

Badanie trzeciej zasady dynamiki Newtona z wykorzystaniem zestawu komputerowego – scenariusz lekcji

Magdalena Sadowska

Zespół Szkół, ul. Żwirki i Wigury 10 w Kaliszu i Zakład Dydaktyki Fizyki UMK w Toruniu

Streszczenie: Pokazano doświadczalną weryfikację trzeciego prawa Newtona za pomocą systemu pomiarowego składającego się z dwóch wózków z czujnikami siły i konsoli pomiarowej podłączonej do komputera. Zbadano dwie sytuacje doświadczalne – statyczną i dynamiczną: 1) wózki na torze bez tarcia połączone gumką są odsuwane od siebie; 2) wózki na chropowatym torze połączone są sznurkiem i jeden z nich jest ciągnięty. Zmierzona równość akcji i reakcji w każdej chwili pomiaru jest wręcz zadziwiająca.

Newton's third law of dynamics in the computer-aided experiment – lesson's scenario

Abstract: Experimental verification of the Newton's third law of dynamics is done using a system consisting of two carts with force sensors and the computer interface. Two experimental situations are shown – static and dynamic ones: 1) the two carts on a frictionless track are connected with an elastic and pulled away; 2) the carts on a scabrous track are connected by a rope and one of them pulled. The equality of action and reaction at any moment is astonishing.

Wstęp

Zasady dynamiki Newtona są jeszcze omawiane na dwóch poziomach nauczania – w gimnazjum oraz w szkołach ponadgimnazjalnych (wszystkich typów tj. liceach, technikach i zasadniczych szkołach zawodowych). Istnieje wiele doświadczeń, które potwierdzają słuszność tych zasad i które można przeprowadzić na lekcji. Coraz istotniejszą rolę w doświadczeniach pełnią komputery, które znacznie podnoszą poziom atrakcyjności lekcji oraz powodują wzrost zainteresowania uczniów treściami kształcenia. Stają się ważnym elementem w pracy nauczyciela podczas lekcji. W poniższym tekście zapoznają się Państwo z wykorzystaniem komputera na lekcji fizyki do przeprowadzenia doświadczeń, których celem jest potwierdzenie trzeciej zasady dynamiki Newtona. Uczniom z pewnością jest znane pojęcie siły, którą kojarzą w najprostszym przypadku z pchaniem, ciągnięciem, rozciąganiem itp. Na kolejnym etapie uczniowie dowiadują się, że siła jest miarą oddziaływania między dwoma ciałami. Następnie trzeba im uzmysłowić, że oddziaływania są wzajemne, czyli zapoznać z trzecią zasadą dynamiki i pokazać doświadczenie, które będzie ją potwierdzało. W tym scenariuszu pokazujemy dwa doświadczenia: statyczne i dynamiczne.

Podstawy fizyczne

Trzecia zasada dynamiki mówi, że dwa ciała oddziałują ze sobą siłami, które mają ten sam kierunek, mają

takie same wartości, ale przeciwne zwroty i różne punkty przyłożenia.

Uczniom w gimnazjum można trzecią zasadę uzmysłowić w bardzo prosty sposób poprzez podanie jej „odpowiednika” w postaci polskiego przysłowia: „Jak Kuba Bogu, tak Bóg Kubie”. Można też ją próbować wytłumaczyć korzystając z bardzo prostego przykładu zawodów w przeciąganiu liny, ale jeszcze lepiej jest do tego celu wykorzystać doświadczenie wspomagane komputerem.

Doświadczenie wspomagane komputerowo

Celem doświadczenia jest zmierzenie sił działających między dwoma ciałami – w naszym przypadku dwoma wózkami oraz porównanie wartości tych sił.

Do przeprowadzenia doświadczenia potrzebne są: dwa wózki; tor o długości 1,2 m; dwa czujniki siły, dodatkowa masa w postaci odważnika, sznurek lub gumka recepturka oraz odpowiedni software. Zestaw taki oferuje np. firma PASCO.

Na obu wózkach trzeba zamontować czujniki sił, które należy połączyć z konsolą pomiarową, aby zarejestrować i później, w miarę potrzeby odtworzyć wyniki pomiarów dla ich dalszej analizy, przedstawienia graficznego itd. Oczywiście konsola pomiarowa musi być podłączona do komputera – w naszym przypadku jest to stary standard RS211 a w nowszych konsolach port USB.

Zanim przeprowadzone zostanie doświadczenie można zapytać uczniów o ich przewidywania dotyczące sił w kilku przypadkach np. 1) do dyspozycji mamy tylko dwa wózki, 2) na jednym z wózków umieszczamy dodatkowe obciążenie, 3) na drugim wózku znajduje się dodatkowe obciążenie. Swoje przewidywania mogą zapisać w tabeli (załącznik).

Doświadczenie wykonywane za pomocą zestawu PASCO, z gotową lekcją załadowaną przez software wymaga włączenia Xplorera GLX (lub konsoli 750) oraz uruchomienia pliku „tug of war”. Wówczas na ekranie komputera wyświetli się wykres zależności siły od czasu dla obu czujników (na jednym wykresie). Częstotliwość próbkowania jest ustawiona na 20 Hz. Czujniki trzeba podłączyć do dwóch portów konsoli. Jeden z czujników odbiera sygnał dodatni, gdy wózek jest popchnięty bądź szarpnięty, a drugi czujnik odbiera sygnał ujemny, gdy drugi wózek jest pchnięty lub szarpnięty. Następnie należy ustawić tor i go wypoziomować, postawić wózki i zamocować czujniki sił. Trzeba pamiętać o ich wyzerowaniu.

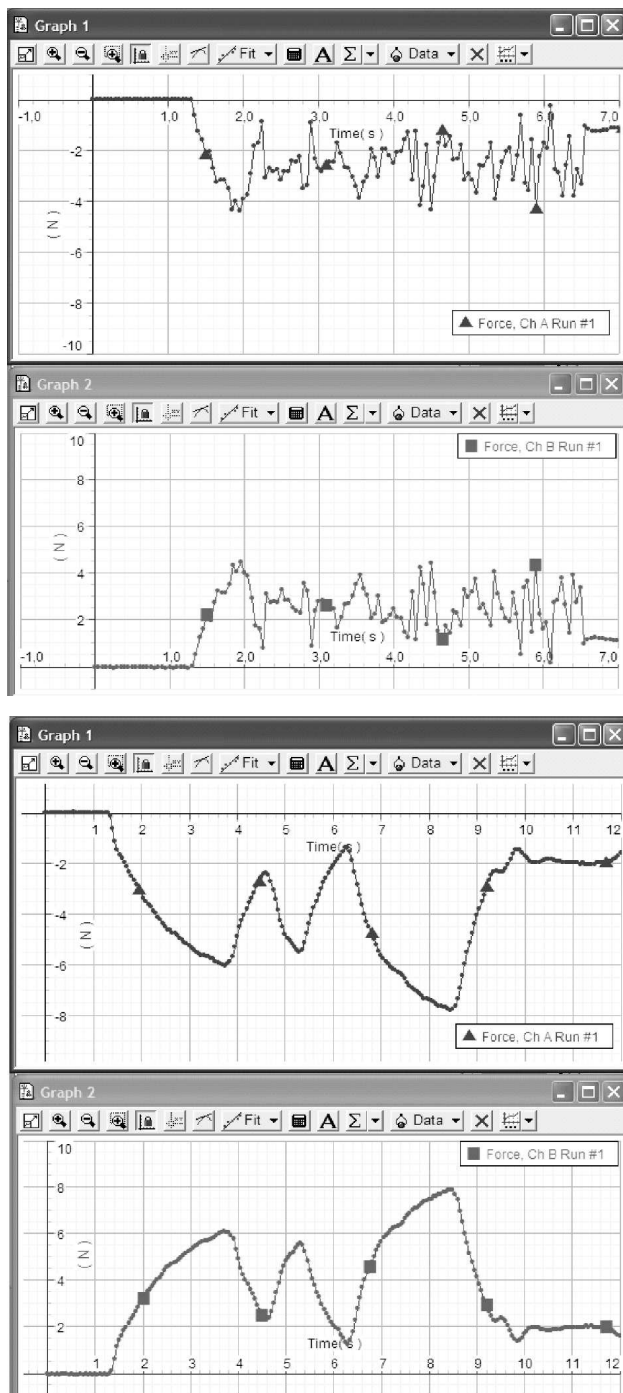


Rys. 1. Dwa wózki z podłączonymi czujnikami siły: a) połączone gumką – doświadczenie statyczne (z lewej); b) połączone sznurkiem, ciągnięte po drewnianej belce – doświadczenie dynamiczne (z prawej).

Na końcach czujników znajdują się haczyki, do których należy przywiązać sznurek lub gumkę. Poniżej przedstawione są dwie sytuacje doświadczalne: 1) statyczna, w której wózki, umieszczone na torze, są połączone gumką i są odsuwane w dwóch kierunkach naraz, zob. rys. 1a; 2) dynamiczna, w której wózki umieszczone na chropowatym torze są połączone sznurkiem i jeden z wózków jest ciągnięty (i oczywiście oba poruszają się ruchem bardzo nieregularnym, skokami i zatrzymaniami), rys. 1b.

Aby rozpocząć pomiar i jego zapis trzeba przycisnąć start oraz ciągnąć wózki w przeciwne strony (najlepiej od siebie). Pomiar można zakończyć po około 10 sekundach naciskając stop. Analizą wyników można zająć się w dalszej części zajęć. Następnym elementem doświadczenia jest zbadanie siły przy dodatkowym obciążeniu. Na jednym z wózków dokładamy odważnik o masie np. 0,25 kg.

Pomiar wykonujemy i zapisujemy w identyczny sposób, pamiętając o wyzerowaniu czujników siły. Jeśli dysponujemy wystarczającą ilością czasu na lekcji, można również przełożyć odważnik na drugi wózek i ponownie wykonać pomiar. Jeśli klasa jest liczna można wykonać kilka razy pomiary tak, aby różne grupy miały różne wykresy i mogły je samodzielnie analizować.



Rys. 2. Wykresy wartości zmierzonych przez czujniki sił w dwóch doświadczeniach (bez dodatkowego obciążenia): a) wózki połączone sznurkiem na drewnianej belce (u góry); b) wózki połączone gumką na torze (u dołu); zwraca uwagę równość akcji i reakcji, mimo ich nieregularności.

Analiza wyników

Analiza wyników odbywa się w oparciu o zapisane wyniki w postaci wykresów. Uczniowie oglądają i porównują otrzymane wykresy oraz na tej podstawie uzupełniają karty pracy. Komputer rejestruje pomiary z czujników i zapisuje je w postaci pary wykresów (rys. 2a i 2b).

Na powyższych wykresach widać dobrze, że siły w pierwszym doświadczeniu (wersji statycznej) były równe co do wartości, ale miały przeciwne zwroty. Podobne wyniki otrzymujemy w wersji dynamicznej tego doświadczenia. Na obu wykresach siły mają identyczne wartości, ale przeciwne zwroty. Uczniowie mogą analizować wyniki pomiarów samodzielnie lub pracując w grupie. Nauczyciel powinien sprawdzić poprawność udzielonych przez uczniów odpowiedzi. Można to zrobić od razu na lekcji słuchając odpowiedzi uczniów lub zebrać karty pracy i sprawdzić je na kolejną lekcję.

Podsumowanie

Praca z nowoczesnym sprzętem pomiarowym powoduje wzrost efektywności nauczania oraz motywuje uczniów do samodzielnej, często badawczej pracy. Wzbogacenie lekcji o nowoczesne środki dydaktyczne przynosi wiele korzyści. Samodzielna lub grupowa analiza wyników pozwala na pobudzenie aktywności wśród uczniów do twórczego myślenia i poszukiwania własnych odpowiedzi, uczy współpracy, dyskusji oraz rozwija umiejętność argumentowania. Z zestawów pomiarowych takich jak PASCO lub COACH LAB można korzystać w szkołach na wielu przedmiotach. Można zakupić różne czujniki, które będą wykorzystywane na innych zajęciach lekcyjnych np. chemii, biologii, geografii.

ZAŁĄCZNIK

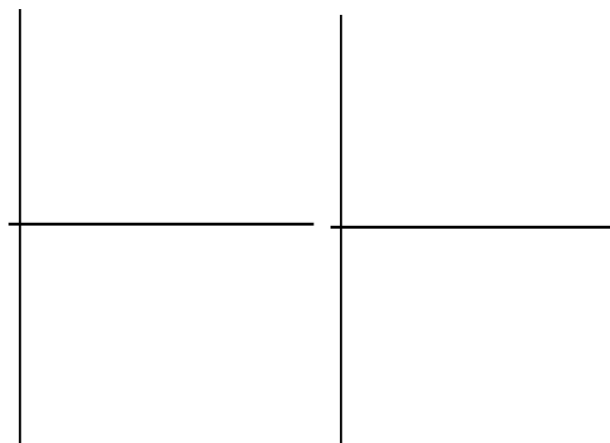
KARTA PRACY

Imię i nazwisko: _____ Klasa _____ Data _____

1. Zastanów się, co mógłbyś powiedzieć o działających siłach między dwoma połączonymi sznurkiem wózkami, gdy ciągniesz je w przeciwne strony w przypadkach zamieszczonych w tabeli. Następnie zapisz swoje przypuszczenia.

Przypadek	Przypuszczenie
Równe masy	
Wózek 1: dodatkowe obciążenie	
Wózek 2: dodatkowe obciążenie	

2. Korzystając z zapisanych w komputerze wyników pomiarów wybierz jeden z trzech przypadków (np. wózek bez obciążenia lub jeden wózek z obciążeniem) i przerysuj wykres na kartę. Pamiętaj o właściwym podpisaniu osi.



3. Dokonaj analizy otrzymanych wyników. Co możesz powiedzieć o działających siłach na podstawie wykresów? Uzupełnij tabelkę.

Przypadek	Wynik
Równe masy	
Wózek 1: dodatkowe obciążenie	
Wózek 2: dodatkowe obciążenie	

4. Analizując wykresy zależności siły od czasu odpowiedz na pytania:

a) Czy dla pierwszego pomiaru kształty obu krzywych są do siebie w jakiś sposób podobne?

b) Co się stało z siłami (ich wartościami, zwrotami) mierzonymi przez czujniki, gdy na jednym z wózków umieszczono dodatkowe obciążenie?

c) Jaka powinna być suma wektorowa sił w przypadku, gdy mają one taką samą wartość i przeciwne zwroty?

d) Czy siły mają takie same wartości i przeciwne zwroty na wykresie, który przerysowałeś do karty pracy?

e) Jakie są wartości sił zmierzonych przez oba czujniki w tym samym czasie?