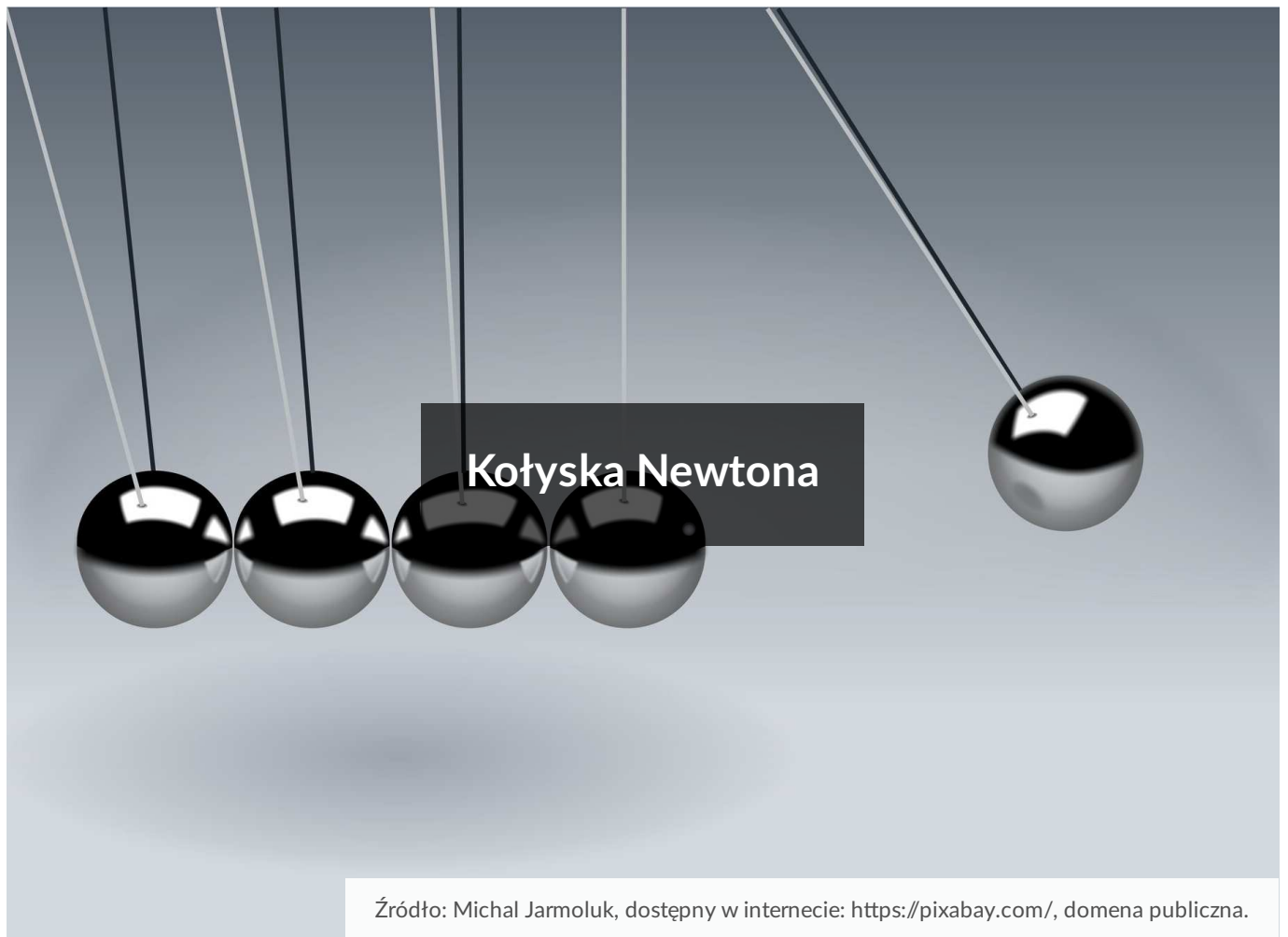




Kołyska Newtona



Wprowadzenie

Kołyska Newtona [njutyn] służy ilustracji **zasady zachowania energii** i **pędu** podczas **sprężystego zderzenia** kul. Składa się z kilku jednakowych wahadeł, utworzonych ze stalowych kul zawieszonych na niciach, które mogą wykonywać wahania tylko w jednej płaszczyźnie pionowej. W uproszczeniu, Kołyska Newtona pozwala zilustrować zasady fizyki działające podczas zderzenia się kul ze sobą.

Dla wprowadzenia kołyski w ruch, wahadła powinny być wychylane i zwalniane w sposób zapewniający **centralne zderzenia** kul zachodzące na jednej prostej. Gdy jedna z kul zostanie odchyłona i puszczona, jej uderzenie w pozostałe kule spowoduje, że po przeciwnej stronie szeregu odskoczy tylko ostatnia kula. Jej wychylenie będzie prawie takie samo jak pierwszej. Analogicznie, gdy odchyli się i puści dwie kule, z drugiego końca odskoczą również dwie kule. Ogólnie rzecz biorąc, tyle samo kul odskoczy na końcu szeregu, ile zostało odchyłonych na jego początku, zaś pozostałe (środkowe) kule pozostaną nieruchome. Zachowanie to, bez znajomości praw fizyki, może być postrzegane jako coś zaskakującego.

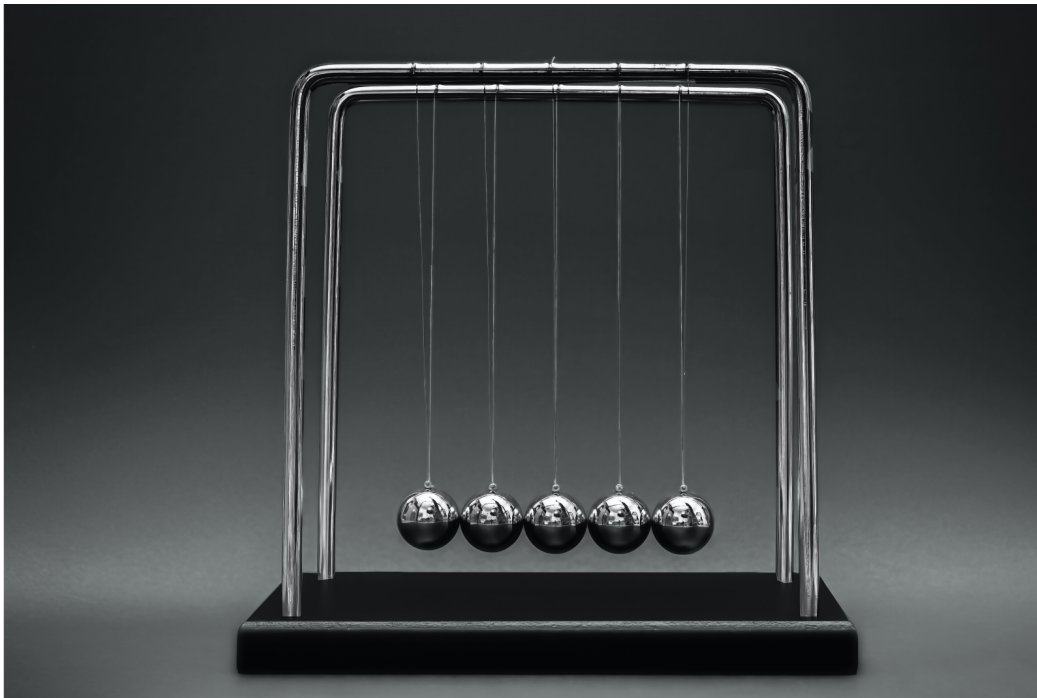
Twoje cele

- określisz podstawowe prawa odpowiedzialne za zachowanie się kul Newtona;
- wymienisz siły działające na poszczególne kule podczas zderzeń;

- zdefiniujesz zasady zachowania podczas zderzeń sprężystych kul;
- określisz zasadę zachowania energii dla kul Newtona i uzupełnisz opis zasadą zachowania pędu;
- przeanalizujesz zachowanie poszczególnych kul podczas odchylen i wykonasz e-dóświadczenie z kulkami Newtona;
- zaproponujesz wykorzystanie praw fizyki kul Newtona w innych podobnych zjawiskach.

Przeczytaj

Opis działania



Kołyska Newtona składa się z kilku jednakowych wahadeł, utworzonych ze stalowych kul zawieszonych na niciach

Źródło: Jose Manuel Gonzalez Lupiañez Photography, dostępny w internecie: Pexels.com, licencja: CC BY 3.0.

Po raz pierwszy kołyska Newtona objaśniona i zademonstrowana została przez francuskiego fizyka Abbé Mariotte [abe mariot] z Francuskiej Akademii Nauk w 1671 r. Choć nazwa przypisywana jest Newtonowi, należałoby nazywać ją „kołyską Mariotte'a” który, na podstawie doświadczeń ze zderzającymi się kulami, opisał i wyjaśnił zjawiska warunkujące jej działanie.

Działanie kołyski Newtona jest rezultatem serii wielu szybko po sobie następujących zderzeń. Za każdym razem kule stykają się, odkształcają sprężysto i odpychają. Seria zderzeń trwa ułamek milisekundy, więc nie jesteśmy w stanie ich rozróżnić. Zauważamy tylko końcowy efekt. Widać więc, że wystąpiłaby charakterystyczna dla wahadła Newtona symetria wychyleń.

Kluczowym procesem, który powtarza się tu wielokrotnie i decyduje o przebiegu zjawisk, jest wymiana prędkości możliwa dzięki zderzeniom centralnym kul o jednakowych masach.

Dla wyjaśnienia tych efektów trzeba uświadomić sobie ważną konsekwencję zasad zachowania energii i pędu: **dwie kule o jednakowych masach, zderzające się centralnie, wymieniają się prędkościami** (oczywiście jeśli straty energii podczas ruchu i przy zderzeniu są zanedbywalne). W szczególnym przypadku, gdy jedna z kul spoczywa, po zderzeniu przejmuje prędkość drugiej, która zatrzymuje się. Zderzenia kul są prawie doskonale sprężyste, czyli zachowana jest przy nich **energia kinetyczna** zderzających się ciał. Z zasady zachowania energii i zasady zachowania pędu wynika – przy założeniu, że masy obu ciał są takie same, a pierwsze ciało się poruszało, natomiast drugie było nieruchome – że po zderzeniu pierwsze ciało się zatrzymuje, a drugie porusza z taką prędkością, jaką miało pierwsze ciało. W ten sposób pęd przekazywany jest w całości następnej kuli, która przekazuje go kolejnej. Dopiero ostatnia kula, nie mogąc przekazać pędu dalej, sama zaczyna się poruszać. Jeśli odchylone zostały dwie (trzy lub więcej) kule, ich pęd zostaje przekazany w całości ostatnim dwóm (trzem lub więcej) kulom. Przenoszenie pędu odbywa się bardzo szybko, niezauważalnie dla obserwatora. Dla stalowych kulek prędkość przekazu pędu równa jest prędkości podłużnej fali mechanicznej w stali, czyli około $6 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

Zasada zachowania energii

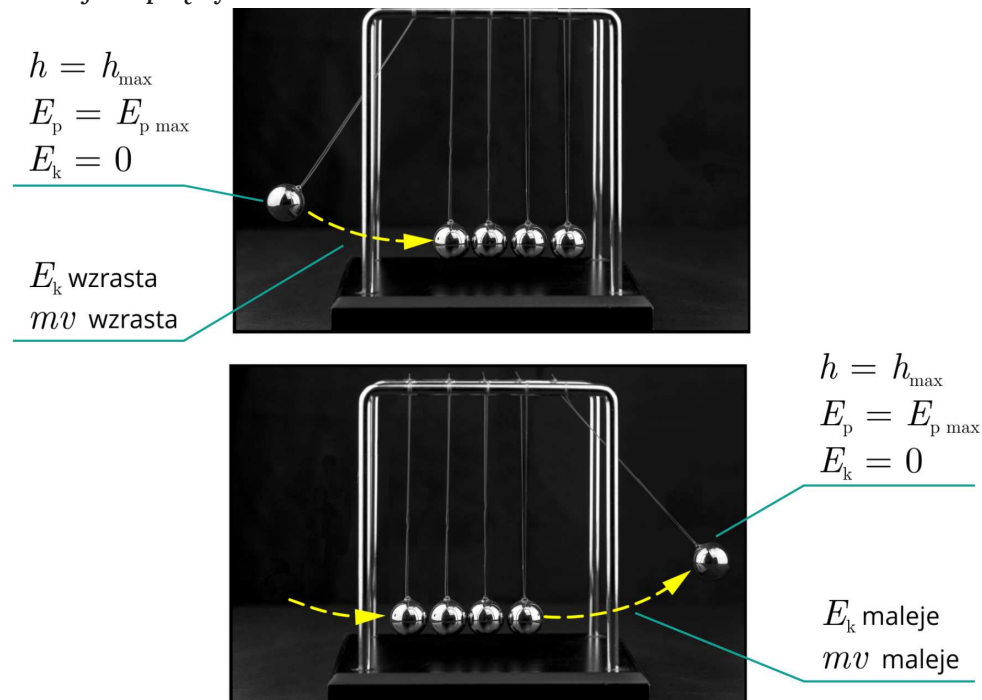
Prawo zachowania energii mówi, że energii – zdolności do wykonywania pracy – nie można ani stworzyć, ani zniszczyć. Energia może jednak zmieniać formy, z czego korzysta kołyska Newtona – szczególnie z przekształcania **energii potencjalnej** w energię kinetyczną i odwrotnie. Energia potencjalna to energia, którą obiekty zmagazynowały dzięki grawitacji lub ich elastyczności, natomiast energia kinetyczna to energia, którą obiekty mają będąc w ruchu.

Ponumerujmy kule od pierwszej do piątej. Kiedy wszystkie pięć jest w spoczynku, każda ma zerową energię potencjalną, ponieważ nie może opuścić się niżej, i zero energii kinetycznej, ponieważ się nie porusza. Kiedy pierwsza kula jest podniesiona i wychylona, jej energia kinetyczna pozostaje zerowa, ale jej energia potencjalna jest większa, ponieważ grawitacja może spowodować jej spadek i ruch po łuku wymuszony przez nią. Po wypuszczeniu kuli, jej energia potencjalna jest przekształcana w energię kinetyczną podczas jej spadku z powodu działania grawitacji.

Kiedy kula osiągnęła najniższy punkt, jej energia potencjalna wynosi zero, a jej energia kinetyczna jest teraz największa. Ponieważ energii nie można zniszczyć, największa energia kinetyczna kuli jest równa jej największej energii potencjalnej. Kiedy kula pierwsza uderza kulę drugą, zatrzymuje się natychmiast, a jej energia kinetyczna i potencjalna wraca do zera, ponieważ przekazana zostaje do kuli drugiej.

Energia kuli pierwszej jest przekazywana do kuli drugiej jako energia potencjalna, gdy ulega ona **odkształceniu** pod wpływem siły uderzenia. Gdy kula druga powraca do swojego pierwotnego kształtu, ponownie przekształca swoją energię potencjalną w energię

kinetyczną, przenosząc tę energię na kulę trzecią, **powodując jej odkształcenie**. Kula zasadniczo działa jak sprężyna.



Kołyska Newtona z pięcioma wahadłami. Gdy wahadło znajduje się na wysokości maksymalnej, energia kinetyczna wynosi zero, a potencjalna jest maksymalna; podczas dalszego ruchu (w kierunku położenia równowagi) energia kinetyczna rośnie i w położeniu równowagi przyjmuje wartość maksymalną. Podczas ruchu od położenia równowagi energia kinetyczna maleje, a po osiągnięciu wysokości maksymalnej znów wynosi zero
Źródło: Sheila Sund, edycja: GroMar Sp. z o.o., dostępny w internecie: Wikipedia.org, licencja: CC BY 2.0.

Ten transfer energii trwa dalej wzdłuż linii, aż dotrze do kuli ostatniej, która wyskakuje. Ze względu na zasadę zachowania energii, kula ta będzie miała taką samą ilość energii kinetycznej jak kula pierwsza, a więc będzie się wychylać z taką samą prędkością, jaką miała kula pierwsza w momencie uderzenia drugiej.

Jedna spadająca kula daje wystarczająco dużo energii, aby przemieścić drugą kulę na tę samą odległość, na którą spadła, z taką samą prędkością, z jaką spadła. Podobnie, dwie kule dają wystarczającą ilość energii, aby poruszyć dwie kule i tak dalej. Ale dlaczego kula po prostu nie odbije się tak, jak przyleciała? Dlaczego ruch jest kontynuowany tylko w jednym kierunku? W tym momencie w grę wchodzi **zasada zachowania pędu**.

Zasada zachowania pędu

Pęd jest wielkością fizyczną stosowaną do opisu ciał w ruchu. Można by rozumieć go jako coś w rodzaju „ilości” ruchu lub „siły” ruchu. Wszystko, co się porusza, ma pęd równy swojej masie pomnożonej przez swoją prędkość. Podobnie jak energia, pęd jest zachowany. Należy zauważyć, że pęd jest wielkością wektorową, co oznacza, że kierunek i zwrot pędu jest częścią jego definicji; nie wystarczy powiedzieć, że obiekt ma pęd, trzeba **określić kierunek i zwrot pędu**.

Kiedy kula pierwsza uderza kulę drugą, porusza się **z prędkością** w określonym kierunku (wzdłuż określonej prostej) i ma określony zwrot – powiedzmy, że z zachodu na wschód.

Oznacza to, że pęd **kuli** ma również **zwrot** na wschód. Każda zmiana kierunku ruchu byłaby zmianą pędu, co nie może nastąpić bez wpływu siły zewnętrznej. Dlatego kula pierwsza nie odbija się po prostu od kuli drugiej – pęd przekazywany jest przez wszystkie kule **w kierunku wschodnim**.

Uwaga. Kula zatrzymuje się na krótko w górnej części łuku; jeśli pęd wymaga ruchu, jak jest zachowywany? Wygląda na to, że kołyska łamie zasadę zachowania pędu. Powodem, dla którego tak nie jest, jest to, że prawo zachowania działa tylko w układzie izolowanym, czyli takim, który jest wolny od jakiejkolwiek siły zewnętrznej – a kołyska Newtona nie jest układem **izolowanym**. Gdy kula piąta odskakuje od pozostałych kul, to również podskakuje. Kiedy to robi, jest pod wpływem siły grawitacji, która spowalnia kulę, oraz zmieniającej kierunek prędkości nici. Tak więc zasadę pędu stosujemy od momentu zaraz przed zderzeniem do momentu zaraz po zderzeniu.

Przykład 1

Kule bilardowe

Dokładniejszą analogią **układu izolowanego** są kule bilardowe: w momencie uderzenia pierwsza kula zatrzymuje się, a druga kontynuuje ruch w linii prostej. W tym przykładzie grawitacja nie ma znaczenia, ponieważ działa prostopadle do ruchu kulek i jest równoważona przez znajdujący się pod kulami stół, a więc nie wpływa na ich prędkość ani kierunek ruchu. W praktyce układ izolowany jest niemożliwy, ponieważ grawitacja i tarcie zawsze występują w układach rzeczywistych.

Pozioma linia kul w spoczynku funkcjonuje jako układ zamknięty, wolny od wpływu jakiejkolwiek siły innej niż grawitacja. To tutaj, w krótkim czasie między uderzeniem pierwszej kuli a wychyleniem się kuli końcowej, pęd jest zachowany.

Kiedy kula osiąga swój szczyt, wraca do posiadania jedynie energii potencjalnej, a jej energia kinetyczna i pęd zostają zredukowane do zera. Grawitacja zaczyna wtedy przyciągać kulę w dół, ponownie rozpoczynając cykl.

Przykład 2

Kołyska Newtona matematycznie

Kołyskę Newtona można dość dokładnie opisać za pomocą prostych równań matematycznych przy założeniu, że kulki zawsze zderzają się parami.

Zasada zachowania pędu (masa $\cdot$ prędkość) i wzór na energię kinetyczną ($\frac{1}{2} \cdot \text{masa} \cdot \text{prędkość}^2$) mogą być wykorzystane do wyznaczenia prędkości wypadkowych dla dwóch zderzających się idealnie sprężystych kul. Te dwa równania są używane do określenia prędkości wypadkowych dwóch kul. Gdy obie kule ważą tyle samo, rozwiązanie jest proste: poruszająca się kula zatrzymuje się względem nieruchomej, a nieruchoma przejmie całą prędkość początkową drugiej. Dzięki założeniu idealnie

sprężystych zderzeń kul nie ma potrzeby uwzględniania strat energii cieplnej i akustycznej.

Podczas zderzeń kule stalowe ulegają niewielkim ściśnięciom, przy dużej sprężystości, dzięki czemu nie ma dużych strat w postaci ciepła.

Inne przykłady tego efektu.

Efekt wyrzucenia ostatniej kulki z prędkością prawie równą prędkości pierwszej kuli można zaobserwować podczas uderzeń szeregu monet ustawionych w linii prostej inną monetą o tej samej wartości, w wyniku czego ostatnia moneta odskakuje podobnie jak kule Newtona. Podobnym efektem jest uderzenie kuli bilardowej lub szeregu kul.

Przykład 3

Przenoszenie pędu odbywa się bardzo szybko, niezauważalnie dla obserwatora. Dla stalowych kulek prędkość przekazu pędu równa jest prędkości **podłużnej fali mechanicznej** w stali, czyli około $6 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Oszacuj, po jakim czasie odskoczy szоста (ostatnia) kulka po uderzeniu pierwszej, jeżeli średnica każdej z kulek wynosi 4 cm.

Rozwiązanie:

Impuls musi pokonać drogę czterech kulek, aby odskoczyła ostatnia kulka:

$$s = 4 \cdot 4 \text{ cm} = 16 \text{ cm}.$$

Fala mechaniczna porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym czyli $v = \frac{s}{t}$, a więc $t = \frac{s}{v}$:

$$t = \frac{16 \text{ cm}}{600000 \frac{\text{cm}}{\text{s}}} \approx 0,00002667 \text{ s} \approx 27 \mu\text{s}.$$

Przykład 4

Jaką energię kinetyczną posiada kulka pierwsza o masie 50 g tuż przed zderzeniem, jeżeli różnica poziomów środków ciężkości od wychylenia do zderzenia wynosiła 10 cm?

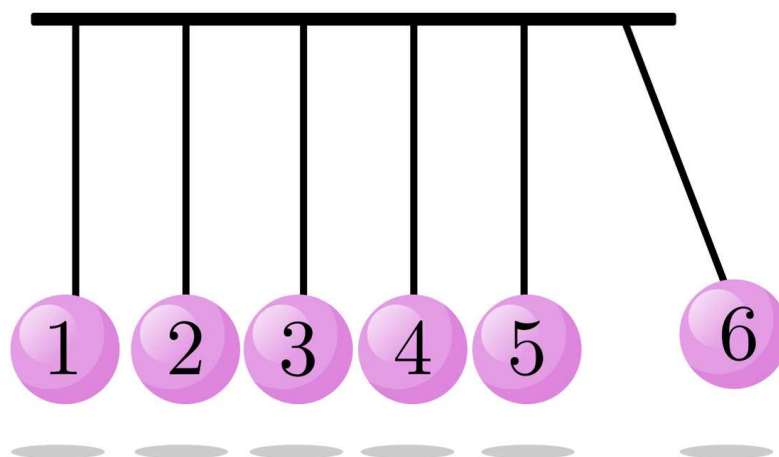
Przyjmij wartość przyspieszenia ziemskiego równą $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Rozwiązanie:

Zgodnie z zasadą zachowania energii, kulka tuż przed zderzeniem posiada maksymalną energię kinetyczną, równą energii potencjalnej na najwyższym poziomie odchylenia środka ciężkości, czyli na wysokości 10 cm:

$$E_p = mgh = 0,05 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,05 \text{ J} = E_k.$$

Energia kinetyczna kulki nr 1 o masie 50 g tuż przed zderzeniem wynosiła 0,05 J.



Kołyska Newtona - przykład 5

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Przykład 5

Na jaką wysokość wzniesie się kulka nr 6 o masie 60 g, jeżeli tuż przed odchyleniem miała maksymalną energię kinetyczną równą 0,01 J? Przyjmij wartość przyspieszenia ziemskiego równą $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Rozwiązanie:

Zaraz na początku ruchu kulka nr 6 miała maksymalną energię kinetyczną $E_k = 0,01 \text{ J}$ i zgodnie z zasadą zachowania energii taką energię potencjalną kulka nr 6 będzie posiadała przy najwyższym wzniesieniu, licząc poziomy środków ciężkości kulki nr 5 i kulki nr 6:

$$E_k = E_p = mgh$$

$$mgh = E_p$$

$$h = \frac{E_p}{mg} = \frac{0,01 \text{ J}}{0,06 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,017 \text{ m} = 1,7 \text{ cm}$$

Przykład 6

Na jaką wysokość należy unieść kulkę pierwszą, aby kulka ostatnia odskoczyła z prędkością początkową równą $4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$? Przyjmij wartość przyspieszenia ziemskiego równą $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Rozwiązanie:

$$E_p = E_k$$

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$gh = \frac{v^2}{2}$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$v = 4 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{4000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

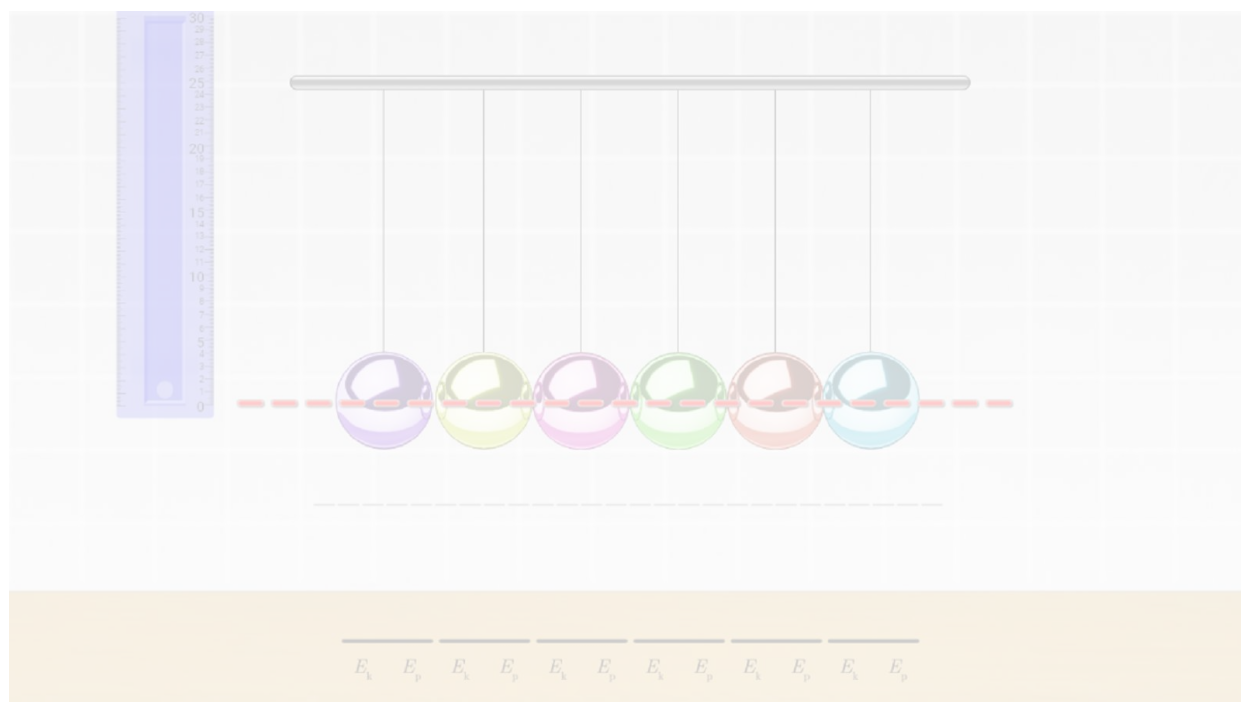
$$h = \frac{(1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h = 0,06 \text{ m}$$

$$h = 6 \text{ cm}$$

Kulki Newtona

Za pomocą poniższej symulacji możesz zbadać energie wahań w zależności od ich wychyleń. Wybrane wahadła (od jednego do pięciu) możesz wychylać na różne wysokości poprzez złapanie kursorem i przeciągnięcie w prawo albo w lewo. Zwróć uwagę na punkty szczególne, w których albo energia kinetyczna, albo energia potencjalna jest maksymalna (ich wysokości są zaznaczone czerwonymi, przerywanymi liniami, po najechaniu na które wyświetla się informacja dotycząca danego wychyleń).



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/PxHVvKgD>

Kołyska Newtona - symulacja

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Dokończ zdanie, zaznaczając właściwą odpowiedź. Jeśli najpierw wychylimy skrajną kulkę (nr 1), a następnie puścimy ją swobodnie, uderzy ona w kulkę nr 2. Największą energię potencjalną będzie miała

- ☐ zawsze kulka nr 2.
- ☐ kulka nr 1 wychylona maksymalnie tuż przed zwolnieniem.
- ☐ kulka nr 2 tuż przed zderzeniem z kulką nr 1.
- ☐ zawsze kulka nr 1.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 2

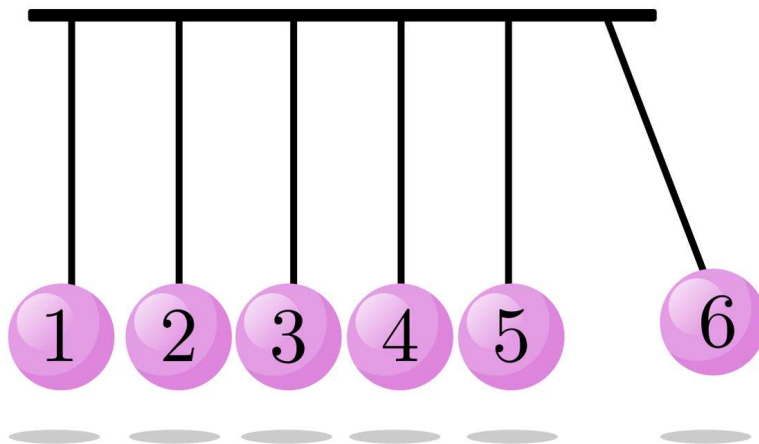
Dokończ zdanie, zaznaczając właściwą odpowiedź. Największą energię kinetyczną tuż przed zderzeniem kulki nr 1 z kulką nr 2 będzie miała

- ☐ kulka nr 2.
- ☐ wszystkie kulki tuż przed zderzeniem kulki nr 1 z kulką nr 2 mają taką samą energię kinetyczną.
- ☐ kulka nr 1.
- ☐ kulka nr 6.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 3

Jaką zasadę i jakie wielkości fizyczne należy znać, aby wyznaczyć na jaką wysokość wzniesie się kulka nr 6? Zaznacz trzy prawidłowe odpowiedzi.



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

☐

przyspieszenie ziemskie

☐

masę

☐

zasadę zachowania pędu

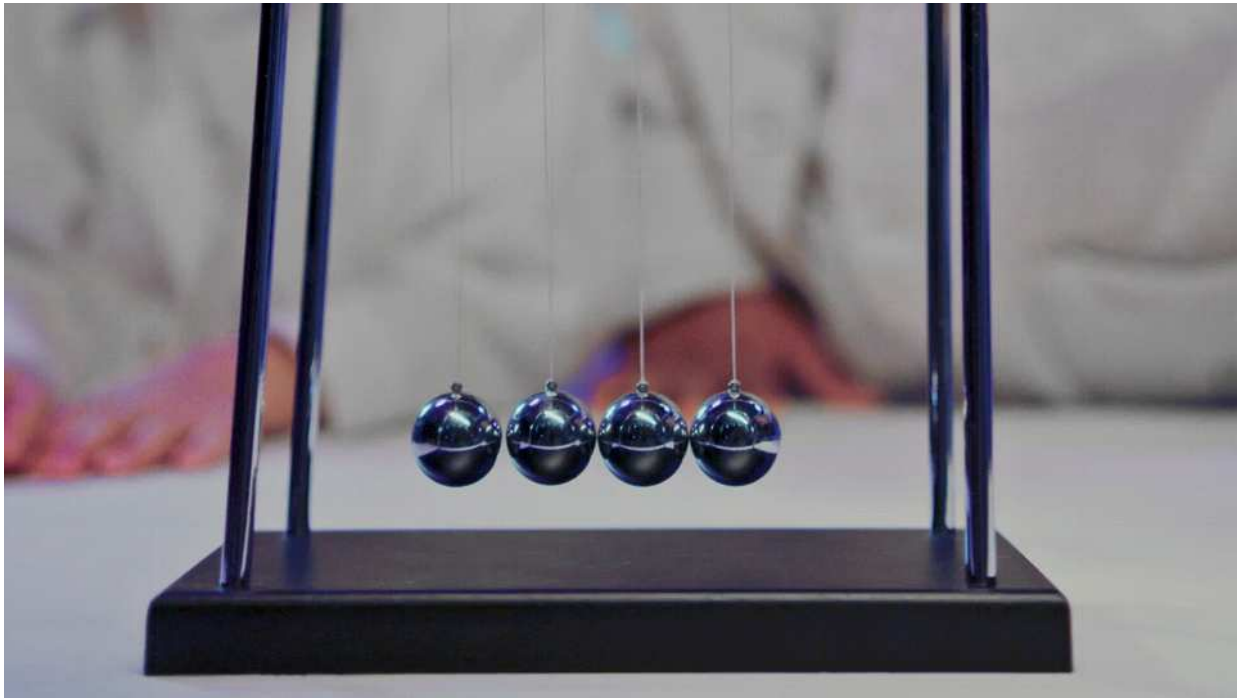
☐

zasadę zachowania energii

☐

prędkość

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R13wdtздGkEwg>

Kołyska Newtona. Wahadła mogą wykonywać wahania tylko w jednej płaszczyźnie pionowej

Źródło: licencja: CC BY 3.0 Dostępny w internecie: Pexels.com.

Kołyska Newtona z pięcioma wahadłami. Jedno z wahadeł zostaje odchylone i puszczone. Gdy uderza najbliższe nieruchome wahadło, odchyła się najdalsze. Gdy ostatnie uderza najbliższe nieruchome wahadło, odchyła się najdalsze - to, które zostało wychylone na początku.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Poniższe ćwiczenia odnoszą się do kołyski Newtona z sześcioma wahadłami, ponumerowanymi kolejno od 1 do 6.

Ćwiczenie 1



Co się stanie, jeśli wychylimy skrajną kulkę nr 1, a następnie puścimy ją swobodnie? Uzupełnij lukę.

Jeśli wychylimy skrajną kulkę nr 1, a następnie puścimy ją swobodnie, .

uderzy ona w kulkę nr 2 i razem z kulkami 2–6 odskoczy na tę samą wysokość, na którą przedtem została odchylona

uderzy ona w kulkę nr 2 i zatrzyma się. Kulki 2–5 nie zmieniają swojego położenia, a kulka 6 odskoczy na tę samą wysokość, na którą przedtem odchylona została kulka nr 1

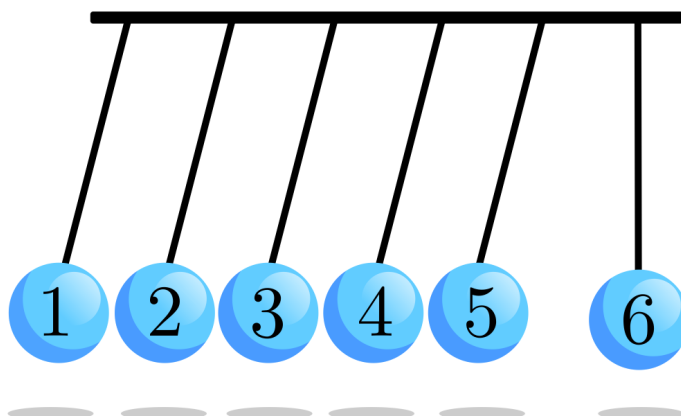
uderzy ona w kulkę nr 2 i zatrzyma się. Kulki 2–6 odskoczą na tę samą wysokość, na którą przedtem odchylona została kulka nr 1

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2



Co się stanie, jeśli wychylimy kulki 1–5? Odpowiedź zapisz w polu poniżej.



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3



Jaka będzie główna różnica w zachowaniu między kołyskami z pięcioma a z sześcioma wahadłami, przy wychyleniu trzech kul 1–3? Odpowiedź zapisz w polu poniżej.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4



Przyporządkuj wielkościom fizycznym ich podstawowe jednostki.

energia kinetyczna	$\frac{m}{s}$
czas	s
wysokość	J
prędkość	m

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



Dokończ zdanie, zaznaczając właściwą odpowiedź. Jeżeli maleje wysokość puszczonej kulki nr 1, to jej energia kinetyczna

☐ pozostaje bez zmian.

☐ wzrasta.

☐ maleje.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6



Dokończ zdanie, zaznaczając właściwą odpowiedź. Zderzenia stalowych kul Newtona są

☐ niesprężyste.

☐ sprężyste.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Dokończ zdanie, zaznaczając właściwą odpowiedź. Dla stalowych kulek prędkość przekazania pędu równa jest prędkości **podłużnej fali mechanicznej** w stali i jest

☐ nieskończona.

☐ skończona.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 8



Zaznacz dwie podstawowe zasady opisujące kulki Newtona.

☐ zasada Fermata

☐ zasada zachowania pędu

☐ zasada nieoznaczoności

☐ zasada zachowania energii

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

energia kinetyczna

energia jaką posiada poruszające się ciało

$$E_{\text{kin}} = \frac{mv^2}{2}.$$

energia potencjalna

energia jaką posiada ciało w polu grawitacyjnym (energia potencjalna grawitacji)

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

lub ciało odkształcone sprężystości (energia potencjalna sprężystości)

$$E_{\text{pot}} = \frac{kx^2}{2}.$$

kołyska Newtona

wahadło Newtona, potocznie kulki Newtona – przyrząd ilustrujący zasadę zachowania energii i pędu podczas sprężystego zderzenia kul.

pęd

wielkość związana z ruchem ciała o masie m , zależna od jego prędkości v :

$$p = m \cdot v.$$

zasada zachowania energii

zasada mówiąca o tym, że energia układu – na który nie działają siły spoza tego układu – przed zderzeniem jest taka sama, jak po zderzeniu.

zasada zachowania pędu

zasada mówiąca o tym, że pęd układu – na który nie działają siły spoza tego układu – przed zderzeniem jest taki sam, jak po zderzeniu; należy zwrócić uwagę na to, że pęd jest wielkością wektorową.

zderzenie centralne

zderzenie, w którym środki mas zderzających się ciał pozostają na prostej zarówno przed jak i po zderzeniu.

zderzenie niecentralne

zderzenie, w wyniku którego przynajmniej jedno ciało zmienia kierunek swojego ruchu. Zderzenie niecentralne nazywane jest rykoszetem.

zderzenie sprężyste

zderzenie, w wyniku którego nie ma strat energii kinetycznej (ale może nastąpić jej przekazanie innemu ciału). Zderzenia jakie znamy z otaczającego nas świata nie są doskonale sprężyste, następuje rozproszenie pewnych ilości energii.

zderzenie niesprężyste

zderzenie, w wyniku którego energia kinetyczna zmienia się w inny rodzaj energii lub rozprasza się. Należy tutaj wyróżnić zderzenie doskonale niesprężyste, w którym ciała po zderzeniu łączą się i poruszają dalej razem.

Bibliografia

Sagnowska B., Szot-Gawlik D., Godlewska M., Rozenbajgier M., Rozenbajgier R., 2017, *Świat fizyki*, Warszawa, WSiP.

Notatki

Miejsce na Twoje notatki

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.