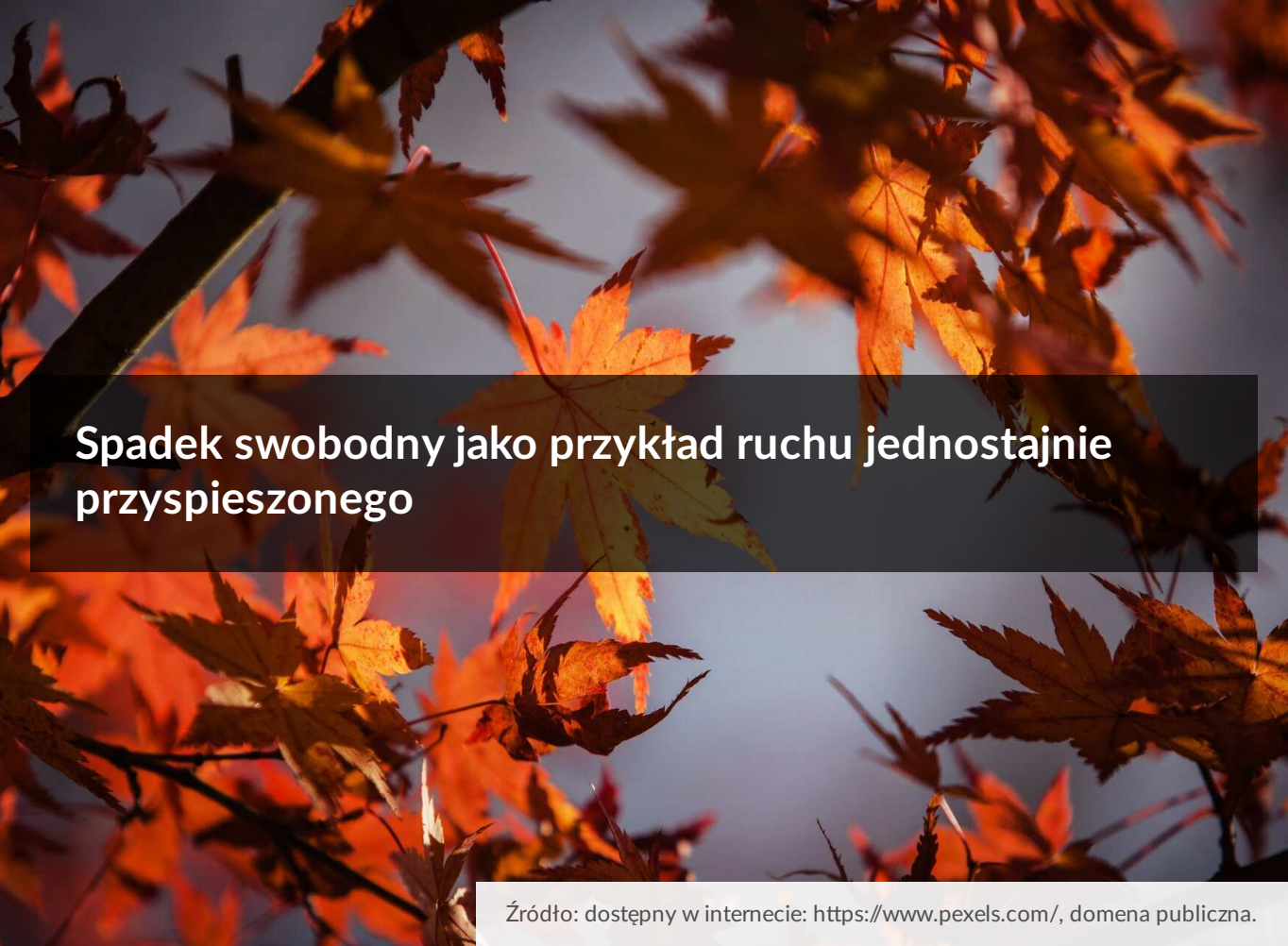




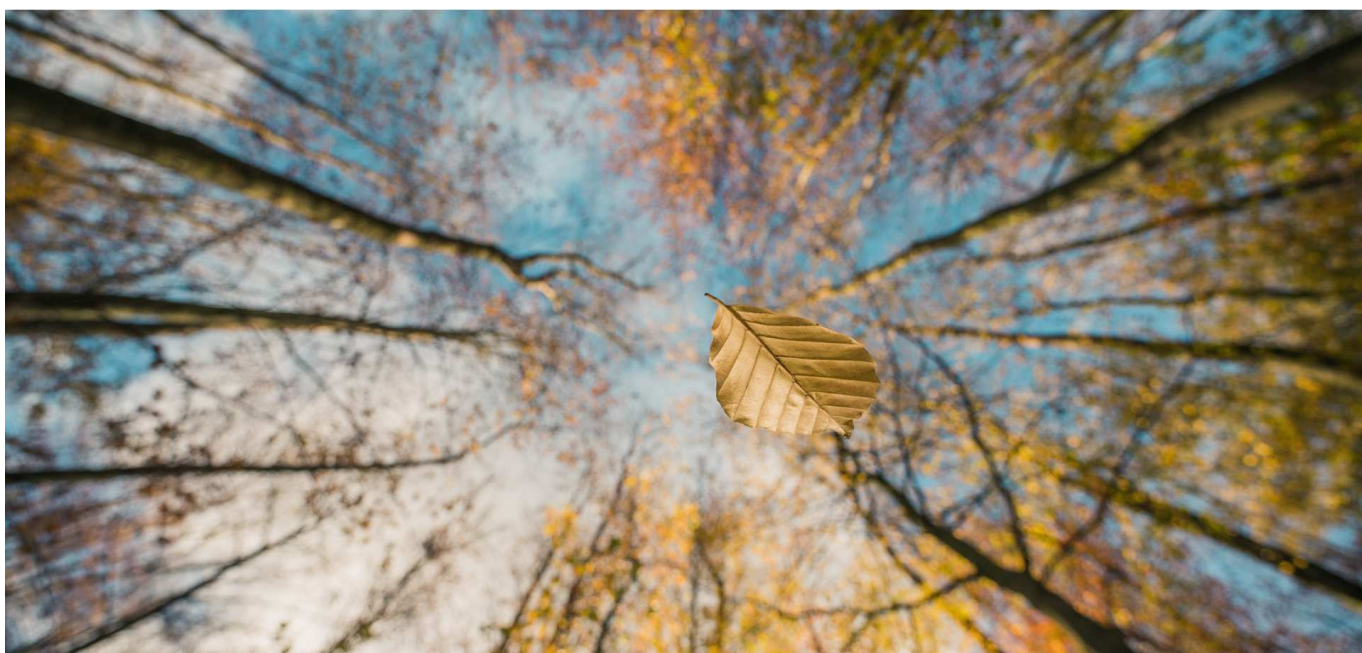
Spadek swobodny jako przykład ruchu jednostajnie przyspieszonego



Spadek swobodny jako przykład ruchu jednostajnie przyspieszonego

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.pexels.com/>, domena publiczna.

Przykładem obrazującym zachowanie ciał pod wpływem stałej, niezrównoważonej siły, jest **spadek swobodny**. Zagadnieniem tym zajmowały się najznamienitsze postacie w dziejach nauki. Doświadczyć go możesz podczas pierwszej fazy skoku na bungee lub na początku skoku spadochronowego. Po tej lekcji dowiesz się, dlaczego wszystkie ciała, niezależnie od ich masy i rozmiarów poddane działaniu tylko działaniu siły grawitacji poruszają się tak samo.



Spadający liść, gdyby nie opory powietrza, opadałby swobodnie pod wpływem działania siły grawitacji (z przyspieszeniem równym przyspieszeniu grawitacyjnemu)

Źródło: dostępny w internecie: www.unsplash.com, licencja: CC BY 3.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- treść drugiej zasady dynamiki Newtona;
- opis zachowania się ciał pod wpływem działającej siły, na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;
- wyrażanie wartości działającej siły w niutonach.

Nauczysz się

- wskazywać, kiedy ciało spada swobodnie;
- rozwiązywać zadania związane ze spadkiem swobodnym;
- objaśniać, jaki wpływ na ruch ciał ma ośrodek, który je otacza.

Trochę historii



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/RXSQylvqdgQBw](#)

Trochę historii.

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

Animacja dotycząca spadku swobodnego w ujęciu historycznym.

Polecenie 1

Na podstawie animacji uzupełnij tabelę. Zaznacz **Prawda** lub **Fałsz**.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Sagredo (alter ego Galileusza) za podstawę nauki przyjmował doświadczenie.	☐	☐
Cieęższe ciała poruszają się w polu grawitacyjnym szybciej niż lżejsze.	☐	☐
Salviati twierdził, że Arystoteles wykonał szereg doświadczeń.	☐	☐

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

Polecenie 2

W jaki sposób Salviati przekonał Simplicio do swoich racji? Notatki możesz zapisać w polu poniżej.

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

Polecenie 3

Podaj dwie jednostki, które pojawiają się w animacji. Jakich wielkości fizycznych dotyczą? Notatki możesz zapisać w polu poniżej.

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

Czym zatem jest spadek swobodny?

Po przeanalizowaniu wcześniejszych informacji możemy już na to pytanie odpowiedzieć:

Ze swobodnym spadkiem ciał mamy do czynienia wtedy, gdy działa na nie tylko pole grawitacyjne.

Potwierdzeniem faktu, że ciała spadają swobodnie z tej samej wysokości w takim samym czasie, jest doświadczenie, które wykonał w 1971 roku David Scott, astronauta, członek załogi Apollo 15. Scott puścił na Księżycu, z tej samej wysokości, piórko o masie 0,03 kilograma i młotek o masie 1,32 kilograma. Spadły jednocześnie.



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/RnA3JxDp3idlR](#)

Scott puścił na Księżycu, z tej samej wysokości, piórko i młotek - spadły jednocześnie

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

Animacja. Astronauta w skafandrze upuszcza równocześnie młotek i piórko. Przedmioty upadają na powierzchnię Księżycu w tym samym momencie. W tle czarne niebo usiane gwiazdami i kawałek Ziemi. Na pierwszym planie widać fragment statku kosmicznego.

Ciało spadające swobodnie nie posiada prędkości początkowej. Żeby ją nadać musielibyśmy użyć dodatkowej siły, a wtedy nie możemy powiedzieć, że jest spełniona powyższa definicja spadku swobodnego. Wiesz już z wcześniejszych lekcji, że ciało poddane działaniu tylko jednej siły porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym. Znasz też już wzory dotyczące tego ruchu.

Drogę możemy policzyć ze wzoru:

$$s = \frac{at^2}{2},$$

zaś prędkość ze wzoru:

$$v_k = at.$$

W tych wzorach już pominęliśmy prędkość początkową ciała.

Dla spadku swobodnego drogę s zastępujemy wysokością, z jakiej spada ciało, a dowolne przyspieszenie grawitacyjnym:

$$h = \frac{gt^2}{2}.$$

Podobnie będzie ze wzorem na prędkość końcową:

$$v_k = gt.$$

Mamy już zatem narzędzia do dalszej pracy.

Przykład 1

Ciało spadało swobodnie na Ziemi przez 2 sekundy. Z jakiej wysokości spadło?

Rozwiązanie:

W tym prostym zadaniu przyjmujemy, że przyspieszenie, z jakim spada ciało ma stałą wartość $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Po podstawieniu danych do powyższego wzoru otrzymujemy:

$$h = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2 \text{ s})^2}{2} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4 \text{ s}^2}{2} = 19,62 \text{ m}.$$

Przykład 2

Założmy, że młotek na Księżycu został puszczonej przez Scotta z wysokości 1,2 m. Po jakim czasie młotek dotarł do powierzchni Księżycy? Przyspieszenie grawitacyjne na Księżycu wynosi $1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Dane:

$$h = 1,2 \text{ m},$$
$$g_k = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Rozwiązanie:

Korzystamy ze wzoru na wysokość w spadku swobodnym:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2},$$

po przekształceniu otrzymujemy wzór na czas spadku:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Podstawiamy dane liczbowe:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,2 \text{ m}}{1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1,22 \text{ s.}$$

Przykład 3

Oblicz czas, w jakim piłka spadnie swobodnie z wysokości 5 metrów, jaką prędkość wtedy osiągnie?

Rozwiązanie:

Po przekształceniu wzoru

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

otzymujemy:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1 \text{ s.}$$

Znając czas spadku, możemy obliczyć wartość prędkości końcowej:

$$v_k = gt,$$

$$v_k = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ s} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Na kolejnym przykładzie omówmy również problem, który rozwiązał Galileusz. Zadajmy pytanie: czy ciała spadające swobodnie mają zawsze taki sam ciężar? Oczywiście, że nie.

Przykład 4

Porównajmy przyspieszenie, z jakim spadają swobodnie w ziemskim polu grawitacyjnym dwa ciała o masach $m_1 = 2 \text{ kg}$ i $m_2 = 6 \text{ kg}$.

Zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona:

$$a = \frac{F}{m}.$$

Dla naszego przykładu na ciała działają siły:

$$F_1 = m_1 \cdot g,$$

$$F_2 = m_2 \cdot g,$$

podstawiając do wzoru na przyspieszenie otrzymujemy:

$$a_1 = \frac{F_1}{m_1} = \frac{m_1 \cdot g}{m_1} = g,$$

$$a_2 = \frac{F_2}{m_2} = \frac{m_2 \cdot g}{m_2} = g.$$

Jedno i drugie ciało porusza się z takim samym przyspieszeniem.

Spadek swobodny jest przykładem obrazującym drugą zasadę dynamiki Newtona. Na ciało spadające swobodnie działa tylko siła grawitacji. Jest to oczywiście przypadek, o który trudno w warunkach ziemskich. Ziemska atmosfera powoduje, że na ciała spadające z pewnej wysokości działa dodatkowo siła oporu powietrza. Różne ośrodki stawiają spadającym ciałom różny opór, dlatego poruszają się w nich szybciej lub wolniej. Niezależnie od ciężaru, czyli siły działającej na daną masę w polu grawitacyjnym, ciała spadają swobodnie tak samo. Wzory dotyczące ruchu jednostajnie przyspieszonego możemy wykorzystać również do spadku swobodnego. Pamiętajmy jednak, że zakładamy stałą wartość przyspieszenia grawitacyjnego.

Ciekawostka

Loty kosmiczne po wokółziemskiej orbicie zbliżonej do okręgu (np. ISS) można traktować jako szczególny przypadek (niekończącego się) spadku swobodnego, bowiem jedyną siłą, działającą na pojazd, jest przyciąganie grawitacyjne od Ziemi. Mamy wówczas do czynienia ze stanem nieważkości.

Ważne!

Stan nieważkości nie jest brakiem grawitacji, ale wynika z faktu przebywania w spadku swobodnym (stąd też można realizować ten stan np. w specjalnych samolotach „nurkujących” w kierunku Ziemi).

Sprawdź się

Ćwiczenie 1



Które informacje dotyczące piórka i piłki spadających swobodnie z tej samej wysokości są prawdziwe, a które fałszywe? Zaznacz **Prawda** lub **Fałsz**.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Piłka spadnie pierwsza, ponieważ ma masę większą niż piórko.	☐	☐
Piórko spadnie pierwsze, ponieważ ma rozmiary mniejsze niż piłka.	☐	☐
Piłka spadnie pierwsza, ponieważ działają na nią mniejsze siły oporu.	☐	☐
Piłka i piórko spadną jednocześnie, wynika to z definicji spadku swobodnego.	☐	☐

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

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie. Wstaw odpowiedzi w lukę.

W spadku swobodnym pomijamy siły ośrodka, prędkość początkowa ciał spadających swobodnie .

ma wartość skończoną

przyciągania

oporu

wynosi zero

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

Ćwiczenie 3



Oblicz czas spadku swobodnego z wysokości $h = 5 \text{ m}$ na Marsie i porównaj go z czasem spadku swobodnego na Jowisz. Wykorzystaj dane zawarte w tabeli.

Planeta	Przyspieszenie grawitacyjne $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Merkury	3,7
Wenus	8,9
Ziemia	9,8
Mars	3,7
Jowisz	24,8
Saturn	10,4
Uran	8,9
Neptun	11,2

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

Ćwiczenie 4



Dokończ zdanie wybierając jedną poprawną odpowiedź.

Ciała spadające swobodnie poruszają się ruchem

- ☐ najpierw ruchem jednostajnie przyspieszonym, a później ruchem jednostajnym.
- ☐ niejednostajnie przyspieszonym.
- ☐ jednostajnie przyspieszonym.
- ☐ jednostajnym.

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

Ćwiczenie 5



Dokończ zdanie wybierając jedną poprawną odpowiedź.

W pewnym punkcie przyspieszenie grawitacyjne wynosi $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Na ciało o masie 5 kg działa siła:

- ☐ 10 N
- ☐ $50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- ☐ 50 N
- ☐ 5 N

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

Ćwiczenie 6



Pogrupuj elementy zgodnie z podanym opisem.

Wielkości fizyczne niezależne od pola grawitacyjnego:

przyspieszenie grawitacyjne

objętość

ciężar

gęstość

siła grawitacji

kształt ciała

masa

Wielkości fizyczne zależne od pola grawitacyjnego:

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

Ćwiczenie 7



Zaznacz prawidłowe odpowiedzi, klikając w okienko obok odpowiedniego słowa.

Pole grawitacyjne Ziemi jest polem	☐ jednorodnym,	a siła przyciągania grawitacyjnego od Ziemi	☐ maleje	wraz z odległością od niej.
	☐ centralnym,		☐ rośnie	

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

Ćwiczenie 8



Ciało spadło swobodnie z przyspieszeniem $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Czas spadku wynosi 5 sekund. Z jakiej wysokości spadło ciało?

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

Słownik

spadek swobodny

ruch ciała, podczas którego działa na nie jedynie siła grawitacji

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 3.0.