



Jakich pojęć należy używać, aby opisać ruch postępowy bryły sztywnej

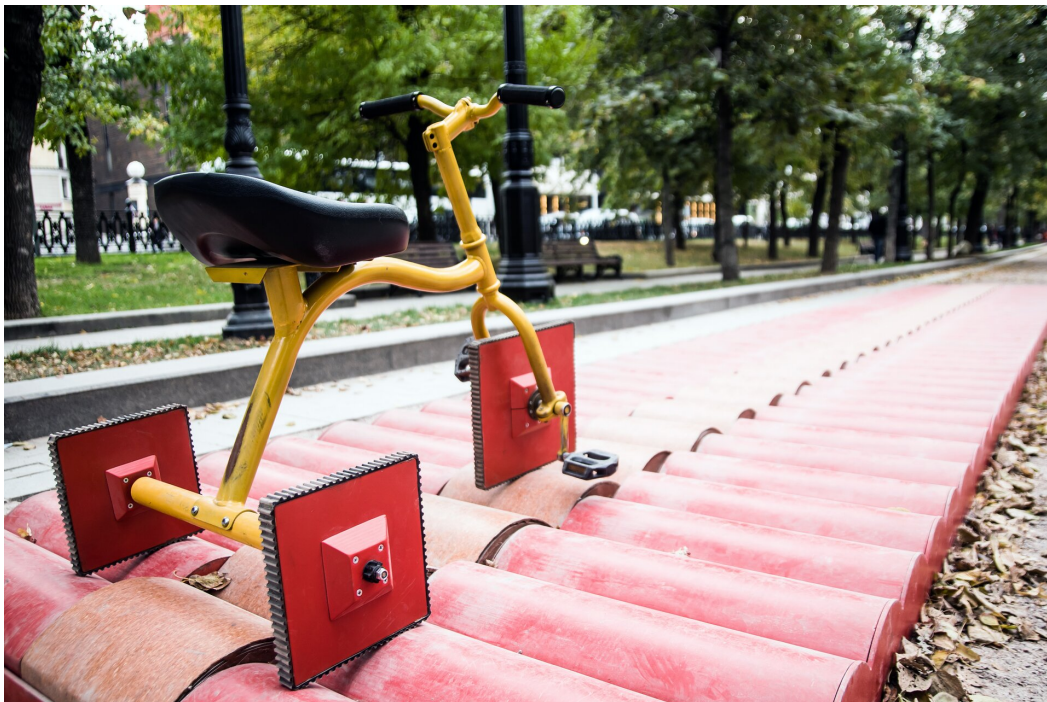
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jakich pojęć należy używać, aby opisać ruch postępowy bryły sztywnej

Czy to nie ciekawe?

Jaki kształt powinno mieć koło od samochodu? Dziwne pytanie, przecież każde koło jest okrągłe... To częściowa prawda. Jeśli samochód lub inny pojazd kołowy ma się poruszać po płaskiej powierzchni, to wtedy dobrym „kołem” będzie obiekt, który w przekroju jest kołowy. Ale nie zawsze musi tak być. „Koło” może być również kwadratowe. Kiedy ma to sens i zastosowanie?



Rys. a. „Koła” nie zawsze muszą być okręgami.

Twoje cele

Dzięki temu e-materiałowi:

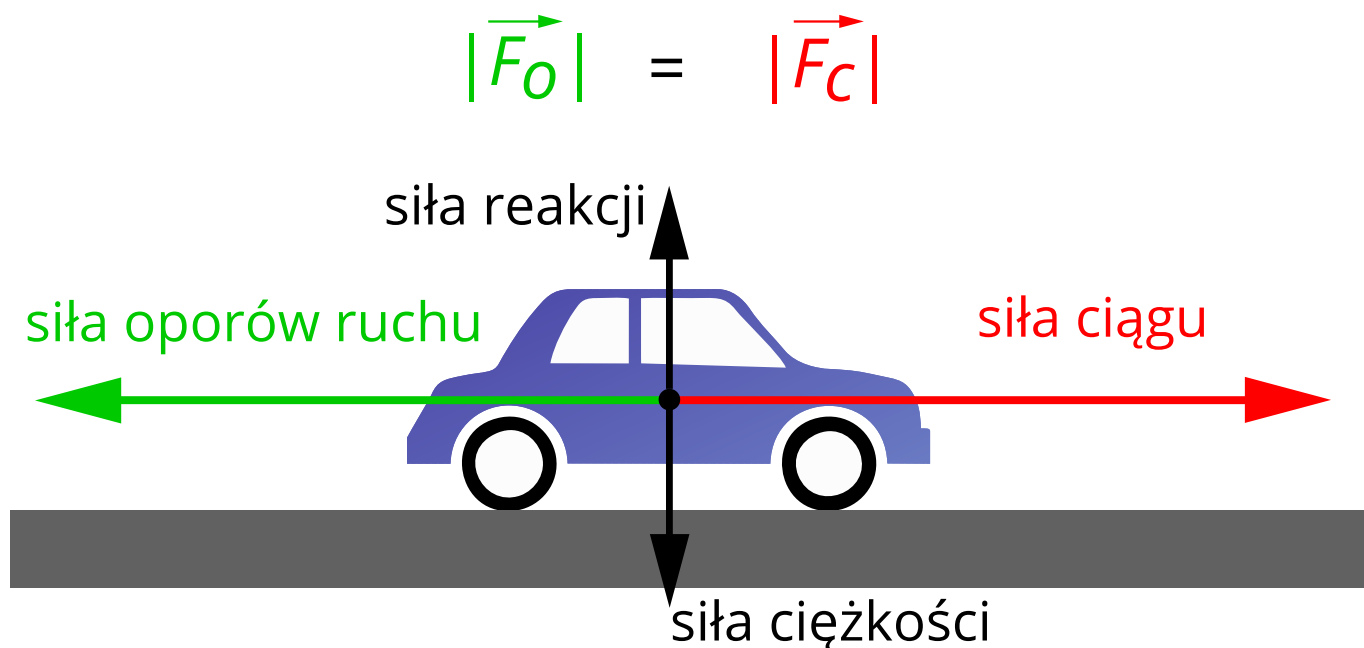
- określisz pojęcia używane do opisu ruchu postępowego bryły sztywnej,
- wykorzystasz te pojęcia do poprawnego opisu zachowania się takiej bryły,
- wyjaśnisz, dlaczego i w jakiej sytuacji koła roweru nie muszą być kwadratowe.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Ruch bryły sztywnej zazwyczaj jest ruchem złożonym. Jeśli obserwujemy, na przykład, dachujący samochód, to jego ruch jest zarówno ruchem postępowym, jak i obrotowym. Skoro cały samochód zmienia swoje położenie względem jezdni i przydrożnych drzew, to mówimy o ruchu postępowym. Skoro dachuje, czyli obraca się dookoła osi (wokół których nie powinien!), to oczywiście również porusza się ruchem obrotowym. W tym e-materiale skupimy się na ruchu postępowym.

W ruchu postępowym bryły sztywnej wystarczy, że opiszemy ruch środka jej masy. Omówmy to na przykładzie samochodu i jego ruchu wzdłuż ulicy. W najprostszej sytuacji samochód stoi na poboczu – w osi poziomej nie działają na niego żadne siły, więc pozostaje w spoczynku. Jeśli ruszy, zacznie działać napęd, ale pojawią się opory ruchu, związane z tarciem i oporem powietrza. Jeśli te siły działające na samochód się równoważą, porusza się on ruchem jednostajnym prostoliniowym (Rys. 1.).



Rys. 1. Siły działające na samochód równoważą się, zatem porusza się on ruchem jednostajnym prostoliniowym.

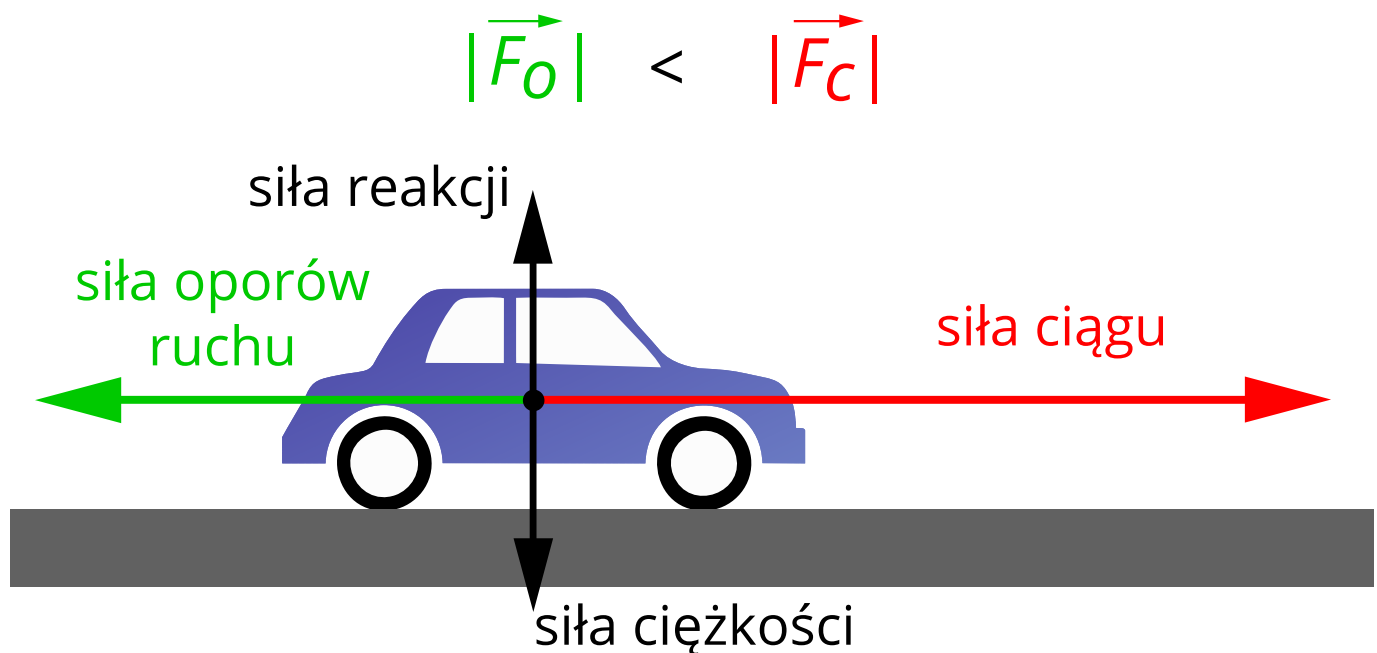
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Równania określające jego ruch będą zatem następujące, opisując kolejno drogę, prędkość i przyspieszenie:

$$\begin{cases} s(t) = v_0 t \\ v(t) = v_0 = \text{const} \\ a(t) = 0 \end{cases}$$

Skoro wypadkowa siła działająca na ciało wynosi 0, to jego przyspieszenie również wynosi 0. Zatem jego prędkość jest stała. A droga, jaką to ciało pokonuje, to iloczyn prędkości początkowej i czasu. Powyższe stwierdzenia wynikają z pierwszej zasady dynamiki Newtona. Dla ruchu postępowego mają taką samą postać dla ruchu punktu materialnego, jak i środka masy bryły sztywnej. Bryła ta będzie posiadała również pęd $\vec{p} = m \vec{v}$, a jej energia kinetyczna wyniesie $E_k = \frac{mv^2}{2}$.

Co się stanie, jeśli kierowca wciśnie mocniej pedał gazu? Wtedy siła napędu przewyższy siły oporu. Pojawi się niezrównoważona siła – zatem samochód zacznie zwiększać prędkość, czyli poruszać się z przyspieszeniem (Rys. 2.).



Rys. 2. Siły działające w poziomie nie równoważą się - samochód porusza się z przyspieszeniem.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Jak szybko będzie rosła jego prędkość? Przyspieszenie możemy obliczyć z drugiej zasady dynamiki Newtona, będzie to iloraz siły wypadkowej i masy. Wtedy równania ruchu przybiorą następującą postać:

$$\begin{cases} s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v(t) = v_0 + at \\ a(t) = \frac{F}{m} = \text{const} \end{cases}$$

Powyższy przypadek zakłada, że siła wypadkowa będzie miała stałą wartość. Jeśli jednak mówimy o jeździe samochodem, taka sytuacja nie będzie miała miejsca – po jakimś czasie od wciśnięcia gazu samochód osiągnie nową, stałą prędkość ruchu. Dlaczego? Ponieważ siła oporu zależy od prędkości – im szybciej się poruszamy, tym większy musimy pokonać opór. Wartość przyspieszenia jest zatem zmienna w czasie. Zależy również od pola przekroju obiektu, materiału powierzchni, kształtu i innych parametrów aerodynamicznych.

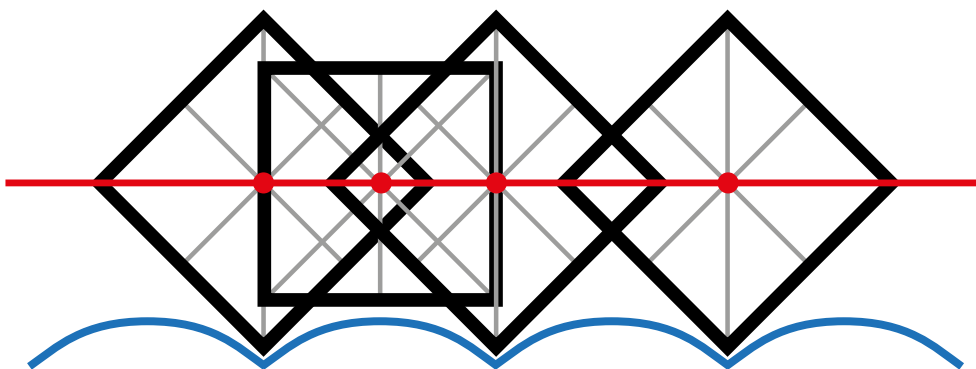
Spójrzmy na obiekt prostszy geometrycznie od samochodu – na kulę. Opór powietrza, którego doznaje taka kula, poruszając się z małą prędkością v , określa formuła Stokesa:

$$\vec{F} = -6\pi\eta r \vec{v}$$

Grecka litera η charakteryzuje ośrodek, w którym porusza się ciało, określa jego **lepkość dynamiczną** – formuła ta jest słuszna zarówno dla ruchu w powietrzu, jak i w wodzie oraz dowolnym innym płynie. r oznacza promień kuli, który decyduje o jej przekroju poprzecznym. Minus oznacza, że zwrot wektora oporu jest przeciwny do zwrotu wektora prędkości.

Dla większych prędkości wzór ten przestaje obowiązywać – siła oporu powietrza rośnie z kwadratem prędkości. Co więcej, współczynniki liczbowe zmieniają się w zależności od kształtu ciała: od 0,47 dla kuli przez 1,04 dla kwadratu po 0,04 dla profilu skrzydła samolotu. Obliczenie tych współczynników wymaga znajomości rachunku różniczkowego, tak samo jako opis ruchu, gdy siła ma zmienną wartość. Dla najczęściej spotykanych brył współczynniki te można odczytać z tablic.

Przyjrzyjmy się teraz kołom samochodu. Oczywiście jest dla nas, że wszystkie koła, czy to rowerowe czy samochodowe, mają taki sam kształt – są większymi lub mniejszymi gumowymi okręgami na metalowym stelażu. Ale dlaczego akurat są to koła i okręgi? Dlatego, że zadaniem „koła” jest utrzymywanie środka masy poruszającego się obiektu na tej samej wysokości. A jaka jest definicja okręgu? To zbiór punktów równoodległych od zadanego środka. Jeśli zatem opona się obraca, to bryła sztywna pozostaje na tej samej wysokości. Ale to prawda jedynie w przypadku płaskiej, gładkiej powierzchni. Co będzie, jeśli powierzchnia będzie wyboista? Wtedy wjeżdżając na górkę, środek masy będzie się unosił, a wpadając w dołek, będzie opadał. Chyba że kształt „koła” będzie dostosowany do kształtu powierzchni. Spójrz na Rys. 3. – przy takim kształcie podłoża, kwadratowe „koło” obracając się, utrzymuje środek masy na stałej wysokości. Tak, jak „okrągłe koło” na powierzchni płaskiej.



Rys. 3. Kwadratowe „koło” dla wyboistej powierzchni – środek masy pozostaje na tej samej wysokości.

Słowniczek

Lepkość dynamiczna

(ang. *dynamic viscosity*) właściwość płynów charakteryzująca ich tarcie wewnętrzne wynikające z przesuwania względem siebie warstw tego płynu.

Grafika interaktywna

Jakich pojęć należy używać, aby opisać ruch postępowy bryły sztywnej

W grafice pod kafelkami ukryte są pary: pojęcia i związane z nimi wzory dotyczące wielkości opisujących ruch postępowy bryły sztywnej. Dwa pasujące do siebie odkryte kafelki zostaną otoczone zieloną ramką. Odkryj wszystkie kafelki.

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

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

$$\Delta \vec{r}$$

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

$$\vec{v}(t) = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$$\vec{a}(t) = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$



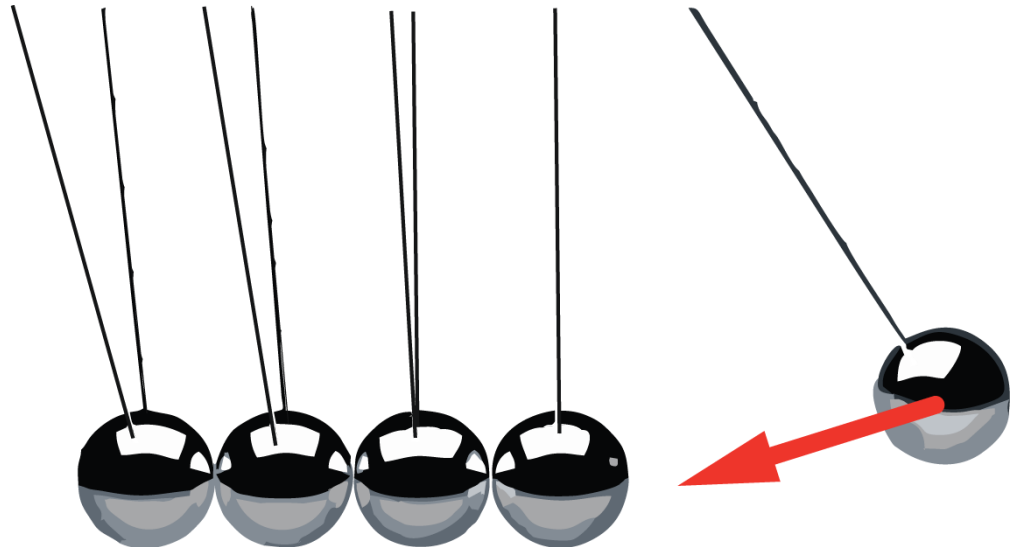
PRZEMIESZCZENIE



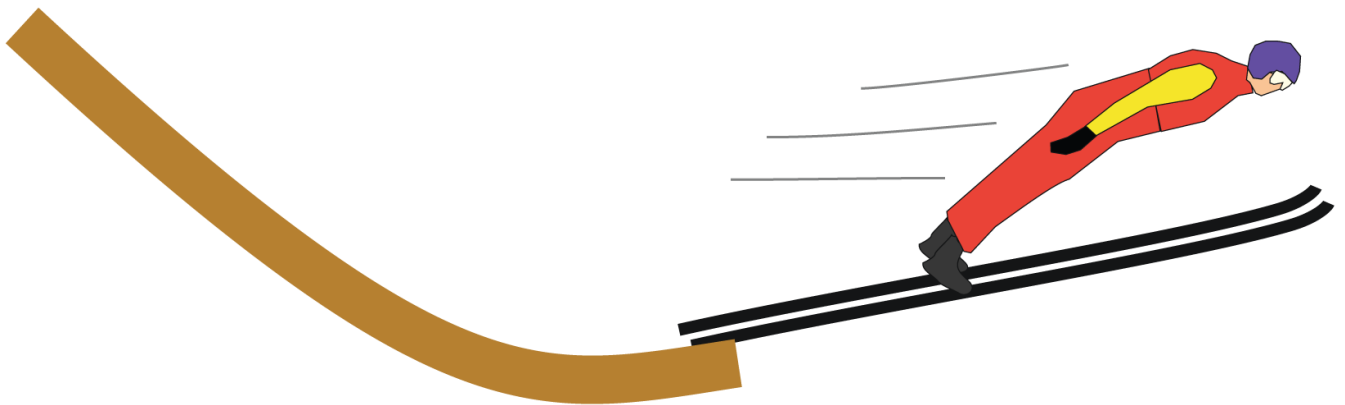
PRZYSPIESZENIE



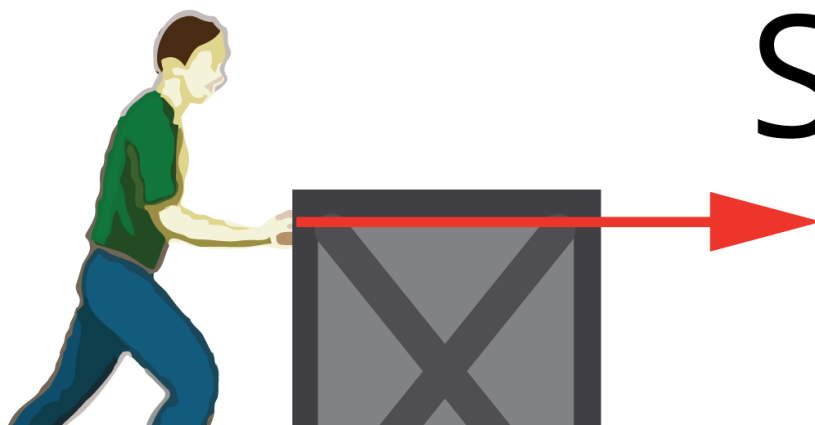
PĘD



ENERGIA KINETYCZNA



SILĄ





PRĘDKOŚĆ



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Polecenie 1

Wskaż, które z parametrów opisujących ruch postępowy bryły sztywnej są wielkościami skalarnymi, a które wektorowymi:

wielkość skalarna

wielkość wektorowa

prędkość

przemieszczenie

pęd

energia kinetyczna

przyspieszenie

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Jeśli bryła sztywna zaczyna poruszać się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem a , to jej przemieszczenie w czasie opisane jest zależnością:

$r(t) =$	

$2g$

at^2

$2m$

at

2

4

a^2t

Ćwiczenie 2



Bryła sztywna o masie m , na którą działa siła F , porusza się z przyspieszeniem a . By zwiększyć jej przyspieszenie dwukrotnie, należy

zmniejszyć ☐

 /

zwiększyć ☐

 jej masę

dwukrotnie ☐

 /

trzykrotnie ☐

 /

czterokrotnie ☐

, a wartość siły

zmniejszyć czterokrotnie ☐

 /

zwiększyć dwukrotnie ☐

 /

pozostawić bez zmian ☐

.

Ćwiczenie 3



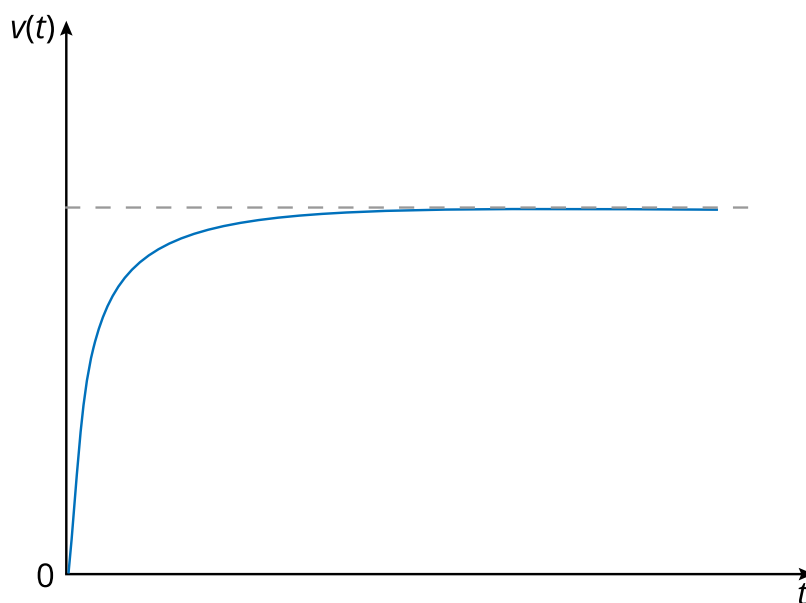
Kula o promieniu $r = 1$ m porusza się w powietrzu z prędkością $v = 10$ m/s. Wiedząc, że  lepkość dynamiczna powietrza wynosi $17 \mu\text{Pa} \cdot \text{s}$, oblicz siłę oporu powietrza działającą na to ciało. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: - mN

Ćwiczenie 4



Poniższy wykres przedstawia prędkość, z jaką porusza się obiekt spadający w ziemskim polu grawitacyjnym, który doznaje działania siły oporu powietrza proporcjonalnej do wartości prędkości. Które zdanie na temat tego ruchu jest prawdziwe?



Wartość prędkości granicznej, jaką osiągnie to ciało, zależy od wysokości, z jakiej zostało upuszczone.



Obiekt porusza się ze zmiennym przyspieszeniem, co wynika ze zmiany wysokości, na jakiej się znajduje.



Wartość prędkości granicznej, jaką osiągnie to ciało, zależy od czasu trwania spadku.



W pierwszej fazie ruchu obiekt porusza się ruchem przyspieszonym, w końcowej ruchem jednostajnym.

Ćwiczenie 5



Jeśli siła oporów powietrza i tarcia jadącego samochodu wynosi łącznie $F = 500 \text{ N}$, a siła napędu silnika $F = 500 \text{ N}$, to jakim ruchem porusza się samochód?

- ☐ Ruchem przyspieszonym.
- ☐ Nie znając pozostałych parametrów ruchu, nie można odpowiedzieć na to pytanie.
- ☐ Ruchem jednostajnym.
- ☐ Ruchem opóźnionym

Ćwiczenie 6



Czy skok z większej wysokości sprawi, że skoczek spadochronowy będzie spadał z większą  szybkością?

- ☐ To zależy od czynników atmosferycznych.
- ☐ Tak.
- ☐ Nie.

Ćwiczenie 7



Uzupełnij zdanie.

Jeśli na ciało o masie m działa wypadkowa, niezerowa, zmienna w czasie siła F , to ciało to będzie poruszało się ruchem z wartością daną wzorem .

jednostajnie przyspieszonym

przyspieszonym

przyspieszenia

Fm

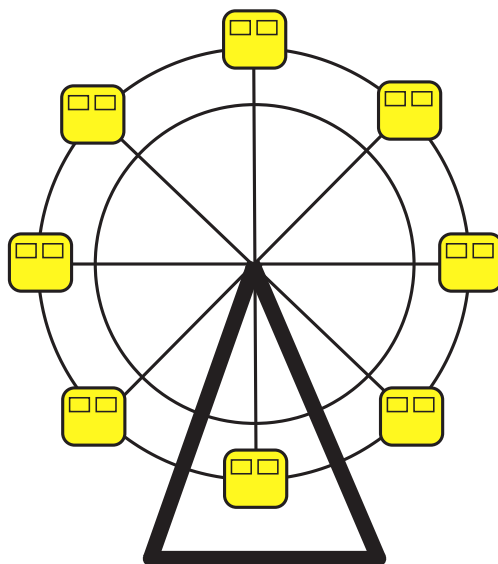
prędkości

$\frac{F}{m}$

jednostajnym



Na zdjęciu widoczny jest diabelski młyn. Jest to atrakcja w wesołym miasteczku, w której pasażerowie wsiadają do gondolek zawieszonych na przegubie wielkiej obręczy, przymocowanej za pomocą „szprych” do obracającej się osi. Przyjrzyj się obrazkowi i powiedz, które z poniższych stwierdzeń jest prawdziwe:



- ☐ gondole poruszają się ruchem krzywoliniowym po okręgu, tak samo jak szprychy koła
- ☐ gondole poruszają się ruchem obrotowym, tak samo jak szprychy koła
- ☐ gondole poruszają się ruchem obrotowym, a szprychy krzywoliniowym po okręgu
- ☐ gondole poruszają się ruchem krzywoliniowym po okręgu, a szprychy ruchem obrotowym

Dla nauczyciela

VII. Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Dariusz Aksamit
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jakich pojęć należy używać, aby opisać ruch postępowy bryły sztywnej
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. III. Mechaniki bryły sztywnej. Uczeń: 2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń - wymienia pojęcia używane do opisu ruchu postępowy bryły sztywnej, - odróżnia ruch postępowy krzywoliniowy od ruchu obrotowego, - rozpoznaje na podstawie wykresu prędkości od czasu rodzaj ruchu: jednostajny, jednostajnie przyspieszony, niejednostajnie przyspieszony.
Strategie i metody nauczania:	flipped-classroom (odwrócona klasa)
Formy zajęć:	- praca indywidualna, - praca grupowa.
Środki dydaktyczne:	komputer z projektorem multimedialnym
Materiały pomocnicze:	
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel na poprzednich zajęciach prosi uczniów o zapoznanie się z grafiką interaktywną z niniejszego e-materiału. Uczniowie w grupach przygotowują najważniejsze treści, które poznali. Na początku zajęć nauczyciel prosi uczniów o rozwiązanie zadania nr 8 z zestawu ćwiczeń.	
Faza realizacyjna:	
Po rozwiązaniu zadania nauczyciel podsumowuje prawidłową odpowiedź – wyjaśnia różnicę pomiędzy ruchem obrotowym, a ruchem postępowym krzywoliniowym. Następnie prosi uczniów o podanie pojęć służących do opisu ruchu postępowego bryły sztywnej, które zapamiętali z grafiki interaktywnej. Nauczyciel prosi kolejnych uczniów o zapisywanie na tablicy podawanych pojęć. Gdy wszystkie zostaną wymienione, nauczyciel podsumowuje i komentuje te wielkości i prosi o zapisanie ich w zeszycie.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie rozwiązują zadania 1-4 z niniejszego e-materiału. Nauczyciel udziela indywidualnie pomocy uczniom, którzy jej potrzebują.	
Praca domowa:	
Rozwiązanie zadań 5-7 z zestawu ćwiczeń w celu utrwalenia wiadomości.	

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Można również rozpocząć lekcję od interakcji z grafiką. Multimedium mogą również uczniowie wykorzystać do powtórzenia i utrwalenia wiadomości po lekcji.
--	--