

Nowo odkryte światy są bardziej niezwykłe od wszystkiego, co wyobrażali sobie pisarze. Istnieją planety większe od Jowisza, na których rok trwa krócej niż tydzień, na innych niebo rozświetlają dwa słońca, a jeszcze inne samotnie przemierzają kosmos. Są też planety z diamentowymi płaszczami, światy wielkości Ziemi podzielone na dwie półkule wiecznego dnia i wiecznej nocy, planety pokryte globalnymi oceanami i takie, na których przelewają się morza wulkanicznej lawy. Odkrycie tej różnorodności to dopiero początek. Na zbadanie czeka jeszcze cała galaktyka różnych możliwości. Trudno nie zadać sobie pytania, czy wśród tak wielu światów, nie istnieje gdzieś druga Ziemia.

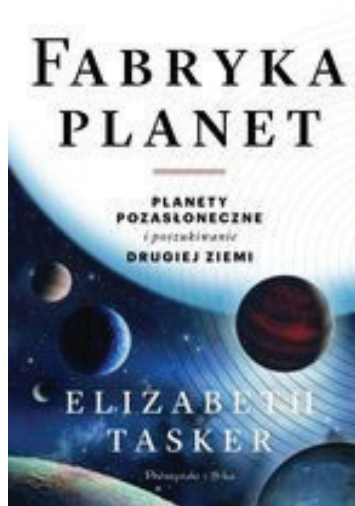
Autorce tej niesłychanie wciągającej i rzetelnie napisanej książki udało się dokonać czegoś niemal niemożliwego – w bardzo zrozumiały sposób wyjaśnia nam wszystko, co powinniśmy wiedzieć o tej zupełnie nowej, szybko zmieniającej się dziedzinie nauki, która zajmuje się poszukiwaniem nowych światów.

Caleb Scharf, profesor astronomii na Uniwersytecie Columbia, autor książek „Silniki grawitacji” i „Kompleks Kopernika”.

Książka Elisabeth Tasker to jedno z najlepszych znanych mi opracowań popularyzujących naukę. Jest ona zadziwiająco kompletnym opisem aktualnego stanu astronomii planet pozasłonecznych, przedstawionym w sposób ogromnie zajmujący i przystępny dla każdego. Bardzo polecam ją wszystkim, którzy chcieliby zapoznać się z tą ciągle jeszcze nową, fascynującą dziedziną nauki, głęboko motywowaną pragnieniem odkrycia życia poza Ziemią.

Aleksander Wolszczan, polski radioastronom, profesor nauk fizycznych, nauczyciel akademicki.

Elisabeth Tasker – brytyjski astrofizyk. Pracuje w japońskiej agencji kosmicznej. W pracy naukowej skupia się głównie na badaniach procesów formowania się gwiazd i planet. Studiowała fizykę teoretyczną na Uniwersytecie w Durham. Uzyskała stopień doktora astrofizyki na Uniwersytecie Oksfordzkim.



Jaśniej proszę, czyli przyjazna twarz matematyki (PWN)

Jakub Szczepaniak

Wszyscy posiadamy nieodkryte umiejętności matematyczne. Często jednak nie potrafimy ich uruchomić. Niestety panuje powszechne przekonanie, że matematyka to tylko nudny przedmiot szkolny. Traktujemy ją pobłażliwie, przyznając, że trudno nam skorzystać z tej wiedzy w praktyce.

Autor książki w łatwy i obrazowy sposób prezentuje propozycje zastosowań matematyki w otaczającej nas codzienności i prozie życia. Kolejne rozdziały opisują zwykłe historie i zdarzenia. Odwiedzimy miejskie podwórka, przyjrzymy się dziecięcej zabawom, podejrzmy zachowania młodzieży na szkolnych wycieczkach i opiszemy zmagania maturalne. Pokażemy, jak szybko oszacować czas oczekiwania w kolejce do sklepowej kasy. Wakacje spędzimy w najdłuższej wsi w Polsce, opisując przy okazji problemy ze zbiorami.

To kolejna propozycja Jakuba Szczepaniaka – autora książek prezentujących przyjazną twarz matematyki (w tym: *Przechytrzyć Murphego*, czy *Matematyka nie tylko dla zakochanych*), nauczyciela akademickiego, popularyzatora niebanalnych metod nauczania.



Nasze miejsce w kosmosie (PWN)

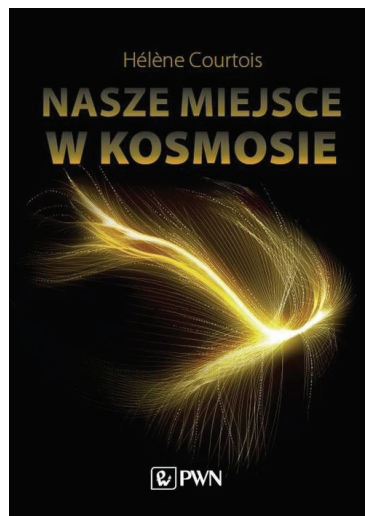
Hélène Courtois

Nasza galaktyka i jej sąsiedzi mkną przez Wszechświat w zdumiewającym tempie kilkuset kilometrów na sekundę. Fakt ten jest znany od początku lat 60. ubiegłego wieku. W tym czasie astrofizycy nie byli jeszcze w stanie w pełni wyjaśnić przyczyn tego zjawiska. W latach 90. amerykańscy naukowcy wskazali, że ruch ten może być związany z oddziaływaniem ogromnej masy tzw. Wielkiego Atraktora.

Poszukując Wielkiego Atraktora, zespół badawczy, którego członkiem była nasza Autorka, odkrył supergromadę galaktyk, do których należy nasza Droga Mleczna. Nazwali ją Laniakea (z hawajskiego *niezmierne niebiosy*).

Ta książka ma na celu podzielenie się historią tego ogromnego odkrycia. Autorka w jasny i prosty sposób dokonuje przeglądu Wszechświata i rządzących nim praw fizyki.

Hélène Courtois - francuska astrofizyczka specjalizująca się w kosmografii. Jest profesorem na Uniwersytecie w Lyonie.



Fizyka rzeczy niemożliwych (Prószński Media)

Michio Kaku

Promienie śmierci, pola siłowe, ubrania zapewniające niewidzialność. Czy będą dostępne już w najbliższych dziesięcioleciach, czy dopiero za tysiące lat?

Jeszcze sto lat temu uczeni stwierdziliby, że lasery, telewizja i bomba atomowa to pomysły całkowicie wykraczające poza obszar idei fizycznie możliwych. W *Fizyce rzeczy niemożliwych* uznany fizyk Michio Kaku sprawdza, w jakim stopniu rozwiązania techniczne i urządzenia spotykane w fantastyce naukowej, które obecnie uważa się za równie niemożliwe, staną się w przyszłości częścią naszej codzienności.

Od teleportacji po telekinezę, Kaku, wykorzystując świat fantastyki naukowej bada podstawy – i ograniczenia – praw fizyki w znanej nam dzisiaj postaci. W tej frapującej i dającej do myślenia książce autor wyjaśnia:

- w jaki sposób optyka i elektromagnetyzm mogą nam kiedyś pozwolić na zakrzywienie światła wokół przedmiotu, niczym nurtu strumienia wokół głazu, czyniąc go niewidzialnym dla wszystkich patrzących w jego kierunku „w dole rzeki”,
- jak rakiety z silnikiem strumieniowym, żagle laserowe, napęd na antymaterię i nano rakiety mogą kiedyś zawieść nas do najbliższych gwiazd,
- w jaki sposób telepatia i psychokineza, uważane kiedyś za pseudonaukę, mogą w przyszłości okazać się możliwe dzięki postępom w obrazowaniu rezonansu magnetycznego, informatyce, nadprzewodnictwie i nanotechnologii,
- dlaczego wehikuł czasu jest, jak się wydaje, zgodny ze znanymi prawami fizyki kwantowej, chociaż skonstruować go mogłaby jedynie niezwykle zaawansowana cywilizacja.

Kaku wykorzystuje każde z omawianych rozwiązań technicznych jako punkt wyjścia do wyjaśnienia leżących u jego podstaw praw nauki. *Fizyka rzeczy niemożliwych* to porywająca naukowa przygoda, w trakcie której czytelnicy, poznając zadziwiający świat nauki, jednocześnie uczą się i bawią.

