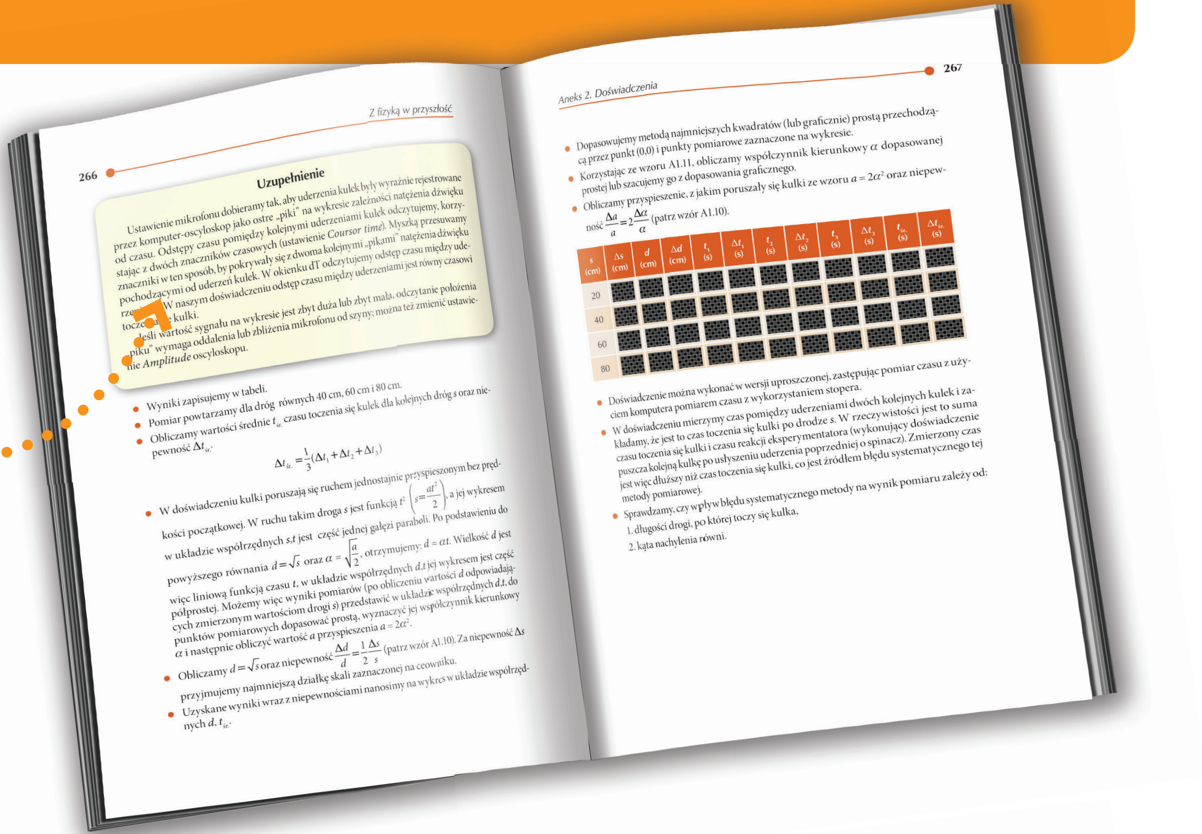
Na kolejnych stronach

Kompletne przygotowanie do matury

Z fizyką w przyszłość to **podręcznik dobrze pomyślany**. Przypomnienie wiadomości z gimnazjum pozwala szybko wyrównać poziom w klasie. Liczne przykłady i rozwiązane zadania pomagają zrozumieć trudniejsze treści.

- Paragrafy *Przypomnij sobie i uzupełnij wiedzę z gimnazjum* **zapewniają uczniom dobry start niezależnie od początkowego stanu wiedzy**.
- Trudne treści, np. z mechaniki, zilustrowaliśmy **dużą liczbą zadań z rozwiązaniami**. Uczniowie poznają sposoby rozwiązywania problemów, które często pojawiają się w arkuszach maturalnych.
- Wybór różnorodnych zadań pozwala wyegzekwować **czynny udział uczniów w lekcji**.

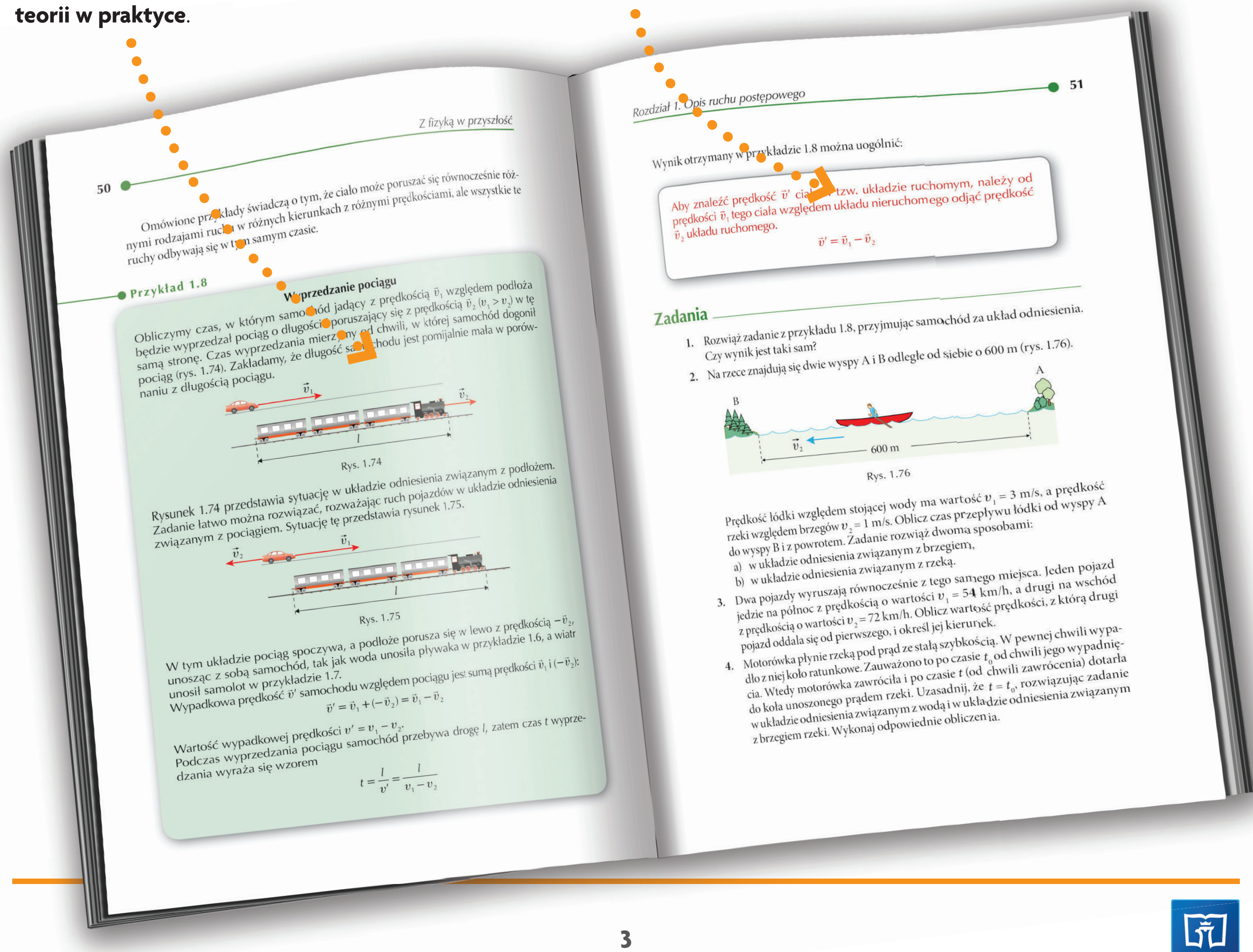
Bogato ilustrowane otwarcia rozdziałów ułatwią uczniom poruszanie się po podręczniku.



Uzupełnienia poszerzają wiedzę uczniów.

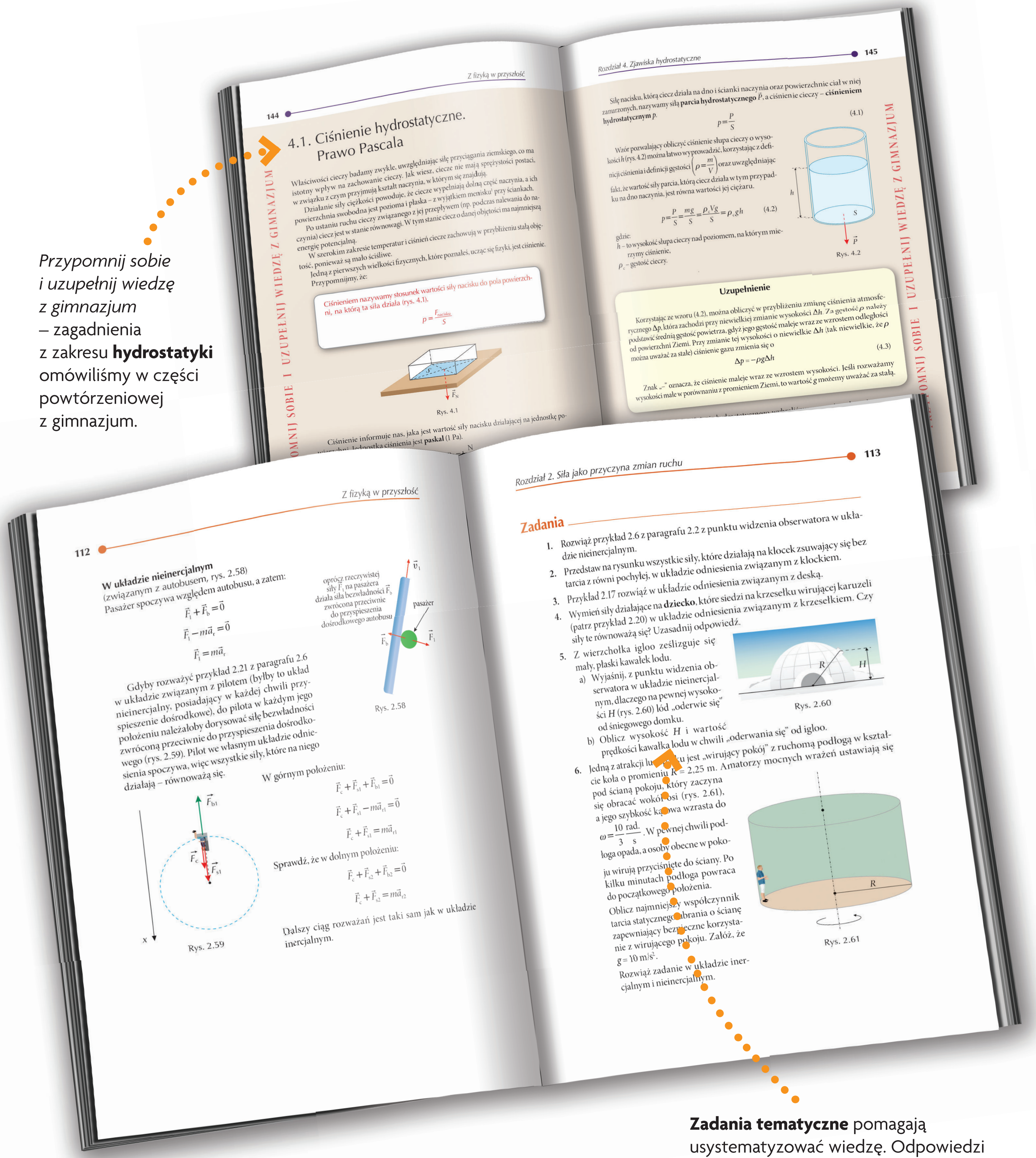
Przykłady ułatwiają naukę i w zrozumiały sposób pokazują **zastosowanie teorii w praktyce**.

Definicje i wzory ważne do zapamiętania są wyróżnione w ramkach – uczeń szybko powtórzy materiał.



Przejrzysty układ treści ułatwia powtórki

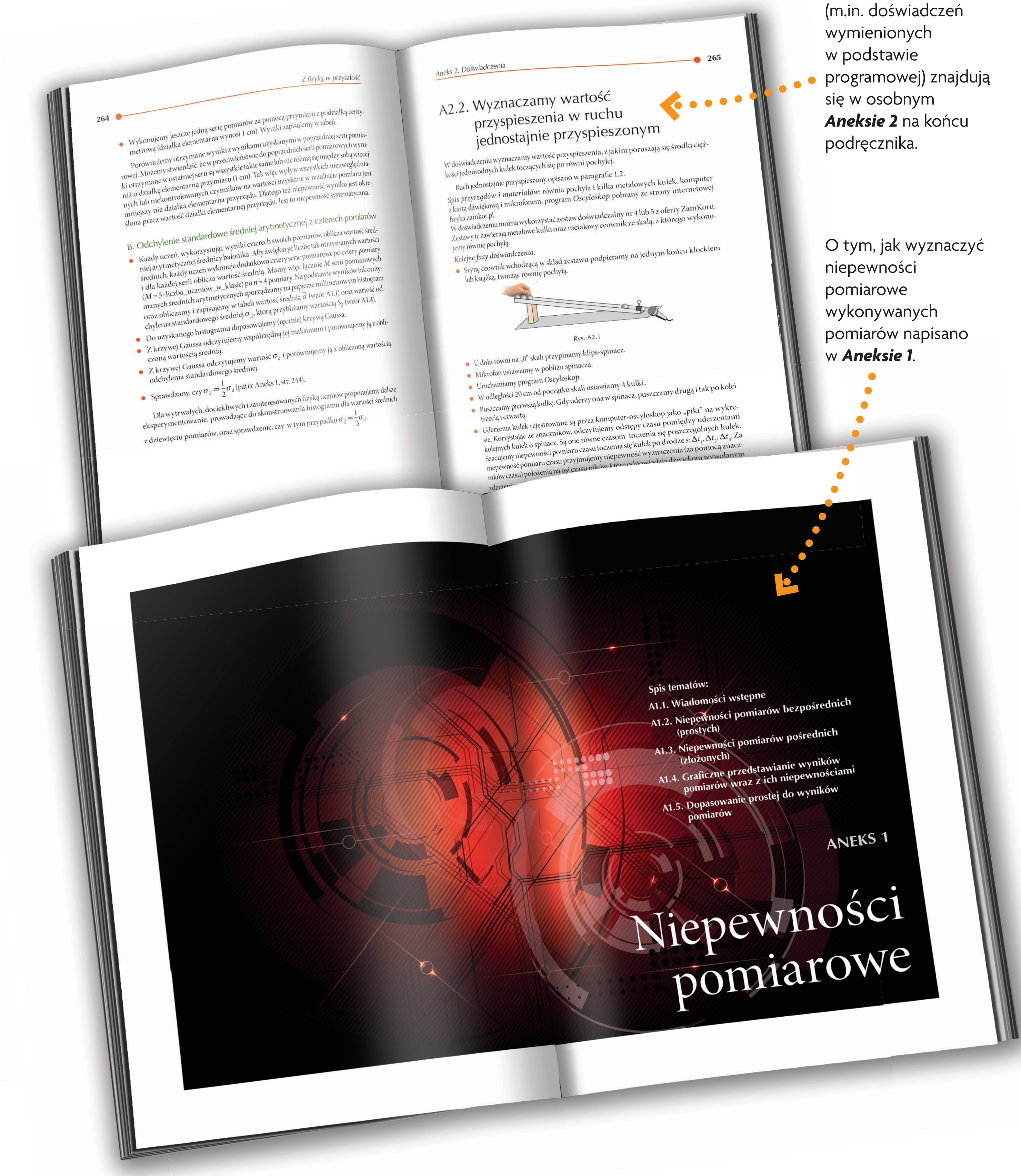
Przypomnij sobie i uzupełnij wiedzę z gimnazjum – zagadnienia z zakresu **hydrostatyki** omówiliśmy w części powtórzeniowej z gimnazjum.



Zadania tematyczne pomagają usystematyzować wiedzę. Odpowiedzi uczeń znajdzie na końcu podręcznika.

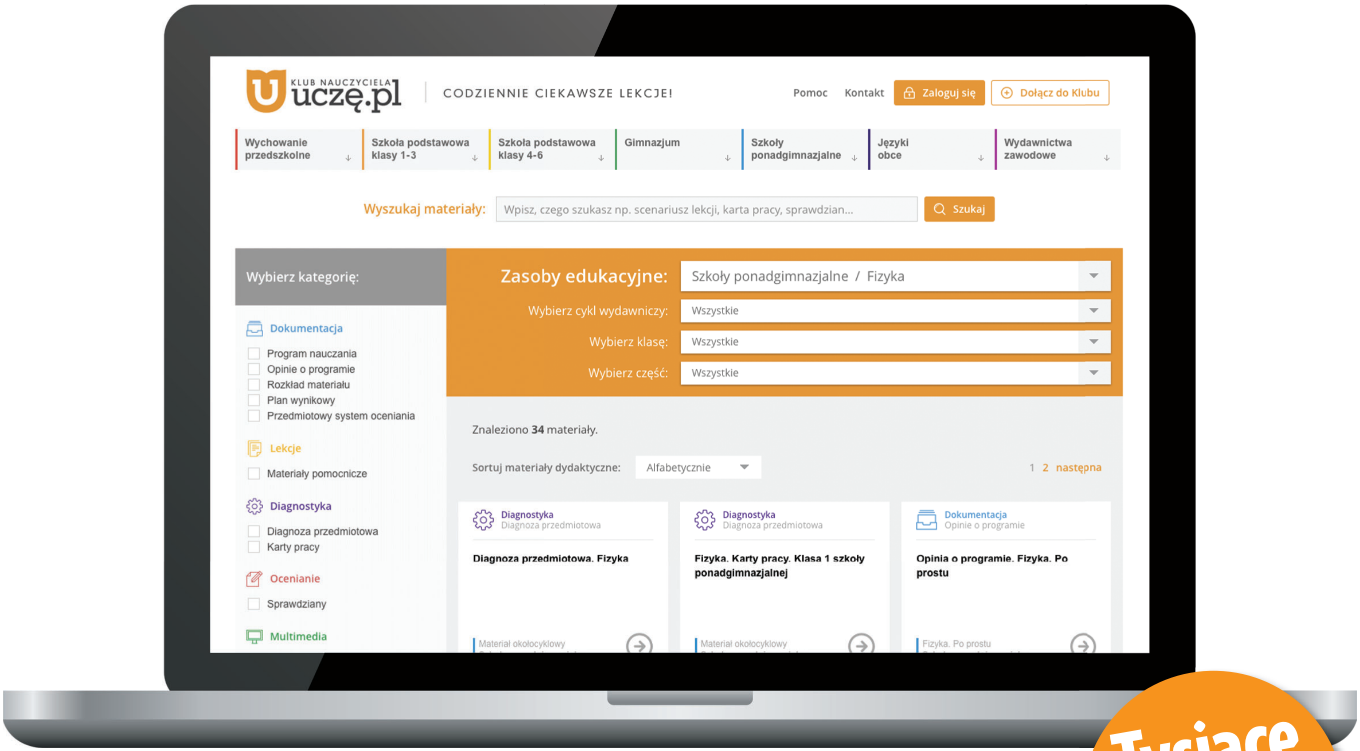
Opisy doświadczeń (m.in. doświadczeń wymienionych w podstawie programowej) znajdują się w osobnym ***Aneksie 2*** na końcu podręcznika.

O tym, jak wyznaczyć niepewności pomiarowe wykonywanych pomiarów napisano w ***Aneksie 1***.



Miejsce, w którym dzielimy się wiedzą

Przygotowywanie ciekawych lekcji, opracowanie klasówek, ocenianie umiejętności uczniów, dokumentacja... Twoja praca wykracza daleko poza szkolną salę. Obowiązków Ci nie odejmiemy, ale możemy sprawić, że wszystko będzie łatwiejsze i mniej czasochłonne.



Tysiące gotowych materiałów

WITAJ W KLUBIE! TU ZNAJDZIESZ:

- **Programy nauczania** – napisane przez doświadczonych autorów, dlatego możesz mieć pewność, że Twój dyrektor je zatwierdzi.
- **Wymagane dokumenty** – zawsze na czas i w odpowiedniej formie.
- **Pomysły na lekcje** – udostępniamy wskazówki metodyczne do lekcji i mnóstwo innych materiałów, które pomogą w realizacji ciekawych zajęć.
- **Sprawdziany, klasówki, testy** – na wysokim poziomie merytorycznym, gotowe do pobrania i drukowania.

WYGODNY DOSTĘP W KAŻDEJ CHWILI

Zapewniamy pomoc nauczycielom wszystkich przedmiotów.
Materiały na **uczę.pl** są dostępne po zalogowaniu się, można je pobierać, zapisywać na własnym komputerze i drukować – w dowolnym miejscu i czasie.
Nauczyciel może wykorzystać nasze materiały do wzbogacenia własnego warsztatu!

Wszystko w jednym miejscu

Dokumentacja

Komplet dokumentów niezbędnych w pracy: **program nauczania**, **rozkład materiału**, **plan wynikowy**.

Lekcje

Pomoce, dzięki którym nauczyciel poprowadzi świetne zajęcia, np. **wskazówki metodyczne do lekcji**.

Ocenianie

Gotowe sprawdziany pomogą nauczycielowi oceniać wiedzę i umiejętności uczniów.

Diagnostyka

Diagnoza przedmiotowa sprawdza poziom wiedzy uczniów na początku klasy 1. Zestaw składa się z testu oraz instrukcji z kluczem odpowiedzi.

Nie wiesz, jak skorzystać z Klubu Nauczyciela? To łatwe!

Dołącz do Klubu Nauczyciela

Członkiem Klubu może zostać każdy nauczyciel. Zarejestruj się i załóż konto: wejdź na stronę **uczę.pl**, kliknij przycisk **Dołącz do Klubu**, a następnie wypełnij **formularz rejestracyjny**.

Zaloguj się

Po rejestracji wybierz przycisk **Zaloguj się**. Wpisz **login** (adres e-mail użyty w trakcie rejestracji) oraz **hasło**.
Jeśli masz login i hasło do dotychczasowej wersji Klubu Nauczyciela, dostępnej pod adresem nauczyciel.wsipnet.pl, to skorzystaj z nich podczas logowania się.

Wyszukaj zasoby edukacyjne

Z górnego menu wybierz odpowiedni segment edukacyjny oraz przedmiot. Wpisz odpowiednie hasło.
1. Wybierz z listy materiał, który Cię interesuje.
lub
2. Kliknij przycisk **Szukaj**, a wyniki zostaną uporządkowane w dwóch sekcjach: **Najlepiej dopasowane** oraz **Pozostałe**.
Po lewej stronie znajdziesz dodatkowe opcje filtrowania. Możesz z nich skorzystać w każdej chwili.

Pobieraj materiały

Na stronie zasobu kliknij przycisk **Pobierz**. Jeśli chcesz pobrać materiał oznaczony kłódką, musisz być zalogowany i mieć uprawnienia do zasobów, w których znajduje się plik.

Na dobry start

Poznaj materiały metodyczne, które znajdziesz w Klubie Nauczyciela.

OGÓLNY ROZKŁAD MATERIAŁU

Nr	Dział fizyki	Liczba godzin przeznaczonych na			
		nowe treści	rozwiązywanie zadań	powtórzenie, sprawdzenie	łącznie
Część 1					
1	Opis ruchu postępowego	14	2	2	18
2	Siła jako przyczyna zmian ruchu	11	2	2	15
3	Praca, moc, energia mechaniczna	7	2	2	11
4	Zjawiska hydrostatyczne	3	2	2	7
5	Pole grawitacyjne	9	2	2	13
6	Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej	9	2	2	13
7	Niepewności pomiarowe	5	–	–	5
8	Doświadczenia	8	–	–	8
	Całkowita liczba godzin	68	10	12	90
Część 2					
1	Drgania i fale mechaniczne	17	2	2	21
2	Zjawiska termodynamiczne	18	2	2	22
3	Pole elektrostatyczne	16	2	2	20
4	Prąd stały	11	2	2	15
5	Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm	21	4	4	29
6	Optyka	6	2	2	10
7	Dualna natura promieniowania i materii	15	2	2	19
8	Modele przewodnictwa elektrycznego	4	–	2	6
9	Doświadczenia	8	–	–	8
	Całkowita liczba godzin	116	16	18	150

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

SZCZEGÓŁOWY ROZKŁAD MATERIAŁU

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Opis ruchu postępowego – 18 godzin	
1. Elementy działań na wektorach	2
2. Podstawowe pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch	3
3. Opis ruchu w jednowymiarowym układzie współrzędnych	6
4. Opis ruchu w dwuwymiarowym układzie współrzędnych	3
5. Rozwiązywanie zadań	2
6. Powtórzenie wiadomości	1
7. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1
2. Siła jako przyczyna zmian ruchu – 15 godzin	
1. Klasyfikacja poznanych oddziaływań	1
2. Zasady dynamiki Newtona	3
3. Ogólna postać drugiej zasady dynamiki	1
4. Zasada zachowania pędu dla układu ciał	2
5. Tarcie	1
6. Siły w ruchu po okręgu	1
7. Opis ruchu w układach nieinercjalnych	2
8. Rozwiązywanie zadań	2
9. Powtórzenie wiadomości	1
10. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1
3. Praca, moc, energia mechaniczna – 11 godzin	
1. Iloczyn skalarny dwóch wektorów	1
2. Praca i moc	2
3. Energia mechaniczna. Rodzaje energii mechanicznej	2
4. Zasada zachowania energii mechanicznej	2
5. Rozwiązywanie zadań	2
6. Powtórzenie wiadomości	1
7. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
4. Zjawiska hydrostatyczne – 7 godzin	
1. Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala	1
2. Prawo Archimedesa	1
3. Zastosowanie prawa Archimedesa do wyznaczania gęstości	1
4. Rozwiązywanie zadań	2
5. Powtórzenie wiadomości	1
6. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

5. Pole grawitacyjne – 13 godzin	
1. O odkryciach Kopernika i Keplera	1
2. Prawo powszechnej grawitacji	1
3. Pierwsza prędkość kosmiczna	1
4. Oddziaływania grawitacyjne w Układzie Słonecznym	1
5. Natężenie pola grawitacyjnego	1
6. Praca w polu grawitacyjnym	1
7. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	1
8. Druga prędkość kosmiczna	1
9. Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia	1
10. Rozwiązywanie zadań	2
11. Powtórzenie wiadomości	1
12. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

6. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej – 13 godzin	
1. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	1
2. Ruch obrotowy bryły sztywnej	2
3. Energia kinetyczna bryły sztywnej	1
4. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	2
5. Moment pędu bryły sztywnej	1
6. Analogie występujące w opisie ruchu postępowego i obrotowego	1
7. Złożenie ruchu postępowego i obrotowego – toczenie	1
8. Rozwiązywanie zadań	2
9. Powtórzenie wiadomości	1
10. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
Aneks 1. Niepewności pomiarowe – 5 godzin	
1. Wiadomości wstępne. Niepewności pomiarów bezpośrednich (prostych)	1
2. Niepewności pomiarów pośrednich (złożonych)	2
3. Graficzne przedstawianie wyników pomiarów wraz z ich niepewnościami	1
4. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów	1

Aneks 2. Doświadczenia – 8 godzin	
1. Poznajemy rozkład normalny (rozkład Gaussa)	1
2. Wyznaczamy wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym	2
3. Badamy ruch po okręgu	1
4. Wyznaczamy współczynnik tarcia kinetycznego	1
5. Sprawdzamy drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego	2
6. Badamy spadanie swobodne; wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego	1

7. Drgania i fale mechaniczne – 21 godzin	
1. Sprężystość jako makroskopowy efekt mikroskopowych oddziaływań elektromagnetycznych	1
2. Ruch drgający harmoniczny	1
3. Matematyczny opis ruchu harmonicznego – Współrzędne: położenia, prędkości i przyspieszenia w ruchu harmonicznym – Okres drgań w ruchu harmonicznym – Energia w ruchu harmonicznym	 2 1 1
4. Wahadło matematyczne	1
5. Drgania wymuszone i rezonansowe	1
6. Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne	1
7. Wielkości charakteryzujące fale	1
8. Funkcja falowa fali płaskiej	1
9. Badanie zależności $y(x)$ dla interferujących fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach	2
10. Badanie zależności $y(t)$ dla interferujących fal wysyłanych przez identyczne źródła	2
11. Fale akustyczne	1
12. Zjawisko Dopplera	1
13. Rozwiązywanie zadań	2
14. Powtórzenie wiadomości	1
15. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
8. Zjawiska termodynamiczne – 22 godziny	
1. Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym	1
2. Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona	1
3. Szczególne przemiany gazu doskonałego – Przemiana izotermiczna – Przemiana izochoryczna – Przemiana izobaryczna	3
4. Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	1
5. Pierwsza zasada termodynamiki i jej zastosowanie do przemian gazowych	2
6. Ciepło właściwe i ciepło molowe	1
7. Energia wewnętrzna jako funkcja stanu	1
8. Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota	2
9. Przejścia fazowe	3
10. Para nasycona i para nienasycona	1
11. Rozszerzalność termiczna ciał	1
12. Transport energii przez przewodnictwo i konwekcję	1
13. Rozwiązywanie zadań	2
14. Powtórzenie wiadomości	1
15. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

9. Pole elektrostatyczne – 20 godzin	
1. Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych	2
2. Natężenie pola elektrostatycznego	3
3. Naelektryzowany przewodnik	1
4. Przewodnik w polu elektrostatycznym	1
5. Analogie między wielkościami opisującymi pola grawitacyjne i elektrostatyczne	3
6. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego	2
7. Kondensator	1
8. Energia naładowanego kondensatora	1
9. Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym	2
10. Rozwiązywanie zadań	2
11. Powtórzenie wiadomości	1
12. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
10. Prąd stały – 15 godzin	
1. Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Natężenie prądu	1
2. Badanie zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu	1
3. Łączenie szeregowe i równoległe odbiorników energii elektrycznej	2
4. Zależność oporu przewodnika od jego długości i przekroju poprzecznego	1
5. Praca i moc prądu elektrycznego	1
6. Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej	1
7. Prosty obwód zamknięty prądu stałego	1
8. Co wskazuje woltomierz dołączony do źródła siły elektromotorycznej?	1
9. Wzrosty i spadki potencjału w obwodzie zamkniętym. Drugie prawo Kirchhoffa	1
10. Przykłady stosowania drugiego prawa Kirchhoffa	1
11. Rozwiązywanie zadań	2
12. Powtórzenie wiadomości	1
13. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

11. Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm – 29 godzin	
1. Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu	1
2. Przewodnik z prądem w polu magnetycznym	1
3. Wektor indukcji magnetycznej	1
4. Naładowana cząstka w polu magnetycznym. Siła Lorentza. Cyklotron	2
5. Pole magnetyczne przewodników z prądem	1
6. Silnik elektryczny	1
7. Właściwości magnetyczne substancji	2
8. Rozwiązywanie zadań	2
9. Powtórzenie wiadomości	1
10. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1
11. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej	2
12. Siła elektromotoryczna indukcji	2
13. Reguła Lenza	2
14. Zjawisko samoindukcji	2
15. Prąd zmienny	2
16. Transformator	2
17. Rozwiązywanie zadań	2
18. Powtórzenie wiadomości	1
19. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
12. Optyka – 10 godzin	
1. Zjawiska odbicia i załamania światła	2
2. Zwierciadła	1
3. Soczewki	2
4. Rozszczepienie światła białego w pryzmacie	1
5. Rozwiązywanie zadań	2
6. Powtórzenie wiadomości	1
7. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1
13. Dualna natura promieniowania i materii – 19 godzin	
1. Fale elektromagnetyczne	2
2. Światło jako fala elektromagnetyczna	6
3. Zjawisko fotoelektryczne	2
4. Emisja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego	2
5. Promieniowanie rentgenowskie	2
6. Fale materii	1
7. Rozwiązywanie zadań	2
8. Powtórzenie wiadomości	1
9. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1
14. Modele przewodnictwa elektrycznego – 6 godzin	
1. Metale	1
2. Półprzewodniki	2
3. Ciecze	1
4. Powtórzenie wiadomości	1
5. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1
Aneks 3. Doświadczenia – 8 godzin	
1. Badanie ruchu wahadła	1
2. Wyznaczanie ciepła właściwego metalu na podstawie bilansu cieplnego	1
3. Wyznaczanie charakterystyk prądowo-napięciowych opornika, żarówki i diody	2
4. Badanie drgań struny	1
5. Obserwacja dyfrakcji światła	1
6. Badanie zjawiska załamania światła	1
7. Badanie obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek	1

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

PLAN WYNIKOWY (FRAGMENT CZ. 1)

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	Elementy działań na wektorach	• podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych, • wymienić cechy wektora, • dodać wektory, • odjąć wektor od wektora, • pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę, • rozłożyć wektor na składowe o dowolnych kierunkach, • obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych, • zapisać równanie wektorowe w postaci równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych.	• zilustrować przykładem każdą z cech wektora, • mnożyć wektory skalarnie i wektorowo, • odczytać z wykresu cechy wielkości wektorowej.	
2	Podstawowe pojęcia i wielkości opisujące ruch	• podzielić ruchy na postępowe i obrotowe i objaśnić różnice między nimi, • posługiwać się pojęciami: szybkość średnia i szybkość chwilowa, droga, położenie, przemieszczenie, prędkość średnia i prędkość chwilowa, przyspieszenie średnie i przyspieszenie chwilowe, • obliczać szybkość średnią, • narysować wektor położenia ciała w układzie współrzędnych, • narysować wektor przemieszczenia ciała w układzie współrzędnych, • odróżnić zmianę położenia od przebytej drogi, • podać warunki, przy których wartość przemieszczenia jest równa przebytej drodze, • narysować prędkość chwilową jako wektor styczny do toru w każdym jego punkcie, • objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym, • zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego.	• zdefiniować: szybkością średnią i szybkość chwilową, przemieszczenie, prędkość średnią i prędkość chwilową, przyspieszenie średnie i przyspieszenie chwilowe, • skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym, opóźnionym i w ruchu krzywoliniowym.	• wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego, • przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych, • rozróżnić jednostki podstawowe wielkości fizycznych i ich pochodne.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3	Opis ruchu w jednowymiarowym układzie współrzędnych	• zdefiniować ruch prostoliniowy jednostajny, • obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym, • sporządzać wykresy $s(t)$ i $v(t)$ oraz odczytywać z wykresu wielkości fizyczne, • obliczyć drogę przebytą w czasie t ruchem jednostajnie przyspieszonym i opóźnionym, • obliczać szybkość chwilową w ruchach jednostajnie przyspieszonych i opóźnionych, • porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchu po linii prostej i stwierdzić, że w przypadku ruchu przyspieszonego wektory $\vec{v}$ i $\vec{a}$ mają zgodne zwroty, a w przypadku ruchu opóźnionego mają przeciwne zwroty.	• wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności współrzędnej położenia i prędkości od czasu dla ruchów jednostajnych, • sporządzać wykresy tych zależności, • objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym (po linii prostej), • wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po linii prostej, • sporządzać wykresy tych zależności, • zinterpretować pole powierzchni odpowiedniej figury na wykresie $v_x(t)$ jako drogę w dowolnym ruchu, • zmieniać układ odniesienia i opisywać ruch z punktu widzenia obserwatorów w każdym z tych układów.	• rozwiązywać zadania dotyczące ruchów jednostajnych i jednostajnie zmiennych, • rozwiązywać problemy dotyczące składania ruchów.
4	Opis ruchu w dwuwymiarowym układzie współrzędnych	• opisać rzut poziomy jako ruch złożony ze spadania swobodnego i ruchu jednostajnego w kierunku poziomym, • objaśnić wzory opisujące rzut poziomy, • wyrazić szybkość liniową przez okres ruchu i częstotliwość, • posługiwać się pojęciem szybkości kątowej, • wyrazić szybkość kątową przez okres ruchu i częstotliwość, • stosować miarę łukową kąta, • zapisać związek pomiędzy szybkością liniową i kątową.	• opisać matematycznie rzut poziomy, • obliczyć wartość prędkości chwilowej ciała rzuconego poziomo i ustalić jej kierunek, • wyprowadzić związek między szybkością liniową i kątową, • przekształcać wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego i zapisać różne postacie tego wzoru.	• rozwiązywać zadania dotyczące rzutu poziomego, • zaproponować i wykonać doświadczenie pokazujące, że czas spadania ciała rzuconego poziomo z pewnej wysokości jest równy czasowi spadania swobodnego z tej wysokości, • rozwiązywać problemy dotyczące ruchu jednostajnego po okręgu.

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
Aneks 1 1–5 Aneks 2 1–6	Wiadomości wstępne Niepewności pomiarów bezpośrednich (prostych) Niepewności pomiarów pośrednich (złożonych) Graficzne przedstawianie wyników pomiarów wraz z ich niepewnościami Dopasowanie prostej do wyników pomiarów Poznajemy rozkład normalny Wyznaczamy wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym Badamy ruch po okręgu Wyznaczamy współczynnik tarcia kinetycznego za pomocą równi pochyłej Sprawdzamy drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego Wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego	• wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich (prostych), • wymienić przykłady pomiarów pośrednich (złożonych), • odróżnić błędy od niepewności • odróżnić błędy grube od błędów systematycznych, • wymienić sposoby eliminowania błędów pomiaru, • wskazać źródła występowania niepewności pomiarowych, • odczytywać wskazania przyrządów pomiarowych, • ocenić dokładność przyrządu • przygotować zestaw doświadczalny wg instrukcji, • wykonać samodzielnie kolejne czynności, • sporządzić tabelę wyników pomiaru, • obliczyć wartości średnie wielkości mierzonych, • sporządzić odpowiedni układ współrzędnych (podpisać i wyskalować osie, zaznaczyć jednostki wielkości fizycznych), • zaznaczyć w układzie współrzędnych punkty wraz z niepewnościami, • zapisać wynik pomiaru w postaci $x \pm \Delta x$.	• obliczyć niepewność względną pomiaru, • oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą najmniej korzystnego przypadku, • przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami, • dopasować graficznie prostą do punktów pomiarowych i ocenić trafność tego postępowania, • odczytać z dopasowanego graficznie wykresu współczynnik kierunkowy prostej, • podać przyczyny ewentualnych błędów systematycznych, • zaproponować sposób postępowania pozwalający uniknąć błędów systematycznych, • oszacować wielkość błędów systematycznych, • ocenić krytycznie, czy otrzymany wynik doświadczenia jest realny, • samodzielnie sformułować wnioski wynikające z doświadczenia.	• dopasować prostą do wyników pomiarów, • obliczyć współczynnik kierunkowy prostej dopasowanej do punktów pomiarowych, • obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, • obliczyć odchylenie standardowe średniej dla każdej serii pomiarów, • podać wynik pomiaru w postaci $x \pm \Delta x$, • ocenić, czy niepewność pomiaru jest niepewnością systematyczną, • samodzielnie zaproponować metodę wyznaczenia wielkości fizycznej.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

UWAGI METODYCZNE

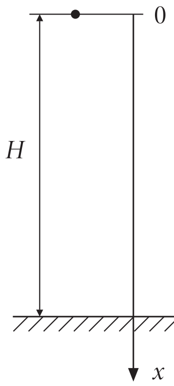
ROZDZIAŁ 1. OPIS RUCHU POSTĘPOWEGO

W podręczniku do kursu rozszerzonego realizujemy konsekwentnie wektorowy opis ruchu.
Najpierw definiujemy wszystkie wielkości wektorowe opisujące ruch – wektor położenia, prędkość średnią, prędkość chwilową, przyspieszenie średnie i przyspieszenie chwilowe; wyprowadzamy także wzór odpowiadający na pytanie, od czego zależy wartość przyspieszenia dośrodkowego w ruchu krzywoliniowym. Potem dopiero przypominamy podział ruchów na jednostajne, jednostajnie zmienne i niejednostajnie zmienne (podział ten znany jest z gimnazjum). Pokazujemy, że w ruchu prostoliniowym przyspieszonym wektory przyspieszenia i prędkości mają zwroty zgodne, a w ruchu opóźnionym – przeciwne. Pokazujemy także, że w ruchu krzywoliniowym wektory przyspieszenia i prędkości tworzą z sobą kąt ostry (gdy v rośnie), prosty (gdy v = const) i rozwarty (gdy v maleje).
Analizując ruchy krzywoliniowe na płaszczyźnie, rozkładamy je na dwa ruchy prostoliniowe, odbywające się wzdłuż prostych prostopadłych (osie x i y). Operujemy współrzędnymi wektorów położenia, prędkości i przyspieszenia (x, v_x, a_x oraz y, v_y, a_y).
Konsekwentne odróżnianie wektora od jego wartości (długości), na które w podręczniku zwraca się szczególną uwagę, wymaga stosowania w każdym przypadku starannego zapisu symboli. I tak w niektórych przypadkach, zapisując wartość wektora, zamiast $|\vec{F}|$ można pisać F, zamiast $|\vec{v}|$ (wartość prędkości chwilowej) można pisać v. Jednak w przypadku, gdy chodzi o wartość wektora $\Delta\vec{r}$ (zmiany położenia) należy stosować zapis $|\Delta\vec{r}|$, a nie Δr, bo wartości $|\Delta\vec{r}|$ i Δr nie muszą być jednakowe. Na przykład w ruchu po okręgu o środku w początku układu współrzędnych $\Delta r = 0$, a $|\Delta\vec{r}| \neq 0$. Podobnie nie powinno się wartości wektora prędkości średniej zapisywać jako $v_{śr.}$, lecz $|\vec{v}_{śr.}|$, bowiem $v_{śr.}$ to szybkość średnia, która często nie jest równa $|\vec{v}_{śr.}|$.
W szczególności zależy nam, aby przekonać uczniów, że wartość każdego wektora może być tylko dodatnia lub równa zeru (tak jak uczą się na lekcjach matematyki), np. $a=\sqrt{a_x^2+a_y^2}$, $v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$. Ujemna może być jedynie współrzędna wektora, przy czym ujemna wartość współrzędnej przyspieszenia nie oznacza, że ruch jest opóźniony, a jej dodatnia wartość nie oznacza, że ruch jest przyspieszony. Wiadomo bowiem, że jeśli zwrot osi x (przyjętej do opisu ruchu odbywającego się wzdłuż tej osi) zmienimy na przeciwny, to zmienią się znaki współrzędnych wszystkich wektorów, a ruch pozostaje taki sam. W podręczniku podano kilka przykładów, które powinny utwierdzić uczniów w tym przekonaniu. Poniżej podajemy jeszcze jeden.

Zajmijmy się opisem ruchu kulki, która spada swobodnie z wysokości H = 11,25 m i odbija się doskonale sprężyście od podłoża, wskutek czego po odbiciu wznosi się na taką samą wysokość.

Jeśli przyjmiemy g = 10 m/s², to czas spadania kulki wynosi $t=\sqrt{\frac{2H}{g}}$, a szybkość końcowa $v = gt$ = 15 m/s.

1. Przyjmijmy, że oś x jest zwrócona w dół, zgodnie z prędkością spadającej kulki (rysunek). Zero osi x niech znajduje się na wysokości H nad podłożem.



a) **Spadanie**
Warunki początkowe są następujące: $x_0 = 0$, $v_{0x} = 0$.
Kinematyczne równania ruchu:

$$x=\frac{a_x t^2}{2} \qquad v_x = a_x t \qquad \text{więc} \qquad x=\frac{gt^2}{2} \qquad v_x = gt$$

Uwaga. W tych równaniach współrzędna a_x jest dodatnia i równa g (ruch jest przyspieszony); jest tak dlatego, że wektor $\vec{g}$ ma zwrot zgodny ze zwrotem osi x.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

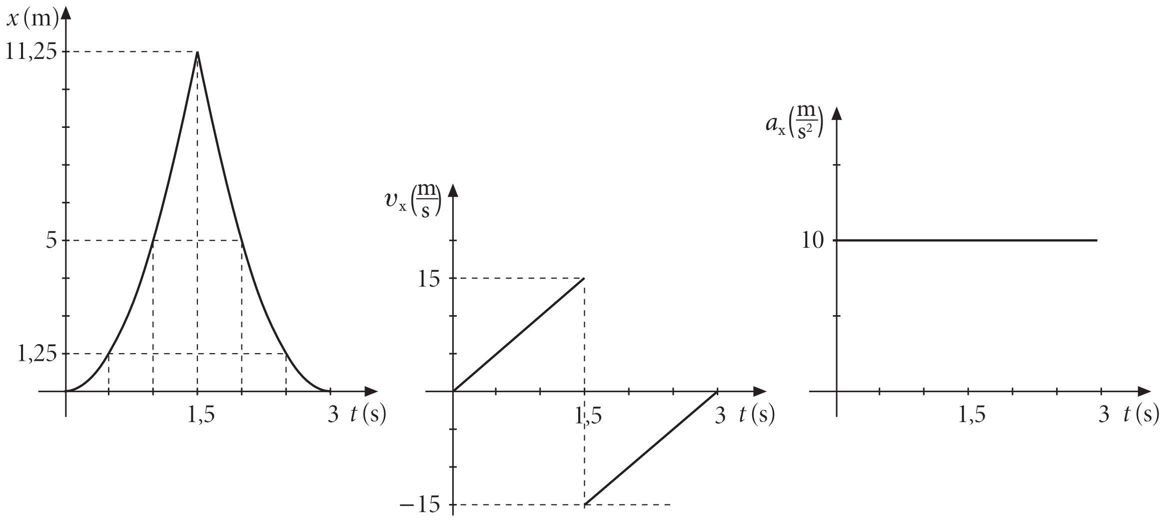
© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

b) **Wznoszenie się**
Warunki początkowe są następujące: $x_0 = H$, $v_{0x} = -v$.
Kinematyczne równania ruchu:

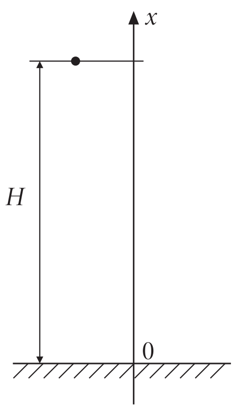
$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \qquad v_x = v_{0x} + a_x t \qquad \text{więc} \qquad x = H + vt + \frac{gt^2}{2} \qquad v_x = -v + gt$$

Uwaga. W tych równaniach współrzędna jest dodatnia, **mimo że ruch jest opóźniony**; jest tak dlatego, że wektor $\vec{g}$ jest zwrócony zgodnie z osią x.

Wykresy (nie uwzględniamy czasu zderzenia kulki z podłożem):



2. Przyjmijmy, że oś x jest zwrócona w górę. Niech zero osi x znajduje się w punkcie odbicia kulki od podłoża.



a) **Spadanie**
Warunki początkowe są następujące: $x_0 = H$, $v_{0x} = 0$.
Kinematyczne równania ruchu:

$$x = H - \frac{gt^2}{2} \qquad v_x = -gt$$

Uwaga. W tych równaniach współrzędna $a_x = -g$, a więc jest ujemna, mimo że ruch jest przyspieszony; jest tak dlatego, że wektor $\vec{g}$ ma teraz przeciwny zwrot do zwrotu osi x, przyjętej do opisu ruchu.

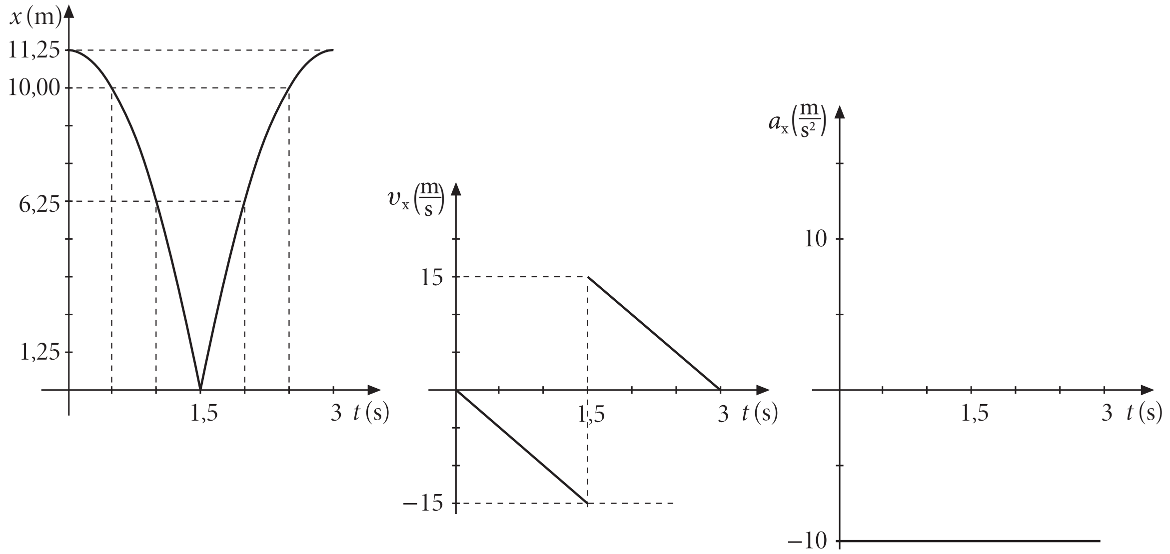
b) **Wznoszenie**
Warunki początkowe są następujące: $x_0 = 0$, $v_{0x} = v$.
Kinematyczne równania ruchu:

$$x = vt - \frac{gt^2}{2} \qquad v_x = v - gt$$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Wykresy (pomijamy czas zderzenia kulki z podłożem):



Należy zwrócić uwagę uczniom, że wykres zależności wielkości wektorowej od czasu to wykres zależności współrzędnej tego wektora od czasu.

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

.... Imię i nazwisko .... Data .... Klasa

Wersja A

SPRAWDZIAN 1

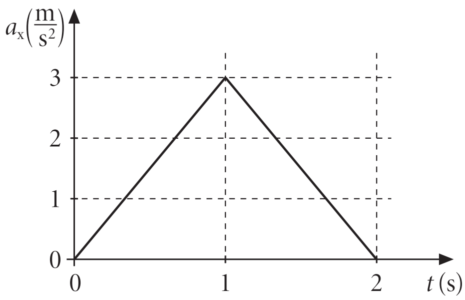
OPIS RUCHU POSTĘPOWEGO

1. Samochód jadący z szybkością 10 m/s na prostoliniowym odcinku trasy zwolnił i osiągnął szybkość 5 m/s.

a) Przyrost prędkości ma wartość 5 m/s i zwrot zgodny ze zwrotem prędkości samochodu.
b) Przyrost prędkości ma wartość 5 m/s i zwrot przeciwny do zwrotu prędkości samochodu.
c) Przyrost prędkości ma wartość –5 m/s i zwrot zgodny ze zwrotem prędkości samochodu.
d) Przyrost prędkości ma wartość –5 m/s i zwrot przeciwny do zwrotu prędkości samochodu.

2. Samolot leciał najpierw 300 km na wschód, a następnie na północ. Przemieszczenie samolotu na całej trasie ma wartość 500 km. Droga przebyta przez ten samolot jest równa
a) 500 km b) 600 km c) 700 km d) 800 km

3. Na wykresie przedstawiono zależność przyspieszenia od czasu w dwóch pierwszych sekundach ruchu. Jakim ruchem poruszało się ciało w czasie pierwszej i drugiej sekundy ruchu? Jaką szybkość osiągnęło po dwóch sekundach ruchu? ($v_0 = 0$)

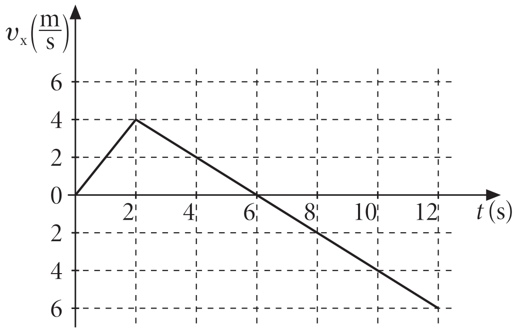


a) W pierwszej sekundzie ruchem niejednostajnie przyspieszonym, w drugiej – niejednostajnie opóźnionym. Szybkość po dwóch sekundach jest równa zeru.
b) W pierwszej sekundzie ruchem jednostajnie przyspieszonym, w drugiej – jednostajnie opóźnionym. Szybkość po dwóch sekundach jest równa zeru.
c) W czasie obydwu sekund ciało poruszało się ruchem niejednostajnie przyspieszonym, a szybkość po dwóch sekundach wynosi 2 m/s.
d) W czasie obydwu sekund ciało poruszało się ruchem niejednostajnie przyspieszonym, a szybkość po dwóch sekundach wynosi 3 m/s.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

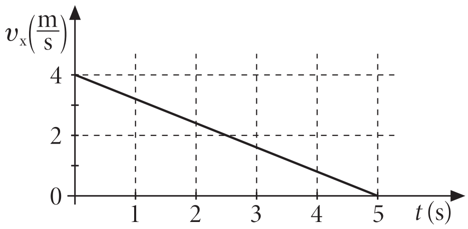
4. Średnia szybkość ruchu przedstawionego na wykresie w czasie 12 s wynosiła
   a) $v_{śr.} = 0$ m/s b) $v_{śr.} = 2{,}5$ m/s c) $v_{śr.} = 3$ m/s d) $v_{śr.} = 5$ m/s



5. Samochód jedzie z prędkością o wartości 100 km/h równolegle do torów kolejowych. W pewnej chwili dogania pociąg o długości 300 m poruszający się w tę samą stronę z szybkością 40 km/h. Jeśli pominąć rozmiary samochodu, to wyprzedzanie pociągu trwa
   a) 10 s b) 12 s c) 15 s d) 18 s

6. Kula karabinowa wystrzelona poziomo z szybkością początkową $v_0 = 820$ m/s upadła na ziemię w odległości $l = 410$ m od lufy. Lufa znajdowała się na wysokości
   a) 1 m b) 1,25 m c) 1,5 m d) 2 m

7. Na rysunku przedstawiono wykres $v_x(t)$ dla ciała poruszającego się wzdłuż prostej.



   Jeżeli współczynniki liczbowe są wyrażone w odpowiednich jednostkach SI, to drogę przebytą przez ciało w czasie $t \leq 5$ s można obliczyć ze wzoru
   a) $s = 4t + 0{,}4t^2$ b) $s = 4t - 0{,}8t^2$ c) $s = 4t - 0{,}4t^2$ d) $s = 2t - 0{,}4t^2$

8. Ciało porusza się bez prędkości początkowej z przyspieszeniem o wartości $a = 0{,}8$ m/s^2. W ciągu trzeciej sekundy ruchu przebędzie drogę
   a) 1,2 m b) 2 m c) 2,4 m d) 3,6 m

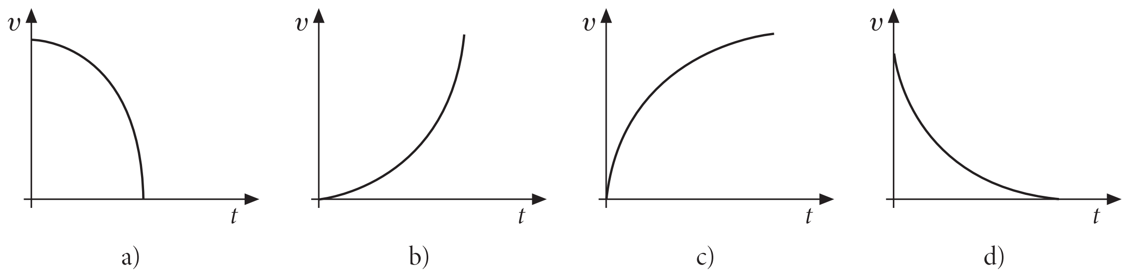
9. Po jakim czasie wróci na ziemię pocisk wystrzelony pionowo w górę z prędkością początkową o wartości $v_0 = 100$ m/s? Opór powietrza pomijamy, $g = 10$ m/s^2.
   a) 5 s b) 10 s c) 15 s d) 20 s

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

10. Jeśli ciało porusza się ruchem jednostajnym po okręgu, to jego przyspieszenie jest
   a) równe zeru.
   b) stałe co do wartości.
   c) stałe co do kierunku.
   d) stałe co do wartości i kierunku.

11. Wybierz wykres ilustrujący ruch, w którym szybkość wzrasta, a przyspieszenie maleje.



AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

 © Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

.... Imię i nazwisko .... Data .... Klasa

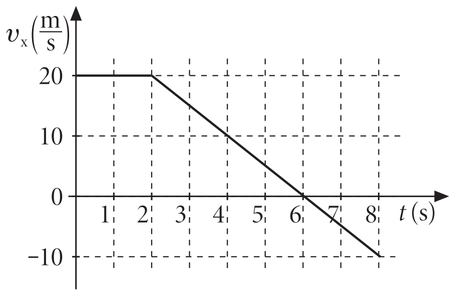
Wersja B

SPRAWDZIAN 1

OPIS RUCHU POSTĘPOWEGO

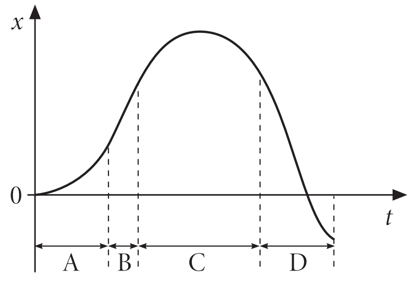
1. Piłka lecąca prostopadle do ściany z szybkością 4 m/s zderza się z nią idealnie sprężyście. Szybkość piłki po odbiciu jest równa szybkości początkowej. Wartość przyrostu prędkości piłki wynosi
   a) 0 m/s b) 4 m/s c) 8 m/s d) 2 m/s

2. Na podstawie wykresu $v_x(t)$ (dla ruchu prostoliniowego) oblicz:
   A. drogę przebytą przez ciało w ciągu 8 s;
   B. jak daleko znalazło się ciało po 8 s ruchu od miejsca, z którego wyruszyło.



   a) A. 140 m; B. 100 m b) A. 90 m; B. 80 m c) A. 90 m; B. 70 m d) A. 60 m; B. 40 m

3. Wykres przedstawia zależność położenia od czasu ciała, które porusza się wzdłuż osi x. W którym z zaznaczonych przedziałów czasu A, B, C, D współrzędna a_x przyspieszenia ciała jest ujemna?



   a) A b) B c) C d) D

4. Rowerzysta przejechał połowę drogi z szybkością v_1, a drugą połowę z szybkością v_2. Średnia szybkość, z jaką rowerzysta przejechał całą drogę, jest równa
   a) $v_{śr.} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ b) $v_{śr.} = \frac{v_1 v_2}{v_1 + v_2}$ c) $v_{śr.} = \frac{v_1 v_2}{2(v_1 + v_2)}$ d) $v_{śr.} = \frac{2 v_1 v_2}{v_1 + v_2}$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

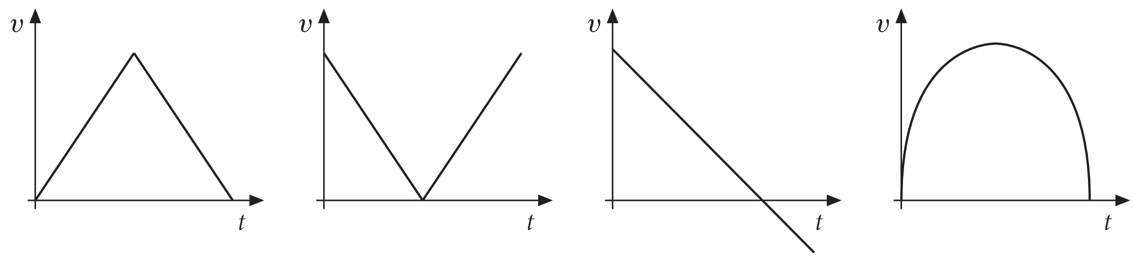
5. Pociąg o długości 120 m, jadący z szybkością v_1, mija się z pociągiem o długości 180 m, który jedzie z szybkością $v_2 = 2v_1$. Pasażer siedzący w wagonie pierwszego pociągu widzi przez okno drugi pociąg przez 6 s, nie zmieniając kierunku obserwacji. Szybkość pierwszego pociągu wynosi
a) około 27 m/s b) 20 m/s c) 15 m/s d) 10 m/s

6. Poniżej podano kilka zdań na temat rzutu poziomego (pomijamy opór powietrza).
I. Rzut poziomy jest to ruch, który następuje po nadaniu ciału prędkości początkowej $\vec{v}_0$ i odbywa się bez oporu powietrza.
II. Czas trwania rzutu poziomego od chwili wyrzucenia ciała z wysokości h do chwili uderzenia o podłoże jest równy czasowi swobodnego spadania z tej wysokości.
III. W rzucie poziomym prędkość chwilowa nie zmienia swojej wartości i pozostaje w każdej chwili styczna do toru ruchu.
IV. Rzut poziomy jest ruchem złożonym z ruchu jednostajnego w kierunku poziomym i spadania swobodnego w kierunku pionowym.
Które zdania są prawdziwe?
a) Tylko II. b) Tylko II i IV.
c) Tylko I i II. d) Wszystkie zdania są prawdziwe.

7. Rysunek przedstawia zależność współrzędnej prędkości v_x od czasu t. Jeśli współczynniki liczbowe wyrażone są w odpowiednich jednostkach SI, to funkcja $x(t)$ w tym ruchu ma postać
a) $x(t) = 1{,}5t + 3t^2$
b) $x(t) = 3t + 0{,}4t^2$
c) $x(t) = 1{,}5t + 0{,}8t^2$
d) $x(t) = 3t + 0{,}25t^2$

8. W której sekundzie od chwili rozpoczęcia ruchu ciało przebyło drogę $s = 19$ m, jeśli poruszało się z przyspieszeniem $a = 2$ m/s²?
a) W drugiej. b) W dziewiątej. c) W dziesiątej. d) W siódmej.

9. Zależność szybkości od czasu dla ciała rzuconego pionowo w górę przedstawia wykres

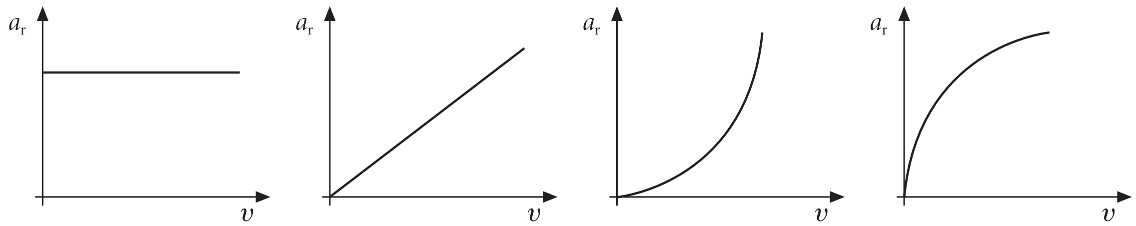


a) b) c) d)

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

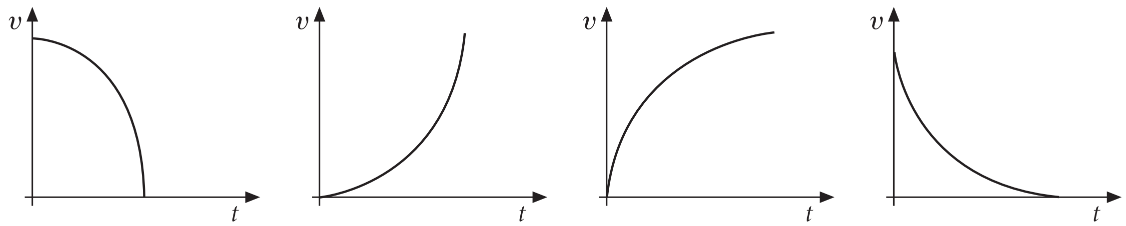
© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

10. Który z poniższych wykresów prawidłowo przedstawia zależność wartości przyspieszenia dośrodkowego od szybkości ciała poruszającego się po okręgu o promieniu *r*?



a) b) c) d)

11. Z poniższych wykresów wybierz taki, który ilustruje ruch, w którym szybkość maleje, a wartość przyspieszenia wzrasta.



a) b) c) d)

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

ODPOWIEDZI DO ZADAŃ ZE SPRAWDZIANU 1

OPIS RUCHU POSTĘPOWEGO

Wersja A

Zadanie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Odpowiedź	b	c	d	b	d	b	c	b	d	b	c

Wersja B

Zadanie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Odpowiedź	c	c	c	d	d	b	d	c	b	c	a

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

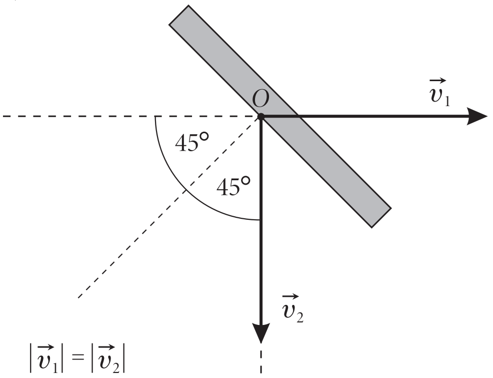
© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

ROZWIĄZANIA ZADAŃ Z PODRĘCZNIKA

ROZDZIAŁ 1. OPIS RUCHU POSTĘPOWEGO

Strona 12, zadanie 1

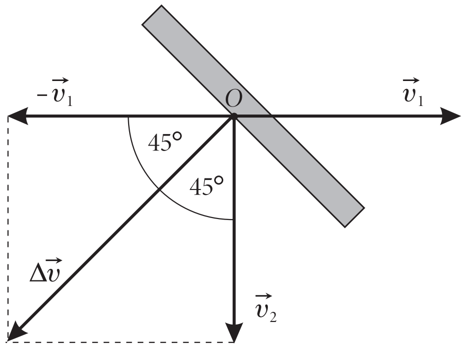
a)



$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$

b)

Wektor zmiany prędkości piłki $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$



c)

Długość wektora $\Delta\vec{v}$ jest równa długości przekątnej kwadratu o boku $v = |\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$, czyli:

$|\Delta\vec{v}| = v\sqrt{2}$ $\qquad$ $|\Delta\vec{v}| = 6\sqrt{2}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

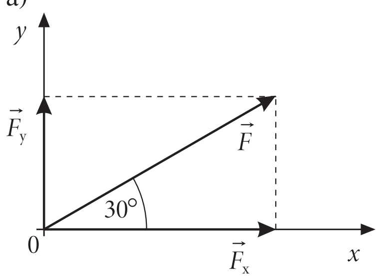
Odpowiedź: W wyniku zderzenia ze ścianą wartość prędkości piłki zmieniła się o $6\sqrt{2}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Strona 12, zadanie 2

Dane: $F = 12$ N; $\alpha = 30°$

Szukane: $|\vec{F}_x|, |\vec{F}_y|, F_x, F_y$

a)



AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

b)
Wartości wektorów składowych są równe:

$$\left|\vec{F}_x\right| = \left|\vec{F}\right|\cos 30° = \frac{12\sqrt{3}\ \mathrm{N}}{2} = 6\sqrt{3}\ \mathrm{N}$$

$$\left|\vec{F}_y\right| = \left|\vec{F}\right|\sin 30° = \frac{12\ \mathrm{N}}{2} = 6\ \mathrm{N}$$

c)
Współrzędne wektorów składowych są odpowiednio równe:

$$F_x = F\cos 30° = \frac{12\sqrt{3}\ \mathrm{N}}{2} = 6\sqrt{3}\ \mathrm{N}$$

$$F_y = F\sin 30° = \frac{12\ \mathrm{N}}{2} = 6\ \mathrm{N}$$

Strona 20, zadanie 1
Dane: $l = 50$ m; $t = 50$ s
Szukane: $v_{śr.}; \left|\vec{v}_{śr.}\right|$
Rozwiązanie:
a)

$$v_{śr.} = \frac{s}{t} = \frac{2l}{t} \qquad v_{śr.} = \frac{100\ \mathrm{m}}{50\ \mathrm{s}} = 2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Odpowiedź: Średnia szybkość pływaka była równa 2 m/s.
b)

$$\vec{v}_{śr.} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \qquad \left|\vec{v}_{śr.}\right| = \frac{\left|\Delta\vec{r}\right|}{\Delta t} \qquad \left|\Delta\vec{r}\right| = 0 \qquad \left|\vec{v}_{śr.}\right| = 0$$

Odpowiedź: Wartość średniej prędkości pływaka była równa zeru.

Strona 20, zadanie 2
Korzystamy z definicji szybkości średniej

$$v_{śr.} = \frac{s}{t}$$

Odpowiednie wartości liczbowe drogi i czasu odczytujemy z wykresów.
a)

$$v_{śr.\,I} = \frac{120\ \mathrm{km}}{2\ \mathrm{h}} = 60\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \qquad v_{śr.\,II} = \frac{80\ \mathrm{km}}{2\ \mathrm{h}} = 40\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

b)

$$v_{śr.\,I} = \frac{120\ \mathrm{km}}{3\ \mathrm{h}} = 40\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \qquad v_{śr.\,II} = \frac{120\ \mathrm{km}}{3\ \mathrm{h}} = 40\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

c)

$$v_{śr.\,I} = \frac{120\ \mathrm{km}}{4\ \mathrm{h}} = 30\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \qquad v_{śr.\,II} = \frac{160\ \mathrm{km}}{4\ \mathrm{h}} = 40\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

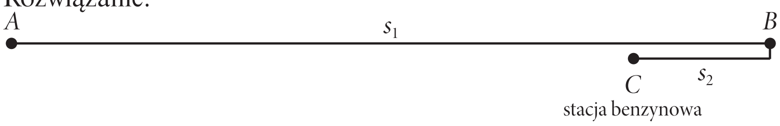
Pierwszy pojazd poruszał się tylko przez dwie godziny. Zatem jego szybkości średnie obliczane dla $t = 3$ h i $t = 4$ h są odpowiednio mniejsze niż dla $t = 2$ h. Średnia szybkość drugiego pojazdu nie zmieniała się.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 20, zadanie 3

Dane: $v_{śr.} = 60$ km/h; $t_1 = 15$ min $= 1/4$ h; $v = 6$ km/h; $t_2 = 3$ min $= 1/20$ h
Szukane: $v_{\text{śr. kierowcy}}$
Rozwiązanie:



$s_1 = v_{śr.} t_1$
$s_2 = v_{śr.} t_2$

$$v_{\text{śr. kierowcy}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_3}$$

gdzie t_3 to czas, w którym kierowca przebył pieszo drogę s_2.

$$t_3 = \frac{s_2}{v} = \frac{v_{śr.} t_2}{v}$$

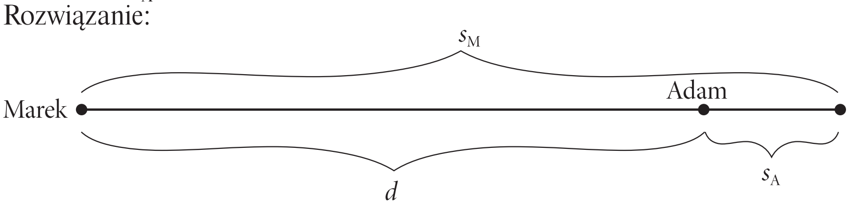
$$v_{\text{śr. kierowcy}} = \frac{v_{śr.}(t_1 + t_2)}{t_1 + \frac{v_{śr.} t_2}{v}} = \frac{v\, v_{śr.}(t_1 + t_2)}{v t_1 + v_{śr.} t_2}$$

$$v_{\text{śr. kierowcy}} = \frac{6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 60\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\left(\frac{1}{4}\,\text{h} + \frac{1}{20}\,\text{h}\right)}{6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{4}\,\text{h} + 60\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{20}\,\text{h}} = 24\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Odpowiedź: Średnia szybkość kierowcy była równa 24 km/h.

Strona 21, zadanie 4

Dane: $v_M = 3{,}5$ m/s; $v_A = 1{,}5$ m/s; $d = 100$ m
Szukane: t, s_A
Rozwiązanie:



$s_M = d + s_A$
$v_M t = d + v_A t$

$$t = \frac{d}{v_M - v_A} \qquad t = \frac{100\,\text{m}}{2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 50\,\text{s}$$

$$s_A = v_A t = \frac{v_A d}{v_M - v_A} \qquad s_A = \frac{1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 100\,\text{m}}{2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 75\,\text{m}$$

Odpowiedź: Marek dogoni Adama po 50 s. W tym czasie Adam przebędzie drogę równą 75 m.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 27, zadanie 1

Dane: $v_a = 72$ km/h = 20 m/s; $v_{1m} = 90$ km/h = 25 m/s; $v_{2m} = 126$ km/h = 35 m/s; $s_m = 75$ m; $s_a = 50$ m
Szukane: $a_{śr.m}$, $v_{śr.m}$

Rozwiązanie:

$$a_{śr.} = \frac{\Delta v_m}{\Delta t} \qquad \Delta v_m = v_{2m} - v_{1m} \qquad \Delta t = t = \frac{s_a}{v_a}$$

gdzie t to czas wyprzedzania.

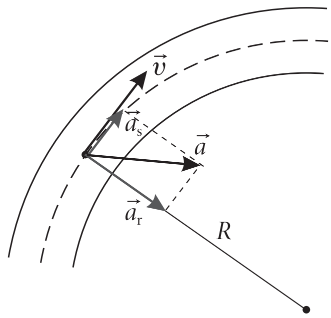
$$a_{śr.} = \frac{(v_{2m} - v_{1m})v_a}{s_a} \qquad a_{śr.} = \frac{\left(35\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 25\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\cdot 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{50\text{ m}} = 4\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v_{śr.m} = \frac{s_m}{t} \qquad v_{śr.m} = \frac{s_m v_a}{s_a} \qquad v_{śr.m} = \frac{75\text{ m}\cdot 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{50\text{ m}} = 30\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 108\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Odpowiedź: Podczas wyprzedzania autobusu wartość przyspieszenia motocyklisty była równa 4 m/s^2, a jego szybkość średnia 108 km/h.

Strona 27, zadanie 2

Dane: $v_m = 108$ km/h = 30 m/s; $R = 100$ m; $a = 4$ m/s^2
Szukane: a_m
Rozwiązanie:



Przyspieszenie $\vec{a}_m$ motocyklisty ma dwie składowe: składową styczną $\vec{a}_s$ o wartości $a = 4$ m/s^2 i składową normalną, którą jest przyspieszenie dośrodkowe o wartości $a_r = \frac{v_m^2}{R}$.

$$\vec{a}_m = \vec{a}_s + \vec{a}_r$$

Z twierdzenia Pitagorasa

$$a_m = \sqrt{a_s^2 + a_r^2}$$

$$a_m = \sqrt{\left(4\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)^2 + \left[\frac{\left(30\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{100\text{ m}}\right]^2} = \sqrt{\left(4\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)^2 + \left(9\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)^2} = \sqrt{97\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}^4}} \approx 9{,}85\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Odpowiedź: Wartość przyspieszenia motocyklisty wynosiła w przybliżeniu 9,85 m/s^2.

Strona 33, zadanie 1

Dane odczytujemy z wykresu.

$$v_1 = \frac{s_1}{t_1} \qquad v_1 = \frac{2\text{ m}}{3\text{ s}} = \frac{2}{3}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \qquad \text{tg}\,\alpha_1 = \frac{2}{3}$$

$$v_2 = \frac{s_2}{t_2} \qquad v_2 = \frac{4\text{ m}}{3\text{ s}} = \frac{4}{3}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \qquad \text{tg}\,\alpha_2 = \frac{4}{3}$$

Celem zadania jest uświadomienie uczniom, że tangens kąta nachylenia wykresu $s(t)$ do osi czasu jest liczbowo równy szybkości, z którą porusza się ciało.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

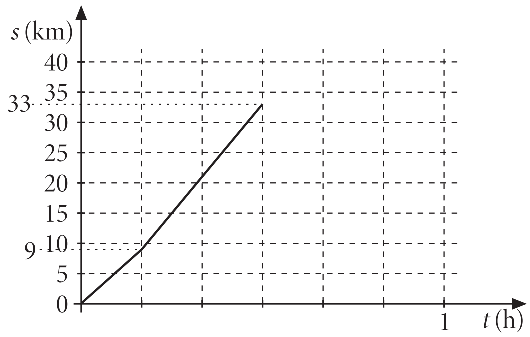
© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 33, zadanie 2

Dane: $t_1 = 10$ min = 1/6 h; $v_1 = 54$ km/h; $t_2 = 20$ min = 1/3 h; $v_2 = 72$ km/h
Szukane: $v_{śr.}$
Rozwiązanie:

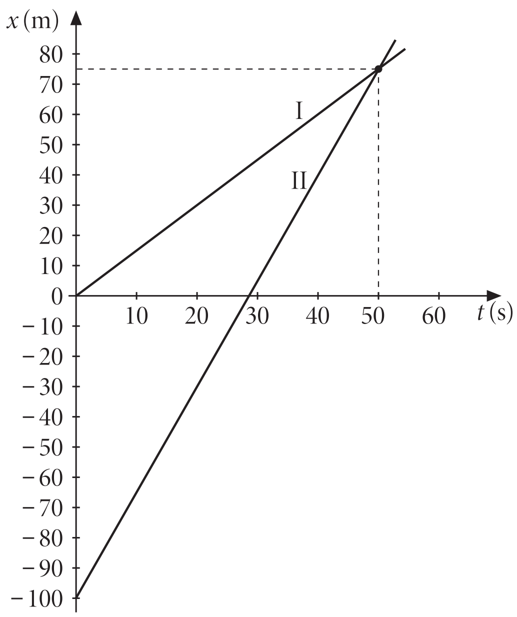
$$v_{śr.} = \frac{s}{t} \qquad s = s_1 + s_2 = v_1 t_1 + v_2 t_2 \qquad t = t_1 + t_2$$

$$v_{śr.} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} \qquad v_{śr.} = \frac{54\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot\frac{1}{6}\,\text{h} + 72\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot\frac{1}{3}\,\text{h}}{\frac{1}{6}\,\text{h} + \frac{1}{3}\,\text{h}} = 66\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$



Odpowiedź: W czasie całego ruchu szybkość średnia samochodu była równa 66 km/h.

Strona 33, zadanie 3



I – wykres zależności $x(t)$ dla Adama

$$x_A = x_{0A} + v_A t = 1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot t$$

II – wykres zależności $x(t)$ dla Marka

$$x_M = x_{0M} + v_M t = -100\,\text{m} + 3{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot t$$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 39, zadanie 1

Korzystając z definicji szybkości średniej $v_{śr.} = \frac{s}{t}$ i wzoru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$, otrzymujemy:

$$v_{śr.} = \frac{2v_0 + \frac{at^2}{2}}{t} = v_0 + \frac{at}{2} = \frac{2v_0 + at}{2}$$

Ponieważ w rozważanym ruchu $v = v_0 + at$, więc $at = v - v_0$, czyli:

$$v_{śr.} = \frac{2v_0 + v - v_0}{2} = \frac{v_0 + v}{2}$$

Analogicznie postępujemy w celu wykazania, że $v_{śr.} = \frac{v_0 + v}{2}$ w ruchu jednostajnie opóźnionym, w którym:

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2} \qquad v = v_0 - at$$

Otrzymujemy wówczas:

$$v_{śr.} = v_0 - \frac{at^2}{2} = \frac{2v_0 - at}{2}$$

Ponieważ $at = v_0 - v$, więc:

$$v_{śr.} = \frac{2v_0 - (v_0 - v)}{2} = \frac{v_0 + v}{2}$$

Wykazaliśmy, że w ruchu jednostajnie zmiennym szybkość średnia w czasie t jest średnią arytmetyczną szybkości początkowej v_0 i szybkości v, uzyskanej przez ciało po upływie czasu t.

Strona 39, zadanie 2

Dane: $v_0 = 0$; $a = 2\ \mathrm{m/s^2}$
Szukane: $v_{śr.}$
Rozwiązanie:
a) $t = 5\ \mathrm{s}$

$$v_{śr.} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{v}{2} \qquad v = at \qquad v_{śr.} = \frac{at}{2} \qquad v_{śr.} = \frac{2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 5\,\mathrm{s}}{2} = 5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

b)

Jeśli w tym przypadku chcemy skorzystać ze wzoru $v_{śr.} = \frac{v_0 + v}{2}$, należy obliczyć:
szybkość, którą uzyskało ciało po upływie $t_1 = 2\ \mathrm{s}$ od rozpoczęcia ruchu. Szybkość ta będzie szybkością początkową v_0 dla ruchu w czasie trzeciej i czwartej sekundy,
szybkość, którą uzyskało ciało po upływie $t_2 = 4\ \mathrm{s}$ od rozpoczęcia ruchu. Szybkość ta będzie szybkością v (uzyskaną na końcu czwartej sekundy ruchu).
Zatem:

$$v_0 = at_1 \qquad v = at_2$$

$$v_{śr.} = \frac{a(t_1 + t_2)}{2} \qquad v_{śr.} = \frac{2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}(2\,\mathrm{s} + 4\,\mathrm{s})}{2} = 6\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Odpowiedź: Szybkość średnia ciała w czasie pierwszych pięciu sekund ruchu była równa 5 m/s, a w czasie trzeciej i czwartej sekundy ruchu łącznie wynosiła 6 m/s.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 39, zadanie 3

Dane: $v_0 = 10$ m/s; $x_0 = 100$ m; $a = 0{,}5$ m/s^2; $t = 10$ s
Szukane: v, x
Rozwiązanie:
a)

$$v = v_0 + at \qquad v = 10\frac{\text{m}}{\text{s}} + 0{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot 10\,\text{s} = 15\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \qquad x = 100\,\text{m} + 10\frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot 10\,\text{s} + \frac{0{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot(10\,\text{s})^2}{2} = 225\,\text{m}$$

Odpowiedź: Po upływie 10 s od rozpoczęcia przyspieszania pociąg miał szybkość równą 15 m/s, a odległość od dróżnika wynosiła 225 m.

Strona 39, zadanie 4

Dane: $v_0 = 10$ m/s; $t = 1$ s; $x_0 = 25$ m; $v_1 = 15$ m/s
Szukane: $x(t)$, v, x
Rozwiązanie:
a)
Początek układu współrzędnych przedstawionego na rysunku 1.58 jest związany z metą. Finiszujący kolarz zbliża się do mety ruchem jednostajnie przyspieszonym. Równanie przedstawiające zależność współrzędnej położenia finiszującego kolarza od czasu w wybranym układzie współrzędnych ma postać:

$$x = x_0 - \left(v_0 t + \frac{at^2}{2}\right) = x_0 - v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

Wartość przyspieszenia kolarza obliczamy z układu równań:

$$\begin{cases} v = v_0 + at \\ s = v_0 t + \dfrac{at^2}{2} \end{cases}$$

Ponieważ $t = \dfrac{\Delta v}{a}$

$$s = \frac{v_0 \cdot \Delta v}{a} + \frac{a}{2}\cdot\frac{(\Delta v)^2}{a^2} = \frac{2v_0\Delta v + (\Delta v)^2}{2a}$$

$$a = \frac{\Delta v(2v_0 + \Delta v)}{2s}$$

gdzie $\Delta v = v - v_0$

Po podstawieniu:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$$

$$a = \frac{\left(15\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(10\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2\cdot 2{,}5\,\text{m}} = 2{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Zatem:

$$x = 25\,\mathrm{m} - 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot t - 1{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot t^2 \qquad (1)$$

b)
Odległość kolarza od mety po upływie 1 s od rozpoczęcia finiszu obliczamy, wstawiając odpowiednie dane liczbowe do równania (1).

$$x = 25\,\mathrm{m} - 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 1\,\mathrm{s} - 1{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 1\,\mathrm{s}^2 = 13{,}75\,\mathrm{m}$$

Szybkość kolarza po upływie 1 s od rozpoczęcia finiszu, to:

$$v = v_0 + at$$

$$v = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 2{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 1\,\mathrm{s} = 12{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Strona 43, zadanie 1

Dane: $v_0 = 20$ m/s; $x_0 = 5$ m; $a = 3$ m/s^2
Szukane: x, v
Rozwiązanie:
a)
Samochód oddala się od znaku ograniczenia szybkości najpierw ruchem jednostajnym, a następnie ruchem jednostajnie opóźnionym (rys. 1.63). Równanie przedstawiające zależność współrzędnej położenia samochodu od czasu w wybranym układzie współrzędnych (rys. 1.63) ma postać:

$$x = x_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymujemy:

$$x = 5\,\mathrm{m} + 20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot t - 1{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot t^2 \qquad (2)$$

b)
Odległość samochodu od znaku drogowego w chwili uzyskania dozwolonej szybkości obliczamy, podstawiając $t = 2$ s do wzoru (2).

$$x = 5\,\mathrm{m} + 20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 2\,\mathrm{s} - 1{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 4\,\mathrm{s}^2 = 39\,\mathrm{m}$$

c)
Dozwoloną szybkość obliczamy ze wzoru:

$$v = v_0 - at \qquad v = 20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 2\,\mathrm{s} = 14\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 50\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

Strona 43, zadanie 2

Dane: $x_0 = 2{,}4$ km $= 2400$ m; $v_0 = 270$ km/h $= 75$ m/s; $t = 50$ s; $v = 0$
Szukane: $v_{\text{śr.}}$, x
Rozwiązanie:
a)
Samolot zbliżał się do końca pasa startowego ruchem jednostajnie opóźnionym. Równanie przedstawiające zależność współrzędnej położenia samolotu od czasu w wybranym układzie współrzędnych (rys. 1.64) ma postać:

$$x = x_0 - \left(v_0 t - \frac{at^2}{2}\right) = x_0 - v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Obliczamy a z równania $v = v_0 - at$, wiedząc, że $v = 0$. Otrzymujemy:

$$0 = v_0 - at \quad \Rightarrow \quad a = \frac{v}{t} \qquad a = \frac{75\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{50\,\text{s}} = 1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Zatem:

$$x = 2400\,\text{m} - 75\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t + 0{,}75\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 \qquad (3)$$

b)

Średnią szybkość samolotu podczas hamowania ruchem jednostajnie opóźnionym można najłatwiej obliczyć ze wzoru $v_{\text{śr.}} = \frac{v_0 + v}{2}$.

Końcowa szybkość samolotu jest równa zeru, więc:

$$v_{\text{śr.}} = \frac{v_0}{2}$$

$$v_{\text{śr.}} = \frac{75\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} = 37{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Natomiast odległość od końca toru do miejsca, w którym samolot się zatrzymał, otrzymujemy z równania (1), wstawiając $t = 50$ s.

$$x = 2400\,\text{m} - 75\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 50\,\text{s} + 0{,}75\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (50\,\text{s})^2 = 525\,\text{m}$$

Strona 44, zadanie 3

a)

W układzie odniesienia związanym z Ziemią

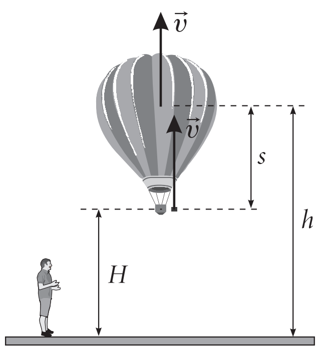
Z punktu widzenia obserwatora na powierzchni Ziemi upuszczony kamień w chwili rozpoczęcia ruchu na wysokości H nad powierzchnią Ziemi ma (taką samą, jak balon) prędkość $\vec{v}$ zwróconą w górę. Porusza się więc ruchem jednostajnie opóźnionym do chwili, w której jego prędkość zmaleje do zera, a następnie spada swobodnie z wysokości $H + s$, gdzie s jest drogą przebytą ruchem jednostajnie opóźnionym z przyspieszeniem o wartości g.

W układzie odniesienia związanym z balonem

Z punktu widzenia obserwatora w balonie Ziemia oddala się od niego z prędkością $-\vec{v}$. Kamień ma w chwili upuszczenia szybkość równą zeru (względem balonu), więc spada swobodnie z wysokości $H + s$, gdzie s jest drogą przebytą przez Ziemię ruchem jednostajnym z szybkością v w czasie t, który upływa od chwili upuszczenia kamienia do chwili uderzenia o Ziemię.

b)

W układzie odniesienia związanym z Ziemią



W jednostajnie opóźnionym ruchu kamienia:

$$\begin{cases} s = vt_1 - \frac{gt^2}{2} & (1) \\ 0 = v - gt_1 & (2) \end{cases}$$

gdzie t_1 to czas ruchu jednostajnie opóźnionego.

Rozwiązujemy układ równań (1) i (2). Otrzymujemy:

$$t_1 = \frac{v}{g} \qquad s = \frac{v^2}{2g}$$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Z wysokości h kamień spada swobodnie w czasie t_2, więc:

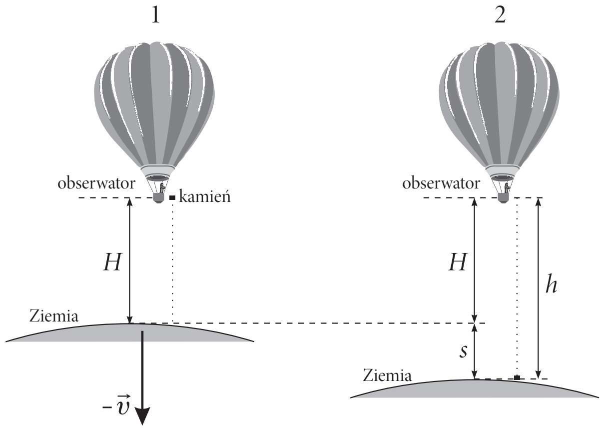
$$h=\frac{gt_2^2}{2} \qquad H+s=\frac{gt_2^2}{2}$$

$$H+\frac{v^2}{2g}=\frac{gt_2^2}{2} \quad \Rightarrow \quad t_2=\sqrt{\frac{2Hg+v^2}{g^2}}=\frac{1}{g}\sqrt{2Hg+v^2}$$

Całkowity czas ruchu kamienia

$$t=t_1+t_2=\frac{v}{g}+\frac{1}{g}\sqrt{2hg+v^2}=\frac{v+\sqrt{2Hg+v^2}}{g}$$

W układzie związanym z balonem



Do chwili uderzenia o powierzchnię Ziemi kamień przebył w czasie t drogę $h = H + s$.
Ruch kamienia był ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem o wartości g i $v_0 = 0$. Zatem:

$$h=\frac{gt^2}{2} \qquad H+s=\frac{gt^2}{2}$$

Droga s to droga przebyta przez Ziemię ruchem jednostajnym z szybkością v w czasie t: $s = vt$. Zatem:

$$H+vt=\frac{gt^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \frac{gt^2}{2}-vt-H=0$$

Rozwiązujemy równanie kwadratowe.

$$\Delta=v^2+2gH \qquad \sqrt{\Delta}=\sqrt{v^2+2gH}$$

$$t_1=\frac{v+\sqrt{v^2+2gH}}{g} \qquad t_2=\frac{v-\sqrt{v^2+2gH}}{g}<0$$

Czas, który upłynął od chwili uderzenia kamienia o Ziemię, jest równy $\frac{v+\sqrt{v^2+2gH}}{g}$ w obu układach odniesienia.

Strona 51, zadanie 2

Dane: $s = 600$ m; $v_1 = 3$ m/s; $v_2 = 1$ m/s
Szukane: t_c
Rozwiązanie:
a)
W układzie odniesienia związanym z brzegiem łódka poruszająca się z prądem rzeki ma względem brzegu szybkość $v_1 + v_2$, a płynąca pod prąd ma szybkość $v_1 - v_2$.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Czas ruchu łódki z prądem $t_1 = \frac{s}{v_1 + v_2}$, a czas ruchu pod prąd $t_2 = \frac{s}{v_1 - v_2}$. Czas całkowity

$$t = t_1 + t_2 = \frac{s}{v_1 + v_2} + \frac{s}{v_1 - v_2} = \frac{2sv_1}{v_1^2 - v_2^2}$$

$$t = \frac{2 \cdot 600\,\mathrm{m} \cdot 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\left(3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 - \left(1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2} = 450\,\mathrm{s} = 7{,}5\,\mathrm{min}$$

b)
W układzie odniesienia związanym z rzeką łódka jest nieruchoma, a wyspy mają prędkość $-\vec{v}_2$.
Gdy łódka płynie od A do B, wyspa B zbliża się do niej z szybkością v_2, przebywając w czasie t_1 drogę równą $v_2 t_1$. Zatem:

$$s - v_2 t_1 = v_1 t_1 \quad \Rightarrow \quad t_1 = \frac{s}{v_1 + v_2}$$

Podczas ruchu łódki od B do A wyspa B oddala się od łódki z szybkością v_2, przebywając w czasie t_2 drogę równą $v_2 t_2$. A więc:

$$s - v_2 t_2 = v_1 t_2 \quad \Rightarrow \quad t_2 = \frac{s}{v_1 - v_2}$$

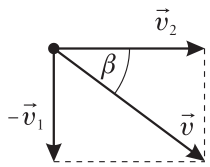
Całkowity czas t ruchu łódki od A do B i z powrotem:

$$t = \frac{s}{v_1 + v_2} + \frac{s}{v_1 - v_2} = \frac{2sv_1}{v_1^2 - v_2^2} \qquad t = 450\,\mathrm{s} = 7{,}5\,\mathrm{min}$$

W obu układach odniesienia czas ruchu łódki jest równy 7,5 min.

Strona 51, zadanie 3

Dane: v_1 = 54 km/h = 15 m/s; v_2 = 72 km/h = 20 m/s
Szukane: v, α
Rozwiązanie:
W układzie odniesienia związanym z samochodem jadącym na północ z prędkością $\vec{v}_1$, samochód jadący na wschód z prędkością $\vec{v}_2$ ma dwie prędkości: $\vec{v}_2$ i $-\vec{v}_1$, co przedstawiamy na rysunku i znajdujemy prędkość wypadkową $\vec{v}$.

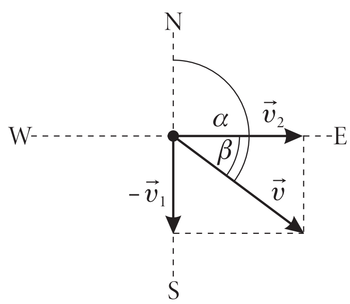


$$\vec{v} = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1) = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

Z twierdzenia Pitagorasa:

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_2^2 + v_1^2} \qquad |\vec{v}| = \sqrt{\left(15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 + \left(20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2} = \sqrt{625\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = 25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 90\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

Kierunek prędkości określimy, podając kąt α, który tworzy prędkość $\vec{v}$ z kierunkiem ruchu samochodu jadącego na północ.



$$\alpha = 90° + \beta$$

$$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{v_1}{v_2} \qquad \mathrm{tg}\,\beta = \frac{15}{20} = \frac{3}{4} \qquad \beta \approx 37° \qquad \alpha \approx 127°$$

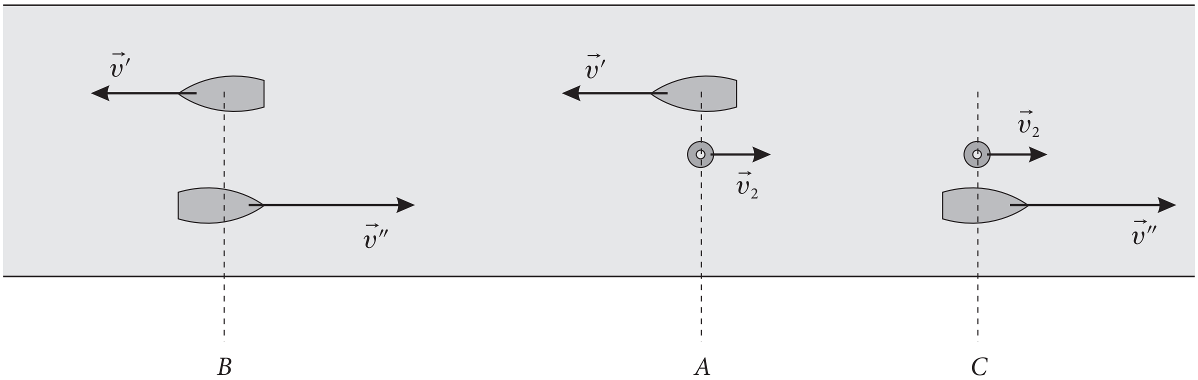
Drugi samochód oddala się od pierwszego z prędkością o wartości 90 km/h na południowy wschód pod kątem 127°.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 51, zadanie 4

Zadanie to ma na celu uświadomienie uczniom, że odpowiedni wybór układu odniesienia może w istotny sposób uprościć rozwiązanie zadania.



W układzie odniesienia związanym z wodą w rzece (woda spoczywa) koło ratunkowe jest w spoczynku. Ponieważ motorówka porusza się z jednakową szybkością v w obie strony, więc oczywiście $t = t_0$.
W układzie odniesienia związanym z obserwatorem stojącym na brzegu: sporządzamy rysunek i oznaczamy:
$\vec{v}'$ – prędkość motorówki płynącej pod prąd ($v' = v_1 - v_2$),
$\vec{v}''$ – prędkość motorówki płynącej z prądem ($v'' = v_1 + v_2$),
A – punkt zgubienia koła,
B – punkt zawrócenia,
C – punkt spotkania.
$AB = s_1$ to droga przebyta przez motorówkę w czasie t_0 z szybkością $v_1 - v_2$ względem brzegu,
$BC = s$ to droga przebyta przez motorówkę w czasie t z szybkością $v_1 + v_2$ względem brzegu,
$AC = s_2$ to droga przebyta przez koło w czasie $t_0 + t$ z szybkością v_2.
Piszemy równanie:
$s = s_1 + s_2$ czyli $(v_1 + v_2)t = (v_1 - v_2)t_0 + v_2(t_0 + t)$
gdzie v_1 to szybkość motorówki względem wody, v_2 – szybkość wody w rzece (prądu).
Po rozwiązaniu równania otrzymujemy:
$t = t_0$

Strona 56, zadanie 1

Dane: $h = 10$ m; $z = \frac{1}{2}h$; $g = 10$ m/s²
Szukane: v_0
Rozwiązanie:

$$z = v_0 t \qquad v_0 = \frac{z}{t}$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \qquad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \qquad v_0 = \frac{z}{t} = \frac{\frac{1}{2}h}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{1}{2}h\sqrt{\frac{g}{2h}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{gh}{2}} \qquad v_0 = \frac{1}{2}\sqrt{50}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 3{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

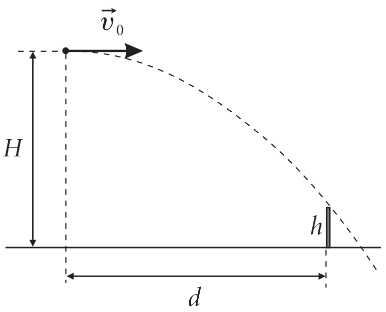
Odpowiedź: Prędkość, z którą rzucono kulkę, miała wartość w przybliżeniu 3,5 m/s.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 56, zadanie 2

Dane: $H = 25$ m; $h = 5$ m; $d = 30$ m; $g = 10$ m/s^2
Szukane: $v_{0\,\mathrm{min}}$
Rozwiązanie:



$$d = v_{0\,\mathrm{min}}\sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

$$v_{0\,\mathrm{min}} = d\sqrt{\frac{g}{2(H-h)}}$$

$$v_{0\,\mathrm{min}} = 30\ \mathrm{m}\cdot\sqrt{\frac{10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{2\cdot 20\ \mathrm{m}}} = 15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Odpowiedź: Najmniejsza prędkość, którą trzeba nadać pociskowi, by przeleciał nad ścianą, ma wartość równą 15 m/s.

Strona 56, zadanie 3

W układzie odniesienia związanym z pociągiem jabłko spada swobodnie. W układzie odniesienia związanym z obserwatorem stojącym przy torach jabłko porusza się po łuku paraboli, ponieważ jego ruch jest złożeniem dwóch ruchów: spadania swobodnego i ruchu jednostajnego w kierunku poziomym z prędkością równą prędkości pociągu.

Strona 60, zadanie 1

Dane: $v_0 = 5$ m/s; $\alpha = 30°$
Szukane: v; z; H_{max}
Rozwiązanie:
a)

Wartość prędkości kulki po czasie $t_1 = \frac{1}{4}$ s od wyrzucenia:

$$v = \sqrt{v_{0x}^2 + v_y^2}$$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0\sin\alpha - gt$$

$$v_y = 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot\frac{1}{2} - 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\frac{1}{4}\,\mathrm{s} = 0$$

Zatem:

$$v = v_{0x} = v_0\cos\alpha \qquad v = 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot\cos 30° = \frac{5}{2}\sqrt{3}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 4{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

b)

$$z = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g} \qquad z = \frac{\left(5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2\cdot\sin 60°}{10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} \approx 2{,}2\ \mathrm{m}$$

c)

$$H_{\mathrm{max}} = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} \qquad H_{\mathrm{max}} = \frac{\left(5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)\cdot\sin^2 30°}{2\cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} \approx 0{,}3\ \mathrm{m}$$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 60, zadanie 2

Dane: $z = H_{max}$
Szukane: α
Rozwiązanie:

$$z = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \qquad H_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$$

$$z = H_{max}$$

$$\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \qquad 2\sin\alpha\cos\alpha = \frac{\sin^2\alpha}{2} \qquad \mathrm{tg}\,\alpha = 4 \qquad \alpha \approx 76°$$

Strona 60, zadanie 3

Zasięg dla kąta α, to $z_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$. Zasięg dla kąta $\beta = 90° - \alpha$, to:

$$z_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2(90° - \alpha)}{g} = \frac{v_0^2 \sin(180° - 2\alpha)}{g}$$

Korzystając ze wzoru redukcyjnego $\sin(180° - 2\alpha) = \sin 2\alpha$, otrzymujemy:

$$z_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Zatem $z_1 = z_2$.

Strona 62, zadanie 1

Dane: $r = 0{,}5$ m; $T = 2$ s
Szukane: a_r
Rozwiązanie:

Korzystamy ze wzoru $a_r = \frac{v^2}{r}$ oraz związku $v = \frac{2\pi r}{T}$ i otrzymujemy:

$$a_r = \frac{4\pi^2}{T^2} r \qquad a_r = \frac{4\pi^2}{(2\,\mathrm{s})^2} \cdot 0{,}5\,\mathrm{m} \approx 4{,}9\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Strona 62, zadanie 2

Dane: $l_m = 1{,}5 l_g$
Szukane: $\frac{T_m}{T_g}; \frac{\omega_m}{\omega_g}; \frac{v_m}{v_g}$
Rozwiązanie:

Wskazówka minutowa obiega tarczę zegara w czasie $T_m = 1$ h, a godzinowa w czasie $T_g = 12$ h. Zatem $\frac{T_m}{T_g} = \frac{1}{12}$.

Korzystając ze związków $\omega = \frac{2\pi}{T}$ i $v = \omega r$, obliczamy szukane ilorazy:

$$\frac{\omega_m}{\omega_g} = \frac{\frac{2\pi}{T_m}}{\frac{2\pi}{T_g}} = \frac{T_g}{T_m} = \frac{12}{1} = 12 \qquad \frac{v_m}{v_g} = \frac{\omega_m \cdot l_m}{\omega_g \cdot l_g} = 12 \cdot 1{,}5 = 18$$

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 62, zadanie 3

Dane: $r = 0{,}1$ m; $n = 3000$ obrotów; $t = 1$ min $= 60$ s; $d = 0{,}05$ m
Szukane: v_1; ω_1; a_{r1} dla punktu A odległego o r od osi obrotu; v_2; ω_2; a_{r2} dla punktu B odległego o d od osi obrotu
Rozwiązanie:
Częstotliwość, z którą wiruje tarcza, jest jednakowa dla wszystkich jej punktów.

$$\nu = \frac{n}{t} \qquad \nu = \frac{3000\,\text{obr.}}{60\,\text{s}} = 50\,\frac{1}{\text{s}} = 50\,\text{Hz}$$

Dla punktu A

a)

$$v_1 = 2\pi\nu r$$

$$v_1 = 2\pi \cdot 50\,\frac{1}{\text{s}} \cdot 0{,}1\,\text{m}$$

$$v_1 \approx 31{,}4\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dla punktu B

$$v_2 = 2\pi\nu d = \pi\nu r = \frac{v_1}{2}$$

$$v_2 \approx 15{,}7\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

$$\omega_1 = \omega_2 = 2\pi\nu$$

$$\omega_1 = \omega_2 = 2\pi \cdot 50\,\frac{1}{\text{s}} \approx 314\,\frac{1}{\text{s}}$$

c)

$$a_{r1} = 4\pi^2\nu^2 r$$

$$a_{r1} = 4\pi^2 \cdot \left(50\,\frac{1}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0{,}1\,\text{m} \approx 9859{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_{r2} = 4\pi^2\nu^2 d = 2\pi^2\nu^2 r = \frac{a_{r1}}{2}$$

$$a_{r2} \approx 4929{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Strona 63, zadanie 4

Dane: $v = 7{,}6$ km/s; $h = 520$ km; $R = 6370$ km
Szukane: T; a_r
Rozwiązanie:
Promień r okręgu, po którym porusza się satelita, to $r = h + R$.

Szybkość liniowa satelity $v = \dfrac{2\pi r}{T} = \dfrac{2\pi(h+R)}{T}$.
Zatem:

$$T = \frac{2\pi(h+R)}{v} \qquad T = \frac{2\pi(6370\,\text{km} + 520\,\text{km})}{7{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{s}}} \approx 5693{,}3\,\text{s} \approx 1{,}6\,\text{h}$$

Wartość przyspieszenia dośrodkowego:

$$a_r = \frac{v^2}{r} = \frac{v^2}{R+h} \qquad a_r = \frac{\left(7{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{s}}\right)^2}{6370\,\text{km} + 520\,\text{km}} \approx 8{,}4\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Odpowiedź: Okres obiegu satelity wynosi 1,6 h, a wartość przyspieszenia dośrodkowego wynosi około 8,4 m/s^2.

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Strona 63, zadanie 5

a)

v = const

Wartość przyspieszenia dośrodkowego ciała poruszającego się z prędkością $\vec{v}$ po okręgu o promieniu r wyrażamy wzorem:

$$a_r = \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{v^2}{a_r}$$

Jeśli ciało będzie się poruszało z **taką samą szybkością liniową** po okręgu o promieniu r_1, to jego przyspieszenie dośrodkowe będzie miało wartość:

$$a_{r1} = \frac{v^2}{r_1} \Rightarrow r_1 = \frac{v^2}{a_{r1}}$$ Zatem dla $r_1 > r_2$: $\frac{v^2}{a_{r1}} > \frac{v^2}{a_{r2}} \Rightarrow a_{r1} < a_{r2}$

Jeśli ciało porusza się z taką samą szybkością liniową po okręgu o większym promieniu, to wartość jego przyspieszenia dośrodkowego jest mniejsza.

Uwaga: Warto zwrócić uczniom uwagę, że zmiana promienia okręgu, po którym porusza się ciało przy v = const, wiąże się ze zmianą okresu (częstotliwości) ruchu ciała. Im większy promień okręgu, tym okres ruchu jest większy, a częstotliwość mniejsza:

$$T = \frac{2\pi r}{v} \qquad T_1 = \frac{2\pi r_1}{v} \qquad \nu = \frac{1}{T} \qquad \nu_1 = \frac{1}{T_1}$$

$$\frac{T_1}{T} = \frac{r_1}{r} \Rightarrow T_1 = T\frac{r_1}{r} \qquad \frac{\nu_1}{\nu} = \frac{T}{T_1} \Rightarrow \nu_1 = \nu\frac{r}{r_1}$$

ω = const

Wartość przyspieszenia dośrodkowego ciała poruszającego się po okręgu o promieniu r z szybkością kątową ω wyrażamy wzorem: $a_r = \omega^2 r$

Jeśli ω jest taka sama dla ciała poruszającego się po okręgach o promieniach r i r_1, to:

$$a_r = \omega^2 r \qquad a_{r1} = \omega^2 r_1 \qquad \frac{a_{r1}}{a_r} = \frac{r_1}{r}$$

Dla $r_1 > r$ zachodzi $a_{r1} > a_r$.

Wartość przyspieszenia dośrodkowego ciała poruszającego się po okręgu ze stałą szybkością kątową jest tym większa, im większy jest promień okręgu, przy czym $a_r \sim r$.

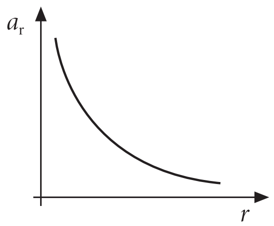
Uwaga: W rozważanym przypadku szybkość liniowa ciała poruszającego się po okręgu o większym promieniu jest większa:

$$v = \omega r \qquad v_1 = \omega r_1$$

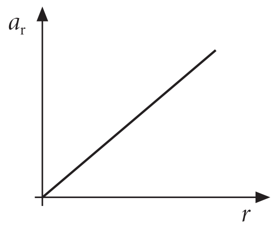
$$\frac{v_1}{v} = \frac{r_1}{r} \Rightarrow v_1 = v\frac{r_1}{r}$$

b)

Dla v = const



Dla ω = const



AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o., Warszawa 2015

Autorzy: **Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach**

Źródła ilustracji:
s. 1 (grupa przy stole) **Łukasz Ryłko;** pozostałe ilustracje: **Stanisław Sagnowski**

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o.
Warszawa 2015

Wydanie I

Opracowanie merytoryczne i redakcyjne: **Maria Fiałkowska** (redaktor merytoryczny), **Barbara Sagnowska** (redaktor merytoryczny), **Jadwiga Salach** (redaktor merytoryczny), **Agnieszka Drzazgowska** (redaktor koordynator)
Redakcja techniczna: **Janina Soboń**
Projekt okładki: **Marta Jedlińska**
Projekt graficzny: **Marta Jedlińska**
Skład i łamanie: **MathMaster Studio, Tomasz Korwin-Szymanowski**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
00-807 Warszawa, Aleje Jerozolimskie 96
tel. 22 576 25 00
infolinia: **801 220 555**
www.wsip.pl
Druk i oprawa: **Orthdruk sp. z o.o., Białystok**

Publikacja, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują.
Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie.
Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

prawolubni

Szanujmy cudzą własność i prawo.
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki