

Człowiek – najlepsza inwestycja

FENIKS

- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Ruch

Dodatkowy pakiet dydaktyczny dla Beneficjentów Ostatecznych

Dr hab. Czesław Kizowski, prof. UR

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Rzeszowski
ul. Rejtana 16C, 35-311 Rzeszów*

<http://feniks.ujk.kielce.pl/>

<http://fonon.univ.rzeszow.pl>

Człowiek – najlepsza inwestycja

Spis treści zestaw I - Ruch

U.7.01

Dlaczego pęd jest stały?.

U.7.02

Energia nie znika.

U.7.03

Co wspólnego ma koło rowerowe i linka z giroskopem.

U.7.04

Jak porusza się kulka w powietrzu?

U.7.05

Na zakręcie zwolnij. Uwaga siła dośrodkowa!

U.7.01

Tytuł ćwiczenia:

Dlaczego pęd jest stały ?

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

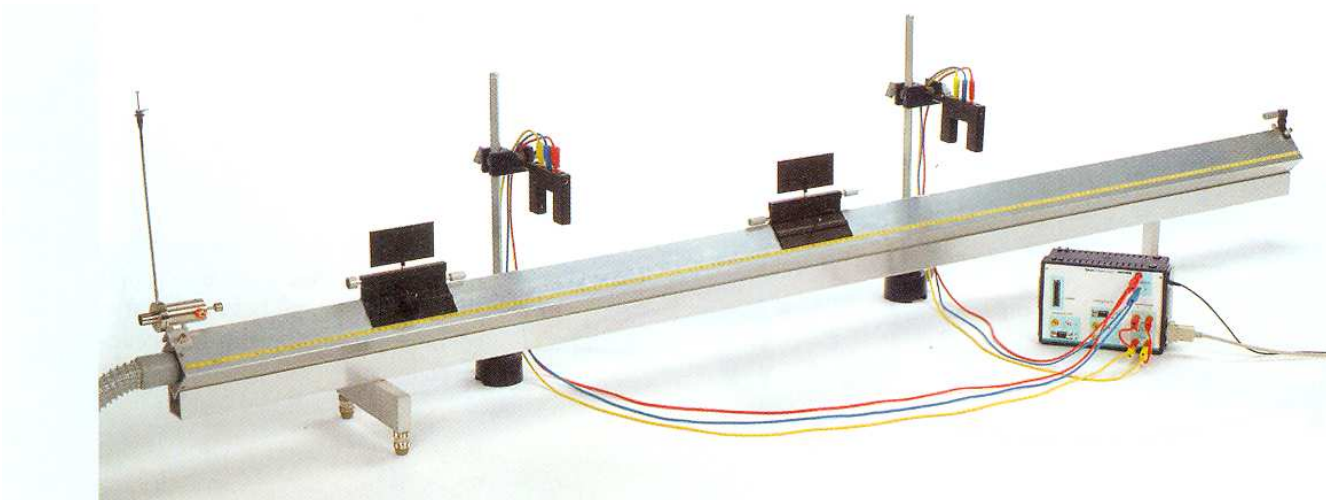
Cykl doświadczeń na u uczniów wytworzyć świadomość istnienia praw rządzących przebiegiem zjawiska i związków przyczynowo - skutkowych, co na poziomie jakościowym przejawia się przewidywaniem kierunku zmian jednej z wielkości, gdy znany jest kierunek zmian innej; ma rozwinąć umiejętność interpretowania danych eksperymentalnych, formułowanie hipotez roboczych i wniosków, planowanie odpowiednich procedur dla przeprowadzenia eksperymentu fizycznego, umiejętność zastosowania wzoru

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

i obliczenia wartości jednej z występujących w nim wielkości, gdy znane są wartości pozostałych.

Zasadę zachowania pędu będziemy badali w oparciu o ruchy wózków na torze powietrznym.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:



Rys.1.1 Tor powietrzny

Człowiek – najlepsza inwestycja

Wózki , przymiar liniowy, czasomierz elektroniczny (timer 2-1) z dwiema bramkami , tor powietrzny, plastelina, magnesy, igła bądź szpilka, starter mechaniczny, starter implozyjny, obciążniki.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

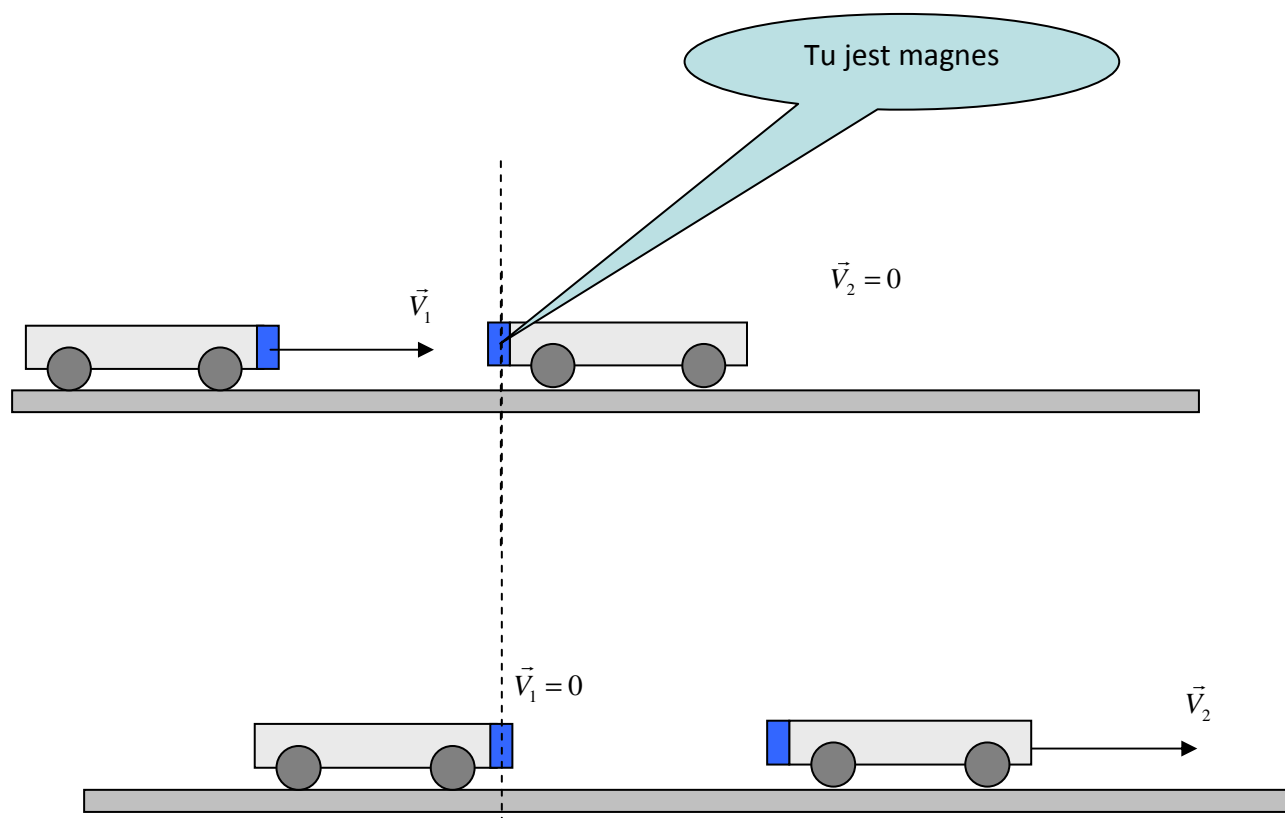
Podstawowy; pojęcia: siła, pęd, siła wypadkowa, ruch prostoliniowy, prędkość jako wektor, dodawanie wektorów w różnych przypadkach.

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia:

Część 1 ćwiczenia:

Na torze powietrznym stoi wózek.

Drugi wózek o masie równej pierwszemu posiadający prędkość \vec{v}_1 , zderza się ze stojącym



Rys.2.1 Schemat doświadczenia ,zderzenie wózków

Człowiek – najlepsza inwestycja

W wyniku zderzenia wózek, który się poruszał, zatrzymuje się, a ten, który stał – porusza się.

Mierząc czas ruchu pierwszego i drugiego wózka oraz drogę, można obliczyć wartość prędkości każdego z nich. Okaze się, że była jednakowa !!

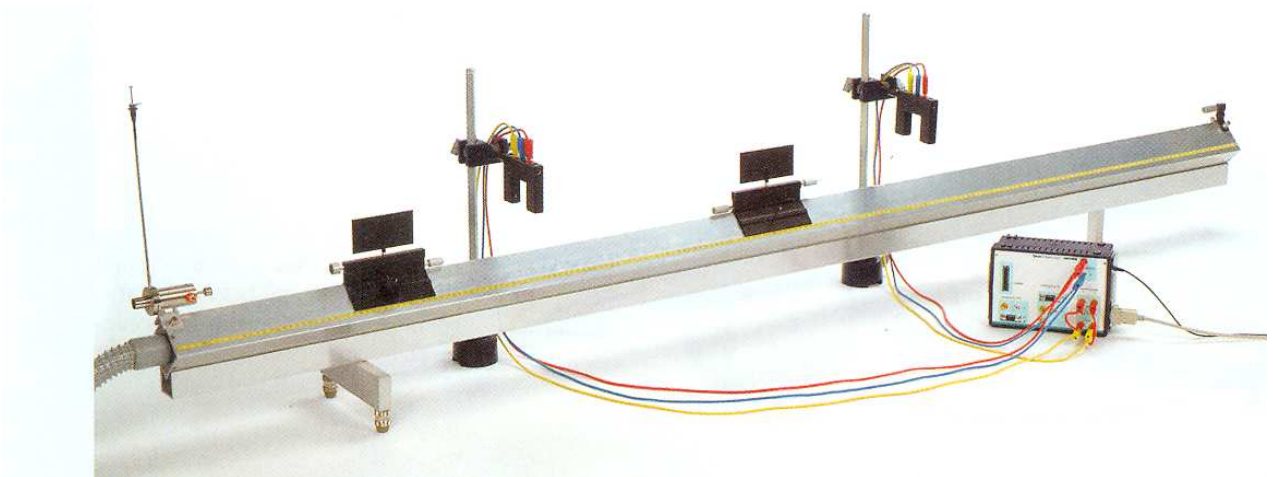
Część 2 ćwiczenia:

Ustaw dwa wózki o jednakowych masach tak jak pokazuje rysunek 3 . Połącz wózki

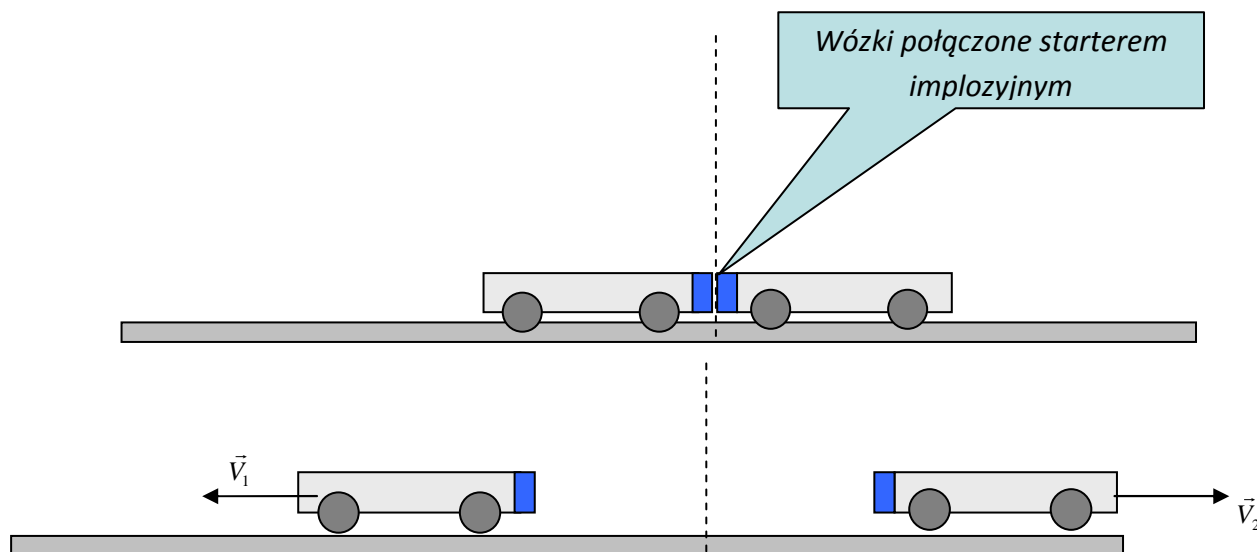


starterem implozyjnym.

Odnacz na torze jednakowy odcinki drogi po obu stronach.



Człowiek – najlepsza inwestycja



Rys.3.1 Wózki rozjadą się i pokonają te zaznaczone odcinki drogi

Pozwól aby zadziałał starter implozyjny – wózki rozjadą się i pokonają te zaznaczone odcinki drogi w tym samym czasie. (powtórz doświadczenie 5 razy).

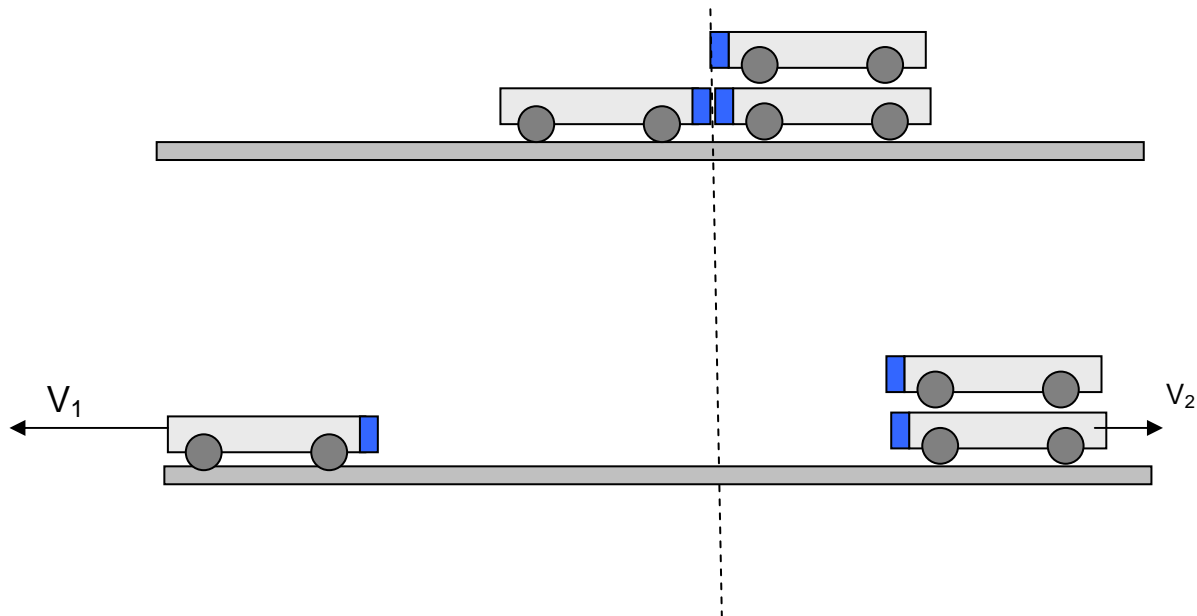
Oznacza to, że ich prędkość była jednakowa, co do wartości.

Część 3 ćwiczenia:

Ustaw wózki o różnych masach tak jak pokazuje rysunek poniżej. Połącz wózki starterem implozyjnym. Odznacz na torze jednakowy odcinki drogi po obu stronach.

Pozwól zadziałać starterowi implozyjnemu – wózki rozjadą się i pokonają te zaznaczone odcinki drogi w różnym czasie. Okazuje się, że ten, który miał masę np. dwa razy większą, uzyskał prędkość, dwa razy mniejszą.

Człowiek – najlepsza inwestycja

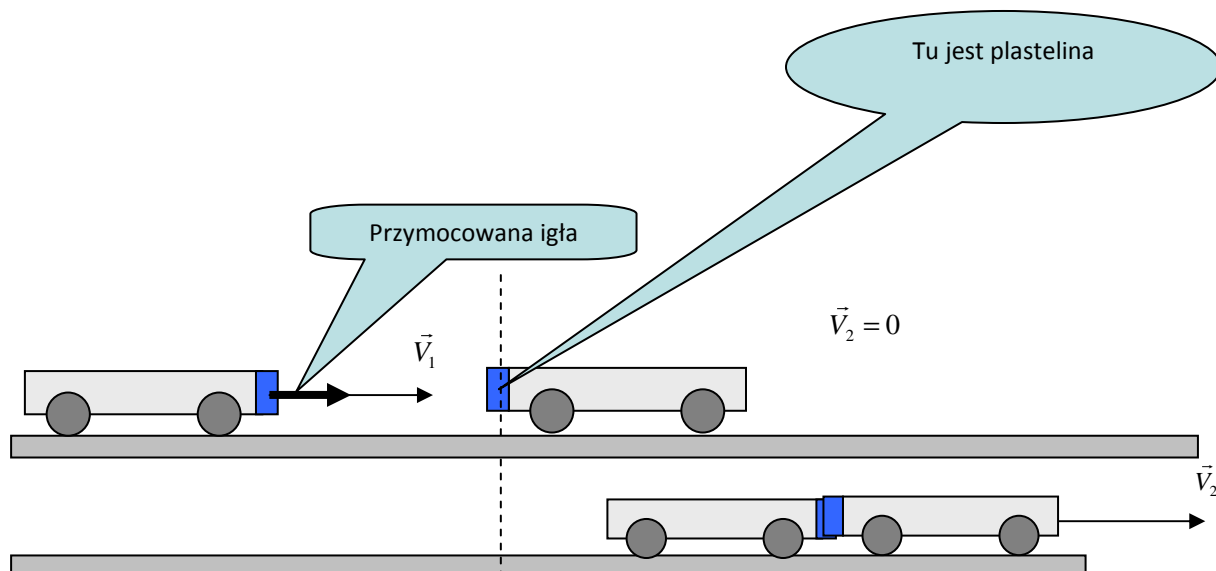


Rys.4.1 Wózek o masie dwa razy większej, uzyskał prędkość, dwa razy mniejszą.

Część 4 ćwiczenia:

Na torze powietrznym stoi wózek.

Drugi wózek o masie równej pierwszemu posiadający prędkość v_1 , zderza się ze stojącym



Rys.5.1. W wyniku zderzenia wózki zlepiają się

Człowiek – najlepsza inwestycja

W wyniku zderzenia wózki zlepiają się i razem poruszają się prawą stroną

Mierząc czas ruchu pierwszego i obu wózków po zlepieniu się, oraz drogę, można obliczyć wartość prędkości.

Jest ona dwukrotnie mniejsza dla zlepionych wózków od prędkości wózka pierwszego

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

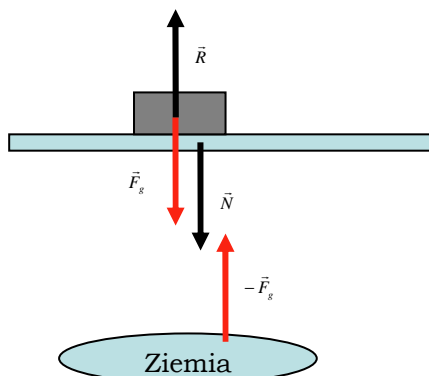
Zestawienie wyników eksperymentu w tabeli

Masa wózka	Prędkość przed zderzeniem	Prędkość po zderzeniu	Nr eksperymentu
M	$V_1, V_2=0$	$V_1=0, V_2; V_1=V_2$	1
M	$V_1=0, V_2=0$	$V_1, V_2; V_1=V_2$	2
m, 2m	$V_1=0, V_2=0$	$V_1, V_2; V_1=2V_2$	3
m, m	$V_1, V_2=0$	$V=2V_1$	4

Wniosek : Prędkość wózków po zderzeniu zależała od ich masy

Człowiek – najlepsza inwestycja

Analiza wyników



Rys.6.1 Wektory sił

We wszystkich eksperymentach ruch odbywał się wzdłuż jednej prostej.

Siła ciężkości była równoważona przez nadmuch toru, bądź siłę sprężystości podłoża (rysunek 6.1).

Wózki oddziaływały ze sobą w momentach zderzeń.

Oprócz sił występujących w momentach zderzeń nie działały inne siły.

Każdy wózek posiadał pęd $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Przeanalizujemy pęd układu wózków oddziałujących w przeprowadzonych eksperymentach.

Oznaczmy:

P_p - pęd układu wózków przed oddziaływaniem,

P_k - pęd układu wózków po oddziaływaniu.

W eksperymencie 1, jeden wózek poruszał się, drugi stał w miejscu. Pęd początkowy układu był równy pędowi pierwszego wózka.

Po zderzeniu wózki wymieniły się pędami.

W eksperymencie 2 pęd początkowy układu był równy zeru, bo oba wózki spoczywały. Po zadziałaniu startera wartości prędkości były równe, a ponieważ masy też były jednakowe, więc wartości pędów jednakowe.

Pędy te miały przeciwne zwroty, a więc ich suma wektorowa też była równa zeru. Zatem pęd układu po oddziaływaniu był równy pędowi przed oddziaływaniem.

W doświadczeniu 3 pęd początkowy również był równy zeru, bo wózki stały w miejscu.

Po zadziałaniu startera pęd jednego wynosił: $\vec{p}_1 = m \cdot \vec{v}_1$

Drugiego zaś odpowiednio $\vec{p}_2 = 2 \cdot m \cdot \vec{v}_2$

Zatem $\vec{p}_2 + \vec{p}_1 = 0$

W doświadczeniu 4 pęd początkowy układu - to pęd pierwszego wózka, pęd końcowy - to pęd wózków połączonych. Wartości tych pędów były takie same.

U.7.02

Tytuł ćwiczenia:

Energia nie znika?

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Umiejętność wykorzystania wiedzy o charakterze naukowym do identyfikowania i rozwiązywania problemów, a także formułowania wniosków opartych na obserwacjach empirycznych. Powyższe umiejętności rozwijane są w procesie tworzenia pojęcia zasada zachowania energii, podczas, którego uczeń wykorzystuje pojęcie energii i wymienia różne formy energii; opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii potencjalnej ciała; posługuje się pojęciem energii mechanicznej, jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Podstawowy; ciężar ciała, siła ciężkości, zderzenia sprężyste, energia kinetyczna i potencjalna grawitacji i sprężystości, spadek swobodny.

Człowiek – najlepsza inwestycja

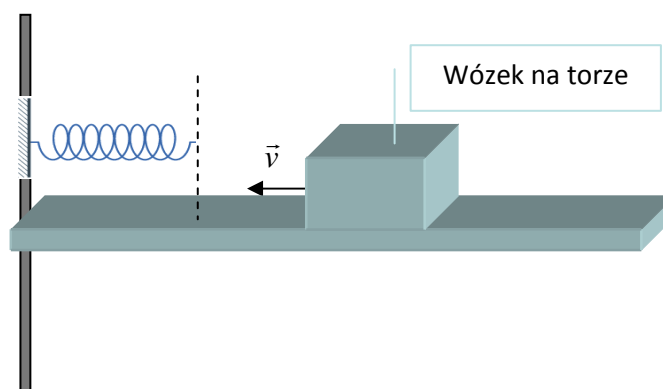
Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Tor powietrzny, wózek, sprężyna, czasomierz, przymiar milimetrový, koło Maxwella, sześć wahadeł matematycznych, szyba szklana, poziomnica, obciążnik 1kg,

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Część 1 ćwiczenia

Do statywu umocowanego do stołu przywiązana jest duża sprężyna. Naprzeciw niej w pewnej odległości na torze powietrznym umieszczony jest wózek.



Rys 1.2 Schemat eksperymentu

Człowiek – najlepsza inwestycja

Popchnięty (przez starter mechaniczny) w kierunku sprężyny wózek zgniata ją tracąc, do chwili zatrzymania, całkowicie swą energię kinetyczną. Sprężyna spręża się, przez co zwiększa się jej energia potencjalna sprężystości. Z kolei sprężyna rozprężając się rozpędza wózek. Energia kinetyczna wózka przechodzi w energię potencjalną sprężyny i na odwrót.



Rys.2.2

Wyznaczymy prędkość wózka przed zgnieciem sprężyny, oraz prędkość, jaką uzyska po rozprężeniu sprężyny. W tym eksperymencie wartość energii układu podczas jego trwania nie ulega .

Zmieniamy masę wózka i dalsze czynności jak w pierwszej części doświadczenia pamiętając by prędkość wózka była taka sama.

Część 2 ćwiczenia:

Koło Maxwella składa się z metalowego krążka K osadzonego na osi O. Na osi, po obu stronach krążka znajdują się przesłony zapobiegające wyłamaniu się koła i służą z pomocą fotobramki do pomiaru prędkości ruchu postępowego

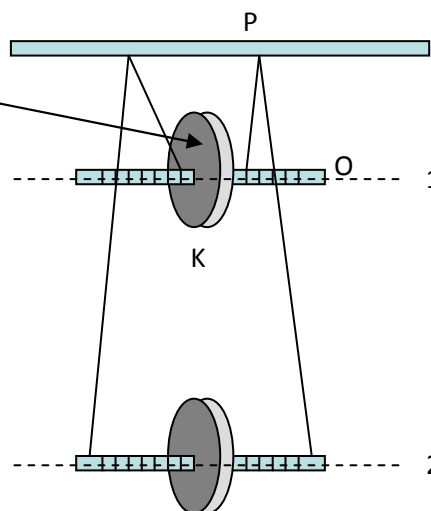
Człowiek – najlepsza inwestycja



fotobramka

Na osi nawinięte są symetrycznie nitki, których jedno końce przymocowane są do osi, drugie końce do poziomego pręta P osadzonego w uchwytach. Z pomocą uchwytu oraz wyzwalacza mechanicznego można uruchomić koło w zdefiniowanych warunkach. Dzięki temu można eksperymentalnie określić: energię ruchu postępowego i energię ruchu obrotowego.

Za pomocą koła Maxwella można pokazać przechodzenie energii potencjalnej wzniesionego koła (pozycja 1) w energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego koła. Koło opada z pozycji 1 do 2, a następnie wznosi się, ale trochę niżej niż do pozycji 1 ze względu na straty na inne rodzaje energii. (**wykonać** !)



$$E_c = mgh$$

$$E_c = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

Rys.3.2 Koło Maxwella

Energia kinetyczna wzrasta(prędkość rośnie) w miarę spadania koła. Z faktu, że wzrosła energia kinetyczna, możemy od razu wywnioskować o zmniejszeniu energii potencjalnej

Człowiek – najlepsza inwestycja

- bo suma tych dwóch składników musi być stała. I w ten sposób możemy np. obliczyć energię kinetyczną ruchu obrotowego koła. Z zasady wynika, że jeśli znamy całkowitą energię w pewnym momencie, a następnie tylko jeden ze składników w innym momencie, to możemy obliczyć wartość tego brakującego składnika.

Oto krótka charakterystyka tych czynności:

- co musisz głównie (przede wszystkim) obserwować?,
- co masz mierzyć?,
- co będziesz zmieniał w układzie aby wpływać na przebieg zjawiska (procesu)?

Dane techniczne: (informacje od producenta przyrządu)

Średnica koła ok.130 mm;

Masa koła ok.470 g;

Moment nośny ok. 10kg / cm ;

Długość sznura ok.80 mm;

Średnica przysłony 20 mm.

A. Obliczyć energię ruchu obrotowego w dwu położeniach:

a. koło znajduje się w połowie rozwiniętej nici $h=30\text{cm}$

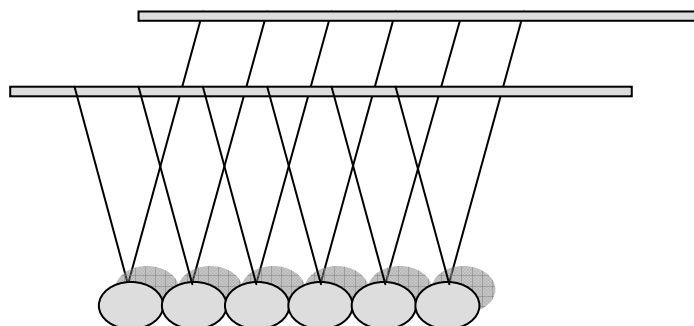
b. koło znajduje się na końcu drogi w położeniu dolnym $h= 40\text{cm}$?

B. Obliczyć moment bezwładności koła ?

Część 3 ćwiczenia:

Na poziomych prętach zawieszonych jest sześć stalowych kul. Każda kula wisi na dwóch nitkach, aby wahania odbywały się w jednej płaszczyźnie. Część kul można umieścić w gniazdach w bocznej ramie rys. 4.2 stawiamy dwie kule. Po odchyleniu jednej z nich puszczamy ją. W chwili uderzenia zatrzymuje się ona, a druga odskakuje na prawie tę samą wysokość jak była pierwsza. Następnie kula druga uderza w pierwszą i zatrzymuje się, zaś odskakuje kula pierwsza itd.

Następnie pozostawiamy wszystkie kule. Po odchyleniu skrajnej lewej kuli i puszczeniu jej, odskakuje ostatnia prawa kula, a lewa pozostaje w spoczynku (pozostałe kule są w spoczynku). Jeżeli odchylić dwie kule z lewej strony, to po zderzeniu odskoczą dwie kule z prawej strony. Jeżeli odchylić trzy kule z lewej strony, to po zderzeniu odskoczą trzy kule z prawej strony. Jeżeli natomiast odchylimy cztery kule z lewej strony, to po zderzeniu odskoczą także cztery kule z prawej strony.



Rys.4.2 Centralne zderzenia stalowych kul

Wyjaśnić efekt eksperymentu z punktu widzenia zasady zachowania energii i pędu

Człowiek – najlepsza inwestycja

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Część 1 ćwiczenia:

Tor powietrzny musi być dokładnie wypoziomowana. Na początku eksperymentu nadajemy wózkowi prędkość. Oczywiście jej wartość jest stała. Można ją wyznaczyć mierząc przebyta drogę i czas i którym ta droga została przebyta. Wózek uderza w sprężynę posiadając energię kinetyczną $E_k = \frac{mV^2}{2}$ i zatrzymuje się po sprężeniu sprężyny bardzo krótki odstęp czasu. W procesie sprężania zmniejsza się energia kinetyczna wózka by w chwili maksymalnego sprężenia przyjąć wartość zero. Jednocześnie zwiększa się energia potencjalna sprężyny $E_p = \frac{kx^2}{2}$ i przyjmuje wartość maksymalną w chwili, gdy sprężyna jest ściśnięta najwięcej. Po czym obserwujemy, że sprężyna się rozpręża udzielając przyspieszenia wózkowi, co powoduje zmianę prędkości. W chwili maksymalnego rozprężenia sprężyna przestaje oddziaływać z wózkiem, w związku z tym wartość jego prędkości nie ulega zmianie. Wózek porusza się ruchem jednostajnym. Obliczamy wartość prędkości swobodnego wózka. Oczywiście eksperyment należy wykonać kilka razy by można było wysnuć wniosek - energia wózka przed oddziaływaniem ze sprężyną i po tym procesie nie ulega zmianie.

Część 2 ćwiczenia:

Energia potencjalna koła Maxwella na początku wynosi $E_p = mgh$. Po czasie t energia kinetyczna ruchu obrotowego i postępowego wynosi $E_k = \frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$, gdzie V oznacza prędkość liniową środka koła. W najniższym położeniu koło osiąga największą prędkość w ruchu obrotowym i znów zaczyna się nawijać na nici. W zjawisku tym widzimy zamianę energii potencjalnej koła $E_p = mgh$, na energię kinetyczną ruchu

Człowiek – najlepsza inwestycja

obrotowego $E_{k,obr} = \frac{I\omega^2}{2}$. Można pokazać, że w całym procesie w całkowitej energii niewielki wkład ma energia kinetyczna ruchu postępowego

Część 3 ćwiczenia:

Zderzenie tych kul można uważać za sprężyste zderzenie centralne. Spełnione są zatem zasady zachowania energii i pędu. W związku z tym energia kul przed zderzeniem będzie taka sama jak przed zderzeniem. Stąd po zderzeniu, jeżeli ich pewna ilość była wychylona, pozostałe były nieruchome tyle samo się odchyli w lewo unosząc pęd i energię.

U.7.03

Tytuł ćwiczenia:

Co wspólnego ma koło rowerowe i linka z giroskopem.

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Praktyczne wykorzystanie zasad dynamiki dla ruchu obrotowego. Zasada działania giroskopów jest oparta na drugiej zasadzie dynamiki Newtona dla ruchu obrotowego, z której wynika, że ciało wykonujące taki ruch przeciwdziała zaburzającemu wpływowi zewnętrznego momentu siły poprzez precesję (powolny obrót osi obrotu) w kierunku prostopadłym do kierunku działania tego momentu

Eksperyment wykonujemy posługując się giroskopem. Przy pomocy nitki „rozpędzamy” wirnik (bąk) giroskopu i obserwujemy jego zachowanie.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Podstawowy: zasady dynamiki Newtona, ruch obrotowy bryły sztywnej, prędkość kątowna, równania liniowe, umiejętność przekształcania wzorów, dodawanie wektorów.

Człowiek – najlepsza inwestycja

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:



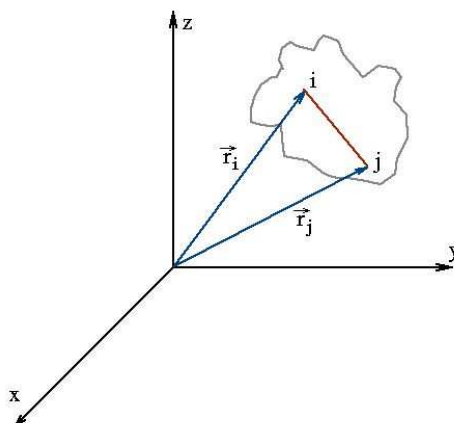
Rys..1.3 giroskop

giroskop, obciążniki, stoper, bramka z licznikiem obrotów ,zasilacz, nitka

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie teoretyczne:

Bryłą sztywną nazywamy takie ciało, w którym wszystkie punkty mają zawsze względem siebie stałą odległość.

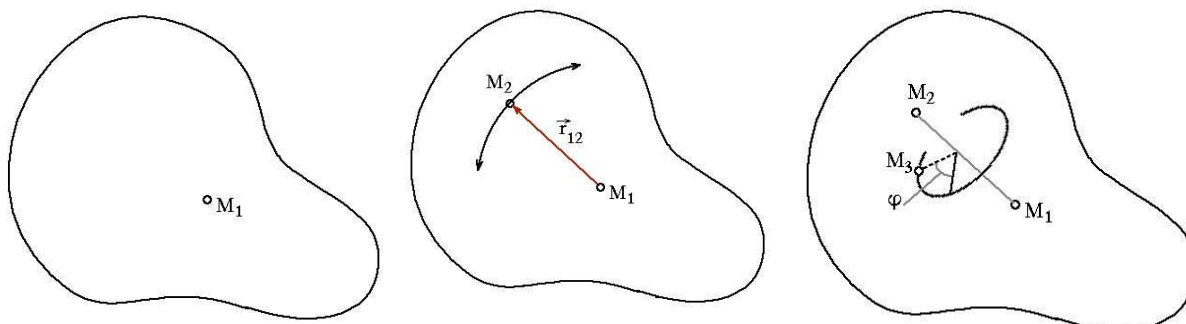


Rys. 2.3 Dla bryły sztywnej r_{ij} nie zależy od czasu

Podczas ruchu układ punktów materialnych składających się na bryłę sztywną porusza się, jako całość o nie zmieniającej się postaci i objętości

Bryła sztywna ma 6 stopni swobody w ruchu swobodnym.

Człowiek – najlepsza inwestycja



Rys. 3.3

W ogólnym przypadku bryła sztywna porusza się dwoma rodzajami ruchów: postępowym i obrotowym.

Ruch postępowy:

dowolna prosta przeprowadzona przez bryłę sztywną przesuwa się równolegle do samej siebie, wektory prędkości wszystkich punktów bryły sztywnej są w danej chwili jednakowe.

Ruch obrotowy:

wszystkie punkty bryły sztywnej poruszają się po okręgach, których środki leżą na jednej wspólnej prostej zwanej chwilową osią obrotu.

Część 1 ćwiczenia

obserwacja zjawiska żyroskopowego, precesji i nutacji oraz sprawdzenie liniowej zależności okresu ruchu precesyjnego od częstości obrotów bąka przy ustalonym momencie siły.

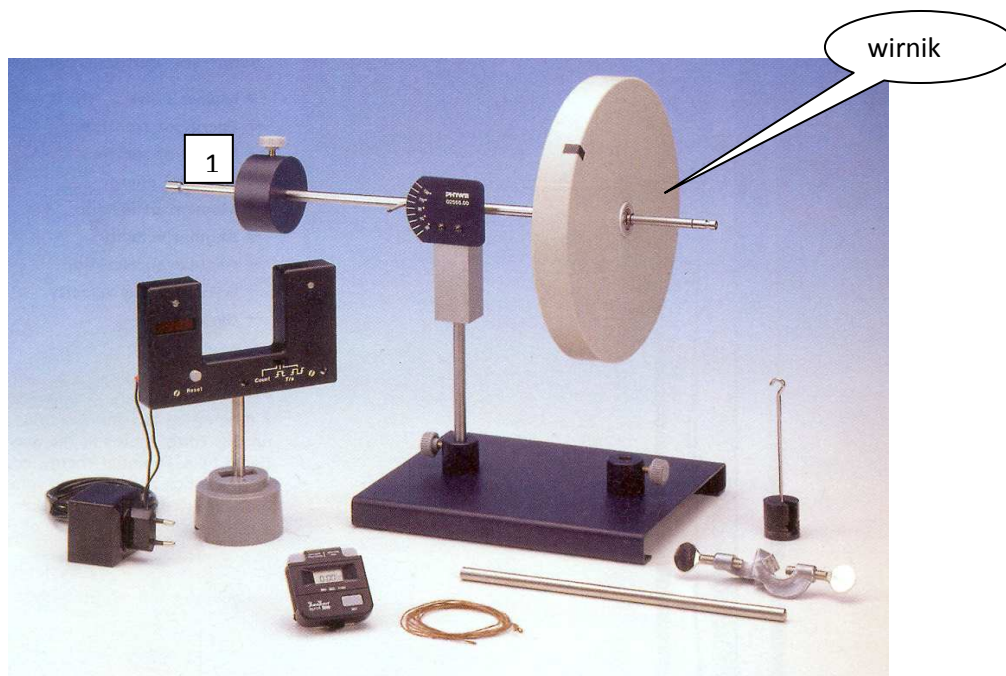
Wymiary wirnika:

- średnica wirnika 245 mm;
- grubość wirnika 28 mm;
- masa wirnika 1317 g

Drażek statywu 25cm

Zjawiska obserwowane podczas ruchu żyroskopu

Giroskop (żyroskop). Na pręcie metalowym umieszczony jest wirnik (rys.4.3)



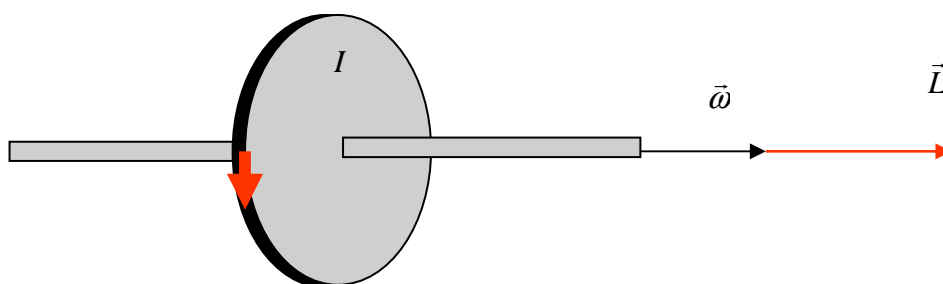
Człowiek – najlepsza inwestycja

Rys4.3 Żyroskop może być wyposażony w dodatkową tarczę wirującą, służącą głównie do demonstracji, że przy jednakowej liczbie obrotowej tarczy wirującej w kierunku przeciwnym wszystkie opisane niżej zjawiska zanikają.

Całość znajduje się na ramieniu wagi, którą równoważymy obciążnikiem na drugim ramieniu. Oba ramiona mogą obracać się dookoła pionowej osi i dookoła osi poziomej. Oś obrotu wirnika pokrywa się z ramieniem wagi i kierunkiem jego osi symetrii.

Żyroskop jest bryłą sztywną o symetrii obrotowej, mogącą wykonywać dzięki specjalnej konstrukcji ruch obrotowy wokół trzech wzajemnie prostopadłych osi (rys. 4.3). Ruchem żyroskopu rządzą zasady dynamiki bryły sztywnej.

Oś bryły jest osią maksymalnego momentu bezwładności, jest więc swobodną, stabilną osią obrotu. Stanowi ją dźwignia dwustronna. Na jednym z jej ramion umieszczona jest wirująca tarcza (bąk), na drugim zaś obciążnik. Przesunięcie ciężarka, gdy bąk jest nieruchomy sprawia, że żyroskop zachowuje się jak dźwignia zwykłej wagi; następuje obrót dźwigni wokół osi poziomej. Jeśli zrównoważymy dźwignię, a następnie wprowadzimy bąk w szybki ruch obrotowy, równowaga pozostanie nadal niezakłócona.



$$\vec{L} = I\vec{\omega}$$

Przenoszenie podstawy i zmiana jej orientacji nie wpływają na ustawienie dźwigni w przestrzeni. Zachowanie to, zgodne z bezwładnością osi żyroskopu, nazywamy zjawiskiem żyroskopowym. Zwykle zjawisku precesji towarzyszy zjawisko nutacji. Koniec osi żyroskopu

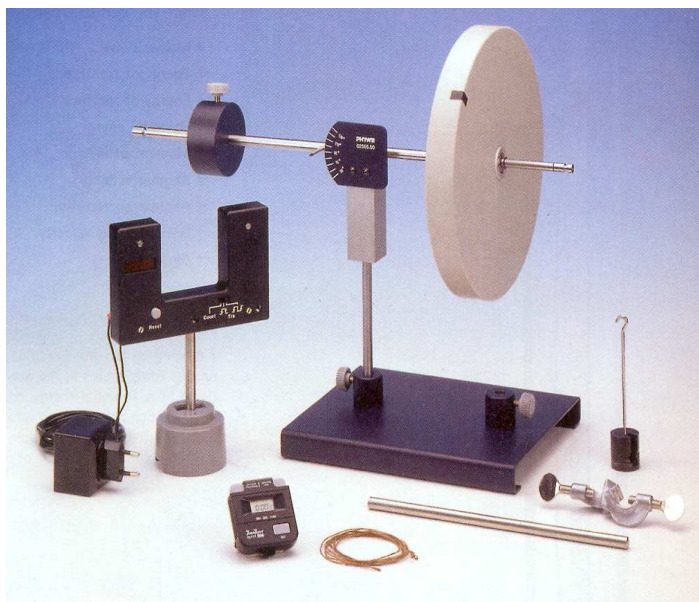
Człowiek – najlepsza inwestycja

wykonując ruch precesyjny po kole wykonuje równocześnie inny ruch okresowy po cykloidzie.

(wykonać !)

- ruch precesyjny giroskopu

Pręt poziomy wraz z wirnikiem i obciążnikiem znajduje się w równowadze. Koniec cienkiego, mocnego sznurka przewlekamy przez otwór znajdujący się na osi wirnika (rys.5.3).



Rys.5.3

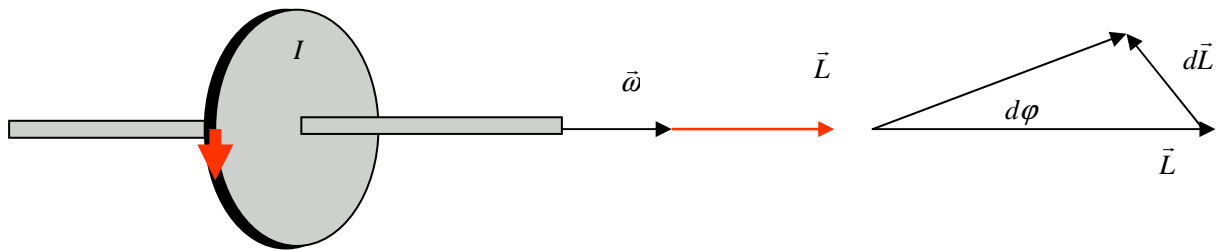
Obracając ręką wirnik nawijamy równo na oś i uważamy, żeby nie wkręcił się w łożysko. Przytrzymujemy ręką obciążnik 1 (rys.4.3), a szybkim ruchem ciągniemy za sznurek prostopadle do osi. W ten sposób wprawiamy wirnik w ruch obrotowy. Powinien wirować tak prędko, żeby prawie nie było widać czarnego znaczka na obwodzie.

Człowiek – najlepsza inwestycja

Zawieszamy mały obciążnik. Przy szybkich obrotach wirnika dodatkowy obciążnik nie przechyli pręta, natomiast rozpocznie się ruch w płaszczyźnie poziomej koło pionowej osi przyrządu. Kierunek ruchu będzie zależał od tego, na którym końcu zawiesimy dodatkowe obciążenie.

Wartość częstotliwości precesji znajdziemy z prostego rozumowania.

Jeżeli po czasie dt oś żyroskopu skręci o kąt $d\varphi$, to moment pędu L przyrośnie o wartość $dL = L d\varphi$.



Dzieląc równanie $dL = L d\varphi$ obustronnie przez dt i pamiętając, że $L = I\omega$, mamy

$$\frac{dL}{dt} = M = L \frac{d\varphi}{dt} = L\Omega = I\omega\Omega$$

znajdujemy związek między obiema częstotliwościami kątowymi w postaci

$$\omega\Omega = \frac{M}{I}$$

Człowiek – najlepsza inwestycja

biorąc pod uwagę, że $\omega = \frac{2\pi}{T}$ oraz $\Omega = \frac{2\pi}{T_p}$

otrzymujemy

$$T_p = \frac{4\pi^2 I}{M} n$$

Bąk wprawiany w ruch obrotowy. Dokonujemy pomiaru liczby obrotów bąka n , dla ustalonych momentów siły \mathbf{M} .

Zmieniając liczbę obrotów bąka czekamy każdorazowo na ich ustalenie się.

Sporządzamy wykresy. Obliczamy moment bezwładności bąka

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Bąk o momencie bezwładności I , wprawiony w ruch obrotowy z prędkością kątową ω , ma moment pędu

$$\vec{L} = I\vec{\omega}$$

W przypadku obserwacji zjawiska żyroskopowego wypadkowy moment sił $\vec{M} = 0$, moment pędu jest zachowany ($\frac{dL}{dt} = 0$). Moment bezwładności jest stały, wobec czego $\omega = \text{const}$.

Żyroskop zachowuje stałą co do wartości i kierunku prędkość kątową.

Przesunięcie obciążnika z położenia równowagi r_0 w położenie r wywoła powstanie momentu siły M

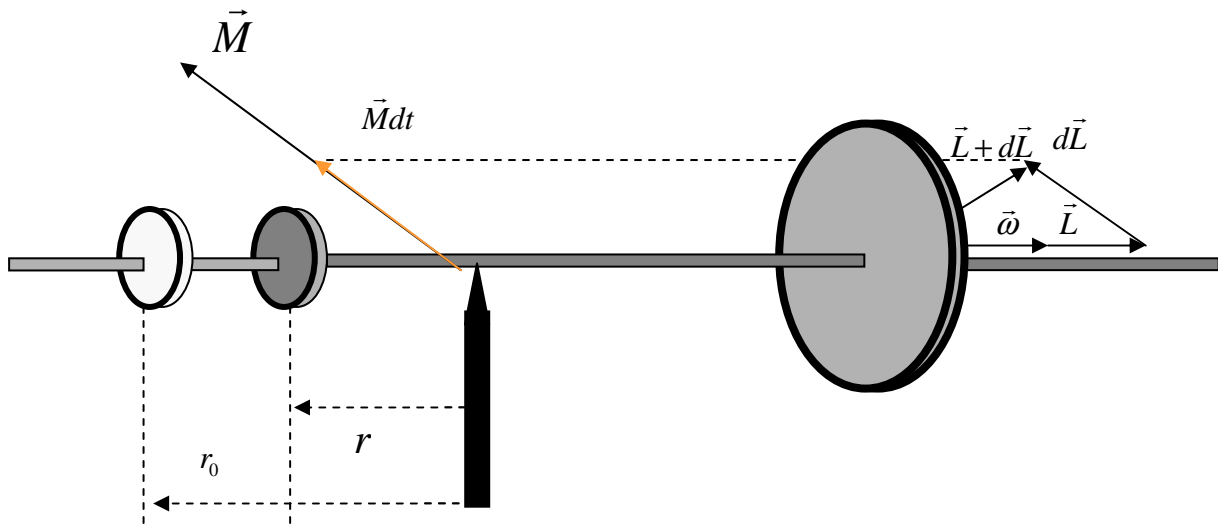
$$\vec{M} = m(\vec{r} - \vec{r}_0) \times \vec{g}$$

Który wywoła zmianę momentu pędu żyroskopu

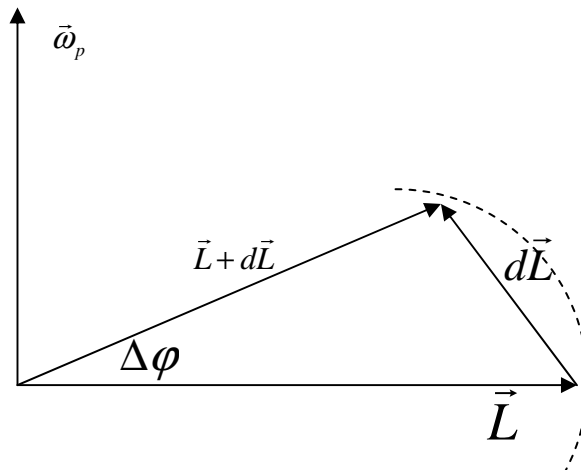
Człowiek – najlepsza inwestycja

$$d\vec{L} = \vec{M}dt$$

Wektor $d\vec{L}$ ma kierunek \vec{M} . Jest więc prostopadły do wektora \vec{L} i jako taki nie zmienia wartości wektora \vec{L} , lecz tylko jego kierunek (rys. 6.3)



Rys.6.3



Rys.7.3

Wektor momentu pędu będzie zmieniał swój kierunek obracając się wokół osi pionowej z prędkością ω w ruchu precesyjnego. Jak wynika z rysunku 7.3

$$\vec{\omega}_p = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

Człowiek – najlepsza inwestycja

Moment siły równa się $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{L\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t}$

A jego wartość wynosi

$$M = L\omega_p = I\omega\omega_p$$

I ostatecznie $\omega_p = \frac{M}{I\omega}$ lub $T_p = 2\pi \frac{I\omega}{M}$

U.7.04

Tytuł ćwiczenia:

Jak porusza się kulka w powietrzu?

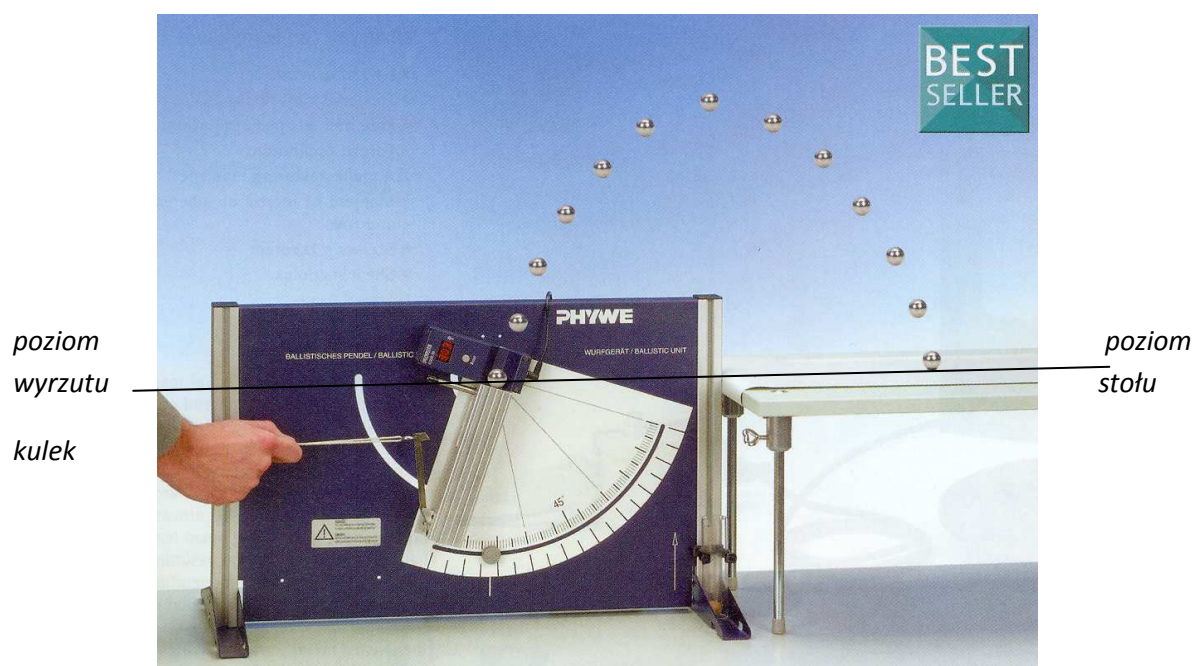
Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Kształcenie zdolności dostrzegania związków i zależności między wielkościami opisującymi ruch oraz zdolności logicznego myślenia. W tym zakresie: na podstawie wyników uzyskanych w doświadczeniu narysować wykres zależności drogi od kąta w rzucie ukośnym. Bada także rzuty. Dobrym miejscem jest tu wspomnienie o doświadczeniach Galileusza. W roku 1600 wykonał spektakularny eksperyment dowodzący, że czas trwania spadku swobodnego nie zależy od masy ciała. Galileusz dokonał tego puszczając różne przedmioty z Krzywej wieży w Pizie. W istocie uczoney wykazał tym doświadczeniem niezależność przyspieszenia ziemskiego od masy.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Podstawowy; siła ciężkości, przyspieszenie, przyspieszenie ziemskie, kinematyka ruchu prostoliniowego jednostajnie przyspieszonego, II zasada dynamiki Newtona, prawo powszechnego ciążenia, wykres paraboli i linii prostej, umiejętność odczytywania informacji zawartych na wykresie np. współczynnik kierunkowy prostej, linearyzacja itp.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów: wyrzutnia pocisków(rys.1)



Rys.1.4 Wyrzutnia pocisków

Wyrzutnia posiada zasięg wyrzutu do 3 m. Wysoka stabilność mechaniczna i dokładność gwarantują rozrzut kuli wynoszący około 1%. Kula mocowana magnetycznie do wyrzutnika jest wystrzeliwana pod dowolnym kątem między 0 (poziomo) lub 90 stopni (pionowo). Szybkość wystrzału jest wybieralna. Zasięg lotu jest mierzony z pomocą taśmy.

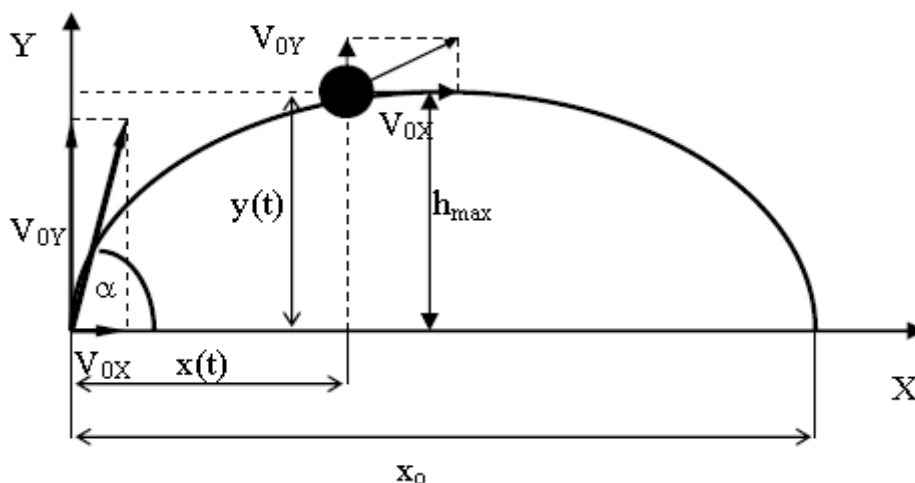
Działanie wyrzutni oparte jest na zasadzie zamiany energii potencjalnej na kinetyczną. Wartość energii potencjalnej będzie zależała od tego, na którym wycięciu zostanie unieruchomiona sprężyna. Po nałożeniu kuli i zwolnieniu odkształconej sprężyny przez pociągnięcie dźwigni następuje zamiana energii potencjalnej sprężyny na energię kinetyczną

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \text{ wyrzucanej kulki.}$$

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Część 1 ćwiczenia

Wyrzutnię zamocować pod odpowiednim kątem α do poziomu. Wybrać kulkę metalową.



Wykonać pomiary zasięgu rzutu przy tej samej prędkości rzutu dla różnych kątów α co 5° i wykonać wykres.

Z wykresu odczytać następujące informacje:

- Dla jakiego kąta α wyrzutu, zasięg jest maksymalny.

Człowiek – najlepsza inwestycja

- Dla jakich dwu położenia wyrzutni, zasięg rzutu jest taki sam.

Korzystając, ze wzoru $x_0 = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$ wyznaczyć prędkość początkową v_0 kulki metalowej

(pamiętaj o tablicach trygonometrycznych, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$).

Wymienione wyżej czynności dokonać dla dwu położenia sprężyny wyrzutni.

Część 2 ćwiczenia

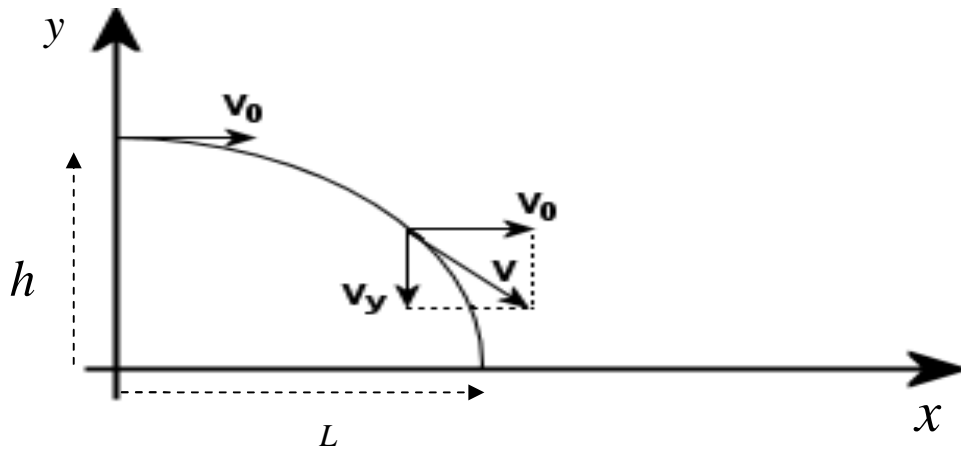
Sprawdzenie słuszności przewidywań

Celem tego doświadczenia będzie sprawdzenie słuszności wzoru na zasięg rzutu poziomego

- Ustawiamy wylot kulki na pewnej wysokości h ustawiamy wyrzutnik na kat 0^0 .



Człowiek – najlepsza inwestycja



- Wyznaczoną wartość prędkości początkowej dla wybranego położenia sprężyny wyrzutni, podstaw do wzoru $L = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (zasięg rzutu poziomego) i oblicz wartość L.
- Wykonać eksperyment dla kulki metalowej. Po wykonaniu pomiaru L, porównać z wartością wyżej obliczoną.
- Opisane doświadczenie należy powtórzyć stosując kulkę drewnianą.

Wyciągnij stosowne wnioski!

U7.05

Tytuł ćwiczenia:

Na zakręcie zwolnij. Uwaga siła dośrodkowa!

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Uczeń posługuje się pojęciami i wielkościami fizycznymi do opisywania zjawisk związanych z: ruchem obrotowym, podstawowymi rodzajami oddziaływań w przyrodzie, oblicza wielkości fizyczne z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych, rysuje schemat układu doświadczalnego lub schemat modelujący zjawisko,

W tym zakresie:

- w oparciu o cechy sił występujących podczas wzajemnego oddziaływania ciał formułuje pojęcie siły dośrodkowej,
- formułuje pogląd, że siły równoważą się, jeżeli są przyłożone do tego samego ciała i ich wypadkowa jest równa zero. (Wskazuje źródło siły dośrodkowej)

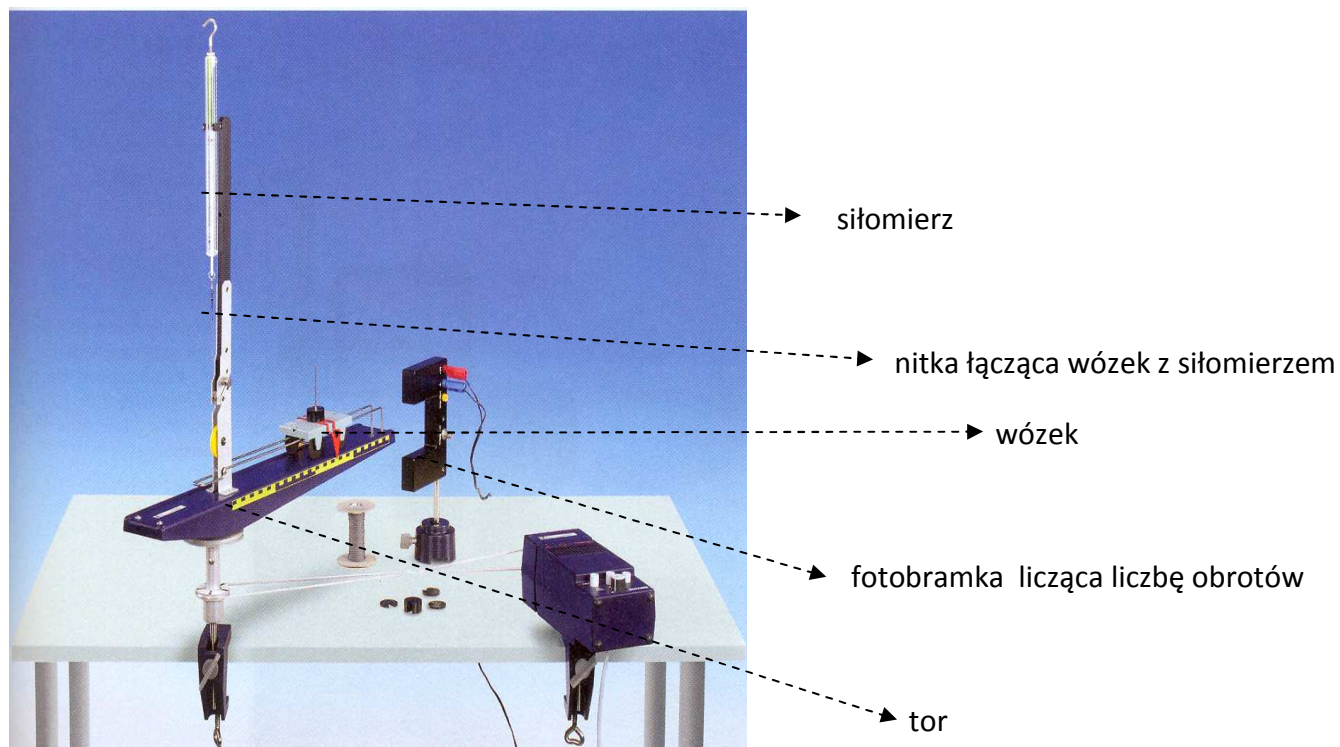
Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Podstawowy; siła ciężkości, siła dośrodkowa, prędkość kątowna, pojęcie prędkości, umiejętność określania niepewności pomiarowych, układ nieinercjalny.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Przyrząd do siły dośrodkowej, wózek (w środkowej części górnej powierzchni posiada otwór do mocowania wspornika do odważników. masa 43 g; masa ze wspornikiem 50 g); fotobramka z zegarem,

Człowiek – najlepsza inwestycja



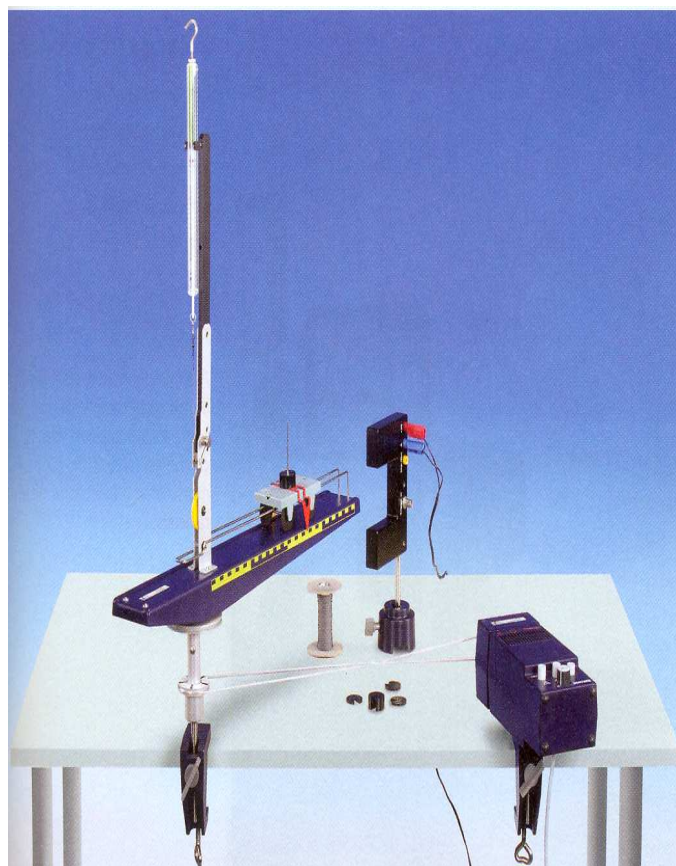
Rys.1.5

Przyrząd składa się z toru jezdny ze wspornikiem nałożonego na łożysko oporowe i wprawiany jest w ruch obrotowy z pomocą silnika. Na torze jest ustawiany wózek jezdny tak, że łuk mocujący uniemożliwia jego spadek z toru.

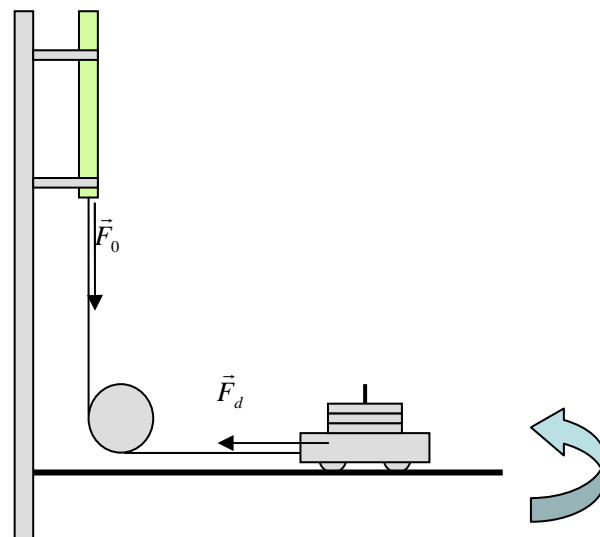
Do pomiaru siły wózek poprzez rolkę zmieniającą kierunek siły jest połączony poprzez sznur i łożysko zwalniające z siłomierzem.

Dane techniczne:

Długość toru: 570 mm
Długość skali: 400 mm
Podziałka skali: 1 mm



Rys.2.5



Zasada działania przyrządu

Rys.3.5

Przyrząd składamy zgodnie z rysunkiem 2.5 Do płyty stołu mocujemy dwa uchwyty jeden obok drugiego. W uchwytach osadzamy silnik i tor jezdny ze wspornikiem. Do wspornika mocujemy za pomocą łączników siłomierz sprężynowy (rurkowy) o skali 0 –1, 2 N. Na torze umieszczamy wózek i za pomocą nitki łączymy go (jak na rysunku 3.5) z haczykiem siłomierza. Należy pamiętać by górny odcinek żyłki poliamidowej był pionowym, a dolny wraz uchwytem wózka – poziomy.

Przy pomocy regulatora obrotów silnika ustawiamy wartość prędkości obrotowej przyrządu. (**bardzo wolno!!!!**)

Część 1 ćwiczenia

1. Siła dośrodkowa. Na torze umieszczamy wózek i zaczepiamy go do siłomierza. Długość linki (żyłki) regulujemy tak, aby po jej naprężeniu wózek znajdował się w pobliżu pionowego wspornika i wolniutko wprawiamy przyrząd w ruch. Wózek pod wpływem siły odśrodkowej (bezwładności) potoczy się w stronę końca toru i zatrzyma się wtedy, gdy

Człowiek – najlepsza inwestycja

napręży się linka, na której jest uwiązany. Siła naprężająca linkę nie tylko nie pozwala wózkowi toczyć się dalej, lecz zmusza go do wirowania po okręgu koła. Siła ta nazywa się siłą dośrodkową. Jest ona przyłożona do wózka, skierowana wzdłuż promienia i zwrócona ku osi obrotu, a więc ku środkowi okręgu, po którym wiruje wózek..

2. Pomiary siły dośrodkowej. W prowadnicy umieszczamy wózek o masie m (około 0,05 kg) i końcówkę żyłki zaczepiamy na haczyku siłomierza. Długość promienia wodzącego niech wynosi r (np. 0,225 m) . Wprawiamy przyrząd w ruch utrzymując stałe obroty – około $n = 1 \frac{\text{obr}}{\text{s}}$. Siłomierz wskazuje siłę F (np. 0,35 N.) Przy następnym pomiarze zmieniamy okres wykonując $1,2 - 1,6 \frac{\text{obr}}{\text{s}}$. Te i następne pomiary, które urozmaicamy zmieniając masę obciążników i długość promienia wodzącego, możemy wpisujemy do tabelki:

Nr pomiaru	Masa m , kg	Okres T , s	Promień r , m	Siła F , N
1	0,05	Okolo 1	0,225	0,35
2				

Na podstawie otrzymanych wyników można wyprowadzić wnioski, że wartość siły dośrodkowej F , działającej na ciało wirujące po okręgu, jest wprost proporcjonalna do masy ciała, promienia okręgu i kwadratu prędkości kątowej, albo odwrotnie proporcjonalna do kwadratu okresu.

Siłę F można wyliczyć stosując wzory:

$$F = \frac{4\pi^2}{T^2} m \cdot r = 4\pi^2 n^2 m r = m \omega^2 r$$

gdzie m – masa ciała, ω - prędkość kątowa, r – promień okręgu, T – okres, n – liczba całkowitych obrotów w sekundzie i porównać ze wskazaniem siłomierza,

2. Wykresy

Wykonaj wykresy;

- Zależności wartości siły dośrodkowej od prędkości kątowej ω .
- Zależności wartości siły dośrodkowej od masy wózka i obciążników.

Człowiek – najlepsza inwestycja

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

W ogólnym przypadku prawo ruchu ciała o masie m możemy zapisać w postaci

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -\nabla U + m\vec{r} \times \frac{d\vec{\omega}}{dt} + 2m\vec{v} \times \vec{\omega} + m\vec{\omega} \times (\vec{r} \times \vec{\omega}) - \vec{F}$$

Dla wózka zaś musimy uwzględnić fakt, że $U=0$, $\omega = \text{const.}$, $\vec{v} = \text{const} = 0$ (wózek nie porusza się względem toru, nie pozwala na to rozciągnięta sprężyna siłomierza)

otrzymujemy
$$\vec{F} = m\vec{\omega} \times (\vec{r} \times \vec{\omega})$$

uwzględniając, że
$$\vec{r} \perp \vec{\omega}$$

możemy napisać
$$F = m\omega^2 r$$