



4. Praca i energia

Mechanika: Wprowadzenie do komputerowych systemów pomiarowych, system Pasco, praca, energia, zasada zachowania energii.

Potrzebny sprzęt	Nr części	Ilość sztuk
Pasco Sparklink Air (konsola pomiarowa)	PS-2011	1
Motion sensor PASPort (ultradźwiękowy czujnik ruchu)	PS-2103A	1
PASCar (wózek aluminiowy)	ME-6950	1
PASPort Force Sensor (czujnik siły)	PS-2104	1
Tor PASCO długości 1,2 m		1
Krażek z zaciskiem do mocowania	ME-9448A	1
Zestaw odważników z haczykami do zawieszenia	SE-8759	1
Waga		1
Nić o długości ok. 1 m		1

Cel

Celem tego ćwiczenia jest porównanie pracy wykonanej przez siłę wprawiającą w ruch wózek ze zmianą energii kinetycznej wózka oraz znalezienie zależności pomiędzy pracą i zmianą energii.

Cele szczegółowe:

1. Dydaktyka fizyki: pojęcie prędkości chwilowej, pojęcie ruchu prostoliniowego, pojęcie punktu materialnego, ruch jednostajnie przyspieszony, graficzne przedstawienie zależności położenia od czasu, wykres prędkości w zależności od czasu; przebyta droga w ruchu jednostajnym, siła, pojęcie pracy i energii, zasada zachowania energii.
2. Informatyka stosowana: działanie czujników położenia i siły, dokładność pomiaru, próbkowanie w czasie.

Wstęp

Stała siła działająca na ciało podczas jego przemieszczenia, wykonuje nad tym ciałem pracę. Jeśli kierunek siły i kierunek przemieszczenia są równoległe oraz jeśli równocześnie ich zwroty są zgodne, to pracę wykonaną przez siłę można obliczyć korzystając z poniższego wzoru:

$$W = F s$$

Jeśli wykonanie pracy powoduje zmianę położenia ciała w pionie, to zmienia się jego energia potencjalna grawitacji. Jeśli jednak wykonanie pracy powoduje tylko zmianę prędkości ciała (np. na poziomym stole lub aluminiowym torze), to następuje zmiana energii kinetycznej ciała i można to opisać za pomocą poniższego równania:

Instrukcja przygotowana w ramach projektu „*Innowacyjne metody nauczania fizyki*”, który jest współfinansowany z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020. Oś III Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju Działanie 3.1 Kompetencje w szkolnictwie wyższym POWR.03.01.00-IP.08-00-PKN/18 "Programy Kształcenia Nauczycieli"



$$W = \Delta E_k = E_{k \text{ końco}} - E_{k \text{ pocz}} = \frac{1}{2} m v_{\text{końco}}^2 - \frac{1}{2} m v_{\text{pocz}}^2$$

gdzie: $v_{\text{końco}}$ – końcowa wartość prędkości ciała,
 v_{pocz} – początkowa wartość prędkości ciała.

Bezpieczeństwo

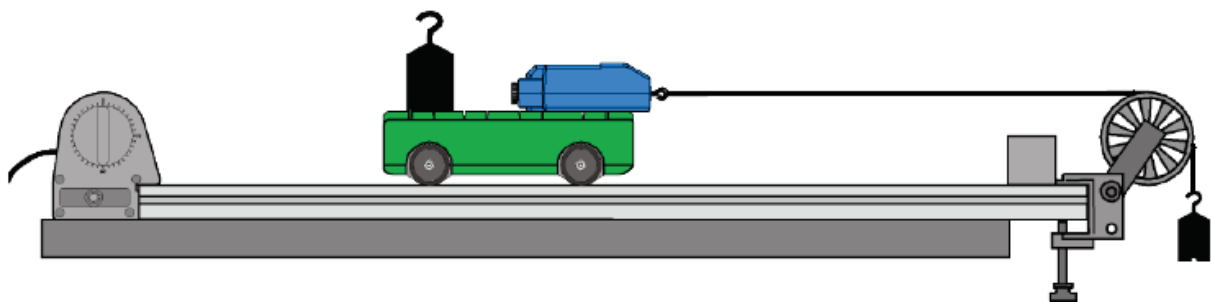
Postępuj zgodnie z instrukcjami załączonymi do sprzętu oraz z instrukcją BHP znajdująca się w laboratorium.

Uruchomienie sprzętu i programu

1. Włącz zasilanie w wózku *Pasco wireless smart cart*. Zielona dioda powinna migać.
2. Umieść wózek na poziomym aluminiowym torze.
3. Uruchom z pulpitu komputera program SARKvue.
4. Wybierz opcję *Dane czujnika*.
5. Wybierz urządzenie bezprzewodowe do podłączenia i kliknij na *Smart Cart*. Nastąpi połączenie z wózkiem.
6. Następnie wybierz *Smart Cart czujnik położenia* i zaznacz *prędkość*.
7. W opcji *Smart Cart czujnik siły* zaznacz *siła*. Pozostałe małe kwadraty powinny być puste.
8. W prawym górnym rogu na ekranie znajdują się *Szablony*. Kliknij na ikonie *Wykres*. Na ekranie wyświetlone zostaną dwa wykresy $v(t)$ i $F(t)$.
9. Pomiar prędkości i siły można uruchomić naciskając zielony przycisk *Start*. W celu zatrzymania pomiaru naciśnij czerwony przycisk *Zatrzymaj*.
10. Aby usunąć niepotrzebne dane na wykresie odznacz kwadrat przy napisie np. *Seria 1*.
11. Dane, które Twoim zdaniem mogą być przydatne do sprawozdania, zapisz na dysku twardym (lepiej zapisać większą ilość przebiegów pomiarowych, ale oczywiście nie wszystkie). W lewym górnym rogu kliknij na ikonę *Menu główne*, a następnie wybierz opcję *Zapisz jako*.

Zadania do wykonania:

1. Na stole umieść aluminiowy tor i wypoziomuj go kręcąc nóżkami. Postaw na torze wózek. Jeśli wózek porusza się po torze, obniż lub podwyższ jeden z końców toru. Ustaw tor tak, aby wózek się nie poruszał.
2. Na końcu aluminiowego toru przymocuj krążek.



Rys.1. Zestaw pomiarowy na aluminiowym torze

3. Zamontuj na przeciwnym końcu toru czujnik ruchu i wyreguluj czujnik tak, aby był ustawiony dokładnie naprzeciw krążka.
4. Umieść wózek z czujnikiem siły na aluminiowym torze.
5. Przełóż nić przez krążek, zawieś odważnik 50 g na końcu nici o długości ok. 1 m i przymocuj drugi koniec nici do haczyka czujnika siły, który umieszczony jest na wózku.
6. Użyj czujnika siły i zmierz jaką siłą działa odważnik na wózek. Czujnik ruchu zmierzy położenia wózka, który jest ciągnięty za pomocą nici i ciężarka.
7. Uruchom w programie SPARKvue pomiar prędkości i siły. Zapisz dane na twardy dysk komputera.
8. Połóż na wadze wózek, nić i „wiszący” odważnik, zważ je razem i zapisz całkowitą masę. Energia kinetyczna zależy od całkowitej masy, która się porusza. Połóż z powrotem wózek, nić i „wiszący” odważnik na torze.
9. Powtórz doświadczenie pięć razy dla różnych mas zawieszonych na nici: 50 g (jeden ciężarek), 100 g (dwa ciężarki po 50 g), 150 g (trzy ciężarki), 200 g (cztery ciężarki), 250 g (pięć ciężarków).

Wyznacz pracę wykonaną przez siłę wprawiającą w ruch wózek oraz końcową energię kinetyczną układu. Porównaj wykonaną pracę z końcową energią kinetyczną.

Przewidywania

1. Co się stanie z energią kinetyczną wózka, jeśli wykonana praca spowoduje, że wózek przyspieszy?
2. Jak będzie wyglądało porównanie wykonanej pracy nad wózkiem i jego końcowej energii kinetycznej?

Analiza

1. Skorzystaj z okna wykresu nr 1, żeby zbadać zależność prędkości wózka od czasu.
2. Ustaw kursor w maksimum prędkości i zapisz jej wartość w tabeli danych.
3. Na drugim wykresie zbadaj zależność siły działającej na wózek od położenia wózka.
4. Na podstawie wykresu $F(x)$ siły od położenia wyznacz pole powierzchni między krzywą a osią X. W ten sposób można obliczyć wartość wykonanej pracy.
5. Oblicz energię kinetyczną układu. Skorzystaj z odczytanej maksymalnej wartości prędkości oraz zważonej masy całkowitej.

Zapisz swoje wyniki i odpowiedzi w raporcie.

Raport: Praca i energia

Imię i nazwisko Data

Przewidywania

1. Co się stanie z energią kinetyczną wózka, jeśli wykonana praca spowoduje, że wózek przyspieszy?
2. Jak będzie wyglądało porównanie wykonanej pracy nad wózkiem i jego końcowej energii kinetycznej?

Dane

Naszczuj wykres zależności prędkości od czasu oraz wykres zależności siły od położenia dla jednego z pomiarów. Pamiętaj o podpisaniu osi wielkościami fizycznymi i o zapisaniu ich jednostek.

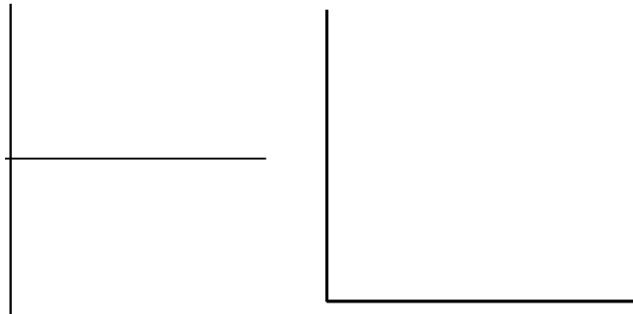


Tabela danych

Pomiar	Wartość
Całkowita masa układu	
Maksymalna prędkość	
Wykonana praca	
Końcowa energia kinetyczna	
Procentowa różnica	

Obliczenia

Oblicz końcową energię kinetyczną, jako masę przyjmij całkowitą masę układu, a za prędkość maksymalną prędkość wózka. Energię kinetyczną oblicza na podstawie wzoru:

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2,$$

gdzie: m – masa układu, v – wartość prędkości. Oblicz procentową różnicę między wykonaną pracą (pole pod wykresem krzywej) i końcową energią kinetyczną:

$$roznica \% = \left| \frac{W - E_{kin}}{W} \right| \cdot 100\%$$

Pytania

1. Co się dzieje z energią kinetyczną, gdy wykonywana jest praca nad układem?
2. Porównaj końcową energię kinetyczną z wykonaną pracą.
3. Energia kinetyczna jest mierzona w dżulach – J, a praca jest mierzona w N·m. Jaka jest zależność między dżulem a N·m?
4. Czy Twoje wyniki pokrywają się z przewidywaniami?

Literatura:

1. G. Karwasz, Dzienniczek gimnazjalisty, Rozdział III: Energia i moc
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/491
2. G. Karwasz, M. Sadowska, K. Rochowicz, Toruński poręcznik do fizyki. Mechanika, Toruń 2016. http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163
3. M. Sadowska, A. Karbowski, G. Karwasz, K. Służewski, K. Febus, K. Rochowicz. Toruński doświadczalnik. Toruń 2015.
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/TPSS/Pliki/Elektromagnetyzm_TPSS_opisy_doswiadczen.pdf
4. Czujnik ruchu firmy Pasco, PASPORT Morion Sensor,
https://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2103_pasport-motion-sensor/index.cfm

Opracowanie – dr Andrzej Karbowski.