

## Wymagania edukacyjne z fizyki – poziom rozszerzony – część 1

### Kinematyka

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>1.1. Pomiary w fizyce i wzorce pomiarowe</b>	podaje przykłady zjawisk fizycznych występujących w przyrodzie	X			
	wyjaśnia, w jaki sposób fizyk zdobywa wiedzę o zjawiskach fizycznych	X			
	wymienia przyczyny wprowadzenia Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (układu SI)	X			
	wymienia trzy podstawowe miary wzorcowe i jednostki długości, masy i czasu	X			
	wyjaśnia rolę doświadczenia w fizyce	X			
	wyjaśnia, na czym polega modelowanie matematyczne				X
	wymienia podstawowe wielkości mierzone podczas badania ruchu		X		
	przygotowuje prezentację dotyczącą miar wzorcowych i jednostek wielkości mierzalnych			X	
<b>1.2. Wstęp do analizy danych pomiarowych (Analiza danych pomiarowych)</b>	zapisuje wyniki pomiarów i obliczeń wraz z jednostkami	X			
	planuje prosty pomiar; zapisuje wynik pomiaru wraz z niepewnością	X			
	wyjaśnia przyczyny wykonywania pomiarów wielokrotnych		X		
	odczytuje dane z tabeli, zapisuje dane w formie tabeli		X		
	posługuje się pojęciem <i>niepewność pomiarowa</i>	X			
	zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących)		X		
	interpretuje dane przedstawione za pomocą tabel, diagramów słupkowych, wykresów		X		
	przedstawia dane podane w tabeli za pomocą diagramu słupkowego		X		
	wyznacza średnią arytmetyczną wyników pomiarów	X			
	wyznacza niepewność maksymalną wartości średniej na podstawie wzoru		X		
	podaje przykłady błędów grubych i systematycznych			X	
	posługuje się niepewnością względną i bezwzględną			X	
posługuje się niepewnością standardową				X	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>1.3. Jak opisać położenie ciała</b>	projektuje proste doświadczenie obrazujące ruch ciała i rejestruje je za pomocą kamery	X			
	posługuje się modelem punktu materialnego	X			
	określa położenie ciała traktowanego jako punkt materialny w wybranym układzie współrzędnych, posługując się wektorem położenia		X		
	odróżnia wielkości wektorowe od skalarnych	X			
	definiuje wektor, określa jego cechy (właściwości)		X		
	rysuje wektor w układzie współrzędnych		X		
	rozwiązuje proste zadania związane z działaniami na wektorach (dodawanie, odejmowanie, mnożenie przez liczbę)		X		
<b>1.4. Opis ruchu prostoliniowego (Ruch prostoliniowy)</b>	wyjaśnia na wybranym przykładzie, co oznacza stwierdzenie „ruch jest pojęciem względnym”	X			
	opisuje ruch jednowymiarowy w różnych układach odniesienia		X		
	wskazuje przykłady ruchu względem różnych układów odniesienia		X		
	opisuje ruch, posługując się pojęciami <i>droga</i> i <i>przemieszczenie</i>	X			
	rozdziela pojęcia <i>droga</i> i <i>przemieszczenie</i>	X			
	przedstawia graficznie na wybranym przykładzie różnicę między przemieszczeniem a drogą			X	
	rozdziela wektor przemieszczenia i wektor położenia ciała		X		
	przedstawia graficznie wektor przemieszczenia i wektory położenia w wybranym układzie odniesienia		X		
	opisuje ruch, posługując się współrzędną wektora położenia i współrzędną wektora przemieszczenia			X	
	rozwiązuje proste zadania związane z działaniami na wektorach		X		
	rozwiązuje proste przykłady dotyczące dodawania wektorów przemieszczenia		X		

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>1.5. Prędkość w ruchu prostoliniowym</b>	opisuje ruch, posługując się pojęciem <i>prędkości</i> jako wektora i jego współrzędną; przelicza jednostki prędkości	X			
	posługuje się pojęciami <i>prędkość średnia</i> i <i>prędkość chwilowa</i>	X			
	wyjaśnia różnicę między prędkością średnią a prędkością chwilową; wyjaśnia, kiedy te prędkości są równe		X		
	rozwiązuje proste zadania związane z obliczaniem prędkości średniej i chwilowej			X	
<b>1.6. Ruch jednostajny prostoliniowy</b>	analizuje wykresy zależności drogi, położenia i prędkości od czasu; rysuje te wykresy na podstawie opisu słownego	X			
	wykorzystuje związki między położeniem a prędkością w ruchu jednostajnym do obliczania parametrów ruchu		X		
	rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu jednostajnego od czasu		X		
	stosuje na wybranym przykładzie równanie ruchu jednostajnego prostoliniowego				X
	stosuje wzór na drogę w ruchu jednostajnym prostoliniowym	X			
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z wykorzystaniem równania ruchu jednostajnego		X		
	szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku			X	
	rozwiązuje złożone zadania, korzystając z wykresów zależności parametrów ruchu od czasu				X
<b>1.7. Doświadczalne badanie ruchu jednostajnego prostoliniowego (Badanie ruchu jednostajnego prostoliniowego)</b>	projektuje doświadczenie i wykonuje pomiary związane z badaniem ruchu jednostajnego prostoliniowego		X		
	opisuje i analizuje wyniki doświadczenia		X		
	opisuje podstawowe zasady określania niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wpływ na niepewność otrzymanego wyniku)		X		
	szacuje niepewność pomiaru i oblicza niepewność względną			X	
	opisuje ruch ciała za pomocą tabeli i wykresu na podstawie pomiarów z bezpośredniej obserwacji lub z filmu; podaje czas i współrzędną położenia		X		
	znajduje doświadczalnie, np. za pomocą przezroczystej linijki, prostą najlepszego dopasowania do punktów na wykresie zależności $x(t)$ ; na tej podstawie wyznacza prędkość ciała				X
	opisuje ruch ciała za pomocą wykresu uwzględniającego niepewności pomiarowe			X	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>1.8. Ruch prostoliniowy zmienny</b>	klasyfikuje ruchy ze względu na prędkość	X			
	opisuje ruch, określając prędkość średnią i średnią wartość prędkości		X		
	rysuje i interpretuje wykresy położenia, prędkości i drogi przy skokowych zmianach prędkości oraz zmianach zwrotu prędkości		X		
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora)				X
<b>1.9. Ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny</b> (1. Ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny 2. Wyznaczanie przyspieszenia – doświadczenie 3. Spadek swobodny i rzut pionowy)	posługuje się pojęciami <i>przyspieszenie średnie</i> i <i>chwilowe</i>		X		
	wyjaśnia, czym charakteryzuje się ruch jednostajnie zmienny		X		
	definiuje zależność prędkości w ruchu jednostajnie zmiennym od czasu; wykorzystuje ją w zadaniach		X		
	wyjaśnia, dlaczego wykres $v(t)$ jest funkcją liniową		X		
	sporządza wykresy zależności prędkości od czasu $v(t)$ dla ruchu jednostajnie przyspieszonego i jednostajnie opóźnionego (samodzielnie wykonuje poprawnie wykresy: właściwie oznacza i opisuje osie, dobiera jednostkę, oznacza niepewności punktów pomiarowych)				X
	wykorzystuje właściwości funkcji liniowej $f(x) = ax + b$ do interpretacji wykresów (dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego postępowania, oblicza wartości współczynników $a$ i $b$ )				X
	samodzielnie wykonuje projekt – badanie ruchu jednostajnie zmiennego (np. wyznaczenia przyspieszenia w ruchu jednostajnie zmiennym), sporządza tabele wyników pomiaru				X
	przeprowadza doświadczenie polegające na badaniu ruchu jednostajnie zmiennego; analizuje wyniki oraz – jeżeli to możliwe – wykonuje i interpretuje wykresy dotyczące ruchu jednostajnie zmiennego				X
	analizuje spadek swobodny i rzut pionowy w górę; opisuje te ruchy z zastosowaniem równań $v(t)$ i $s(t)$		X		
oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego		X			

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>1.10. Położenie w ruchu jednostajnie zmiennym</b>	podaje zależności między położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnie zmiennym	X			
	oblicza parametry ruchu, wykorzystując związki między położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnie zmiennym		X		
	rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu jednostajnie zmiennego od czasu – wykresy $v(t)$ , $s(t)$ i $a(t)$		X		
	wyprowadza wzór na drogę w ruchu jednostajnie zmiennym z wykresu zależności prędkości od czasu $v(t)$				X
	wykorzystuje właściwości funkcji kwadratowej $f(x) = ax^2 + bx + c$ do interpretacji wykresów zależności drogi od czasu i zależności położenia od czasu w ruchu jednostajnie zmiennym			X	
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza proste obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku		X		
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora)				X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
1.11. Ruch krzywoliniowy 1.12. Prędkość w ruchu krzywoliniowym (Ruch krzywoliniowy)	wskazuje przykłady ruchów krzywoliniowych i prostoliniowych w przyrodzie i życiu codziennym	X			
	wyjaśnia, czym tor różni się od drogi; klasyfikuje ruchy ze względu na tor zakreślany przez ciało	X			
	opisuje położenie punktu materialnego na płaszczyźnie i w przestrzeni – z wykorzystaniem współrzędnych $x, y, z$		X		
	opisuje współrzędne wektora na płaszczyźnie (m.in. wektora położenia), posługując się dwuwymiarowym układem współrzędnych		X		
	konstrukcyjnie dodaje i odejmuje wektory o takich samych i różnych kierunkach, posługując się cyrklem, ekierką i linijką		X		
	zapisuje – w przyjętym układzie współrzędnych – wektory sumy i różnicy dwóch wektorów		X		
	rysuje wektory o różnych kierunkach w układzie współrzędnych; określa ich współrzędne		X		
	wyznacza konstrukcyjnie styczną do krzywej	X			
	przedstawia graficznie wektory prędkości średniej i chwilowej	X			
	stosuje pojęcie <i>wektor przemieszczenia</i> i wyznacza wektor przemieszczenia jako różnicę wektorów położenia końcowego i położenia początkowego	X			
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami <i>prędkość średnia</i> , <i>prędkość chwilowa</i> i <i>przemieszczenie</i>		X		
rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i konstrukcyjne, dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami <i>prędkość średnia</i> i <i>prędkość chwilowa</i>			X		
1.13. Rzut poziomy	opisuje rzut poziomy, wykorzystując równanie ruchu jednostajnego dla współrzędnej poziomej i równanie ruchu jednostajnie zmiennego dla współrzędnej pionowej		X		
	obrazuje stwierdzenie, że rzut poziomy jest złożeniem ruchu poziomego i pionowego; wykazuje doświadczalnie niezależność tych ruchów			X	
	opisuje położenie ciała za pomocą współrzędnych $x$ i $y$			X	
	opisuje tor ruchu w rzucie poziomym jako parabolę; wyznacza współczynnik w równaniu paraboli $y = ax^2$			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i konstrukcyjne dotyczące rzutu poziomego				X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
1.14. Prędkość w różnych układach odniesienia	wskazuje przykłady względności ruchu	X			
	stosuje prawo składania wektorów do obliczania prędkości ciał względem różnych układów odniesienia			X	
	opisuje składanie prędkości na wybranym przykładzie, np. łodzi płynącej po rzece		X		
	posługuje się układem odniesienia do opisu złożoności ruchu; opisuje ruch w różnych układach odniesienia		X		
	oblicza prędkości względne ruchów wzdłuż prostej		X		
	oblicza prędkości względne ruchów na płaszczyźnie			X	
	analizuje i rozwiązuje zadania dotyczące sytuacji, gdy obserwator opisujący ruch jest w spoczynku względem wybranego układu odniesienia		X		
	analizuje i rozwiązuje zadania dotyczące sytuacji, gdy obserwator opisujący ruch jest w ruchu względem wybranego układu odniesienia				X
1.15.Ruch po okręgu	opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami <i>okres</i> i <i>częstotliwość</i>	X			
	stosuje radian jako miarę łukową kąta	X			
	opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami <i>promień wodzący</i> , <i>kąt w radianach</i> , <i>prędkość kątowna</i>		X		
	wyprowadza związek między prędkością liniową a prędkością kątowną			X	
	oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu		X		
	opisuje ruch zmienny po okręgu, posługując się pojęciami <i>chwilowa prędkość kątowna</i> i <i>przyspieszenie kątowne</i> ; przelicza odpowiednie jednostki			X	
	szacuje prędkość liniową na podstawie zdjęcia			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu, posługując się kalkulatorem			X	
1.16.Przyspiesze nie dośrodkowe	opisuje ruch jednostajny po okręgu i ruch jednostajnie zmienny po okręgu; wskazuje cechy wspólne i różnice	X			
	opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego		X		
	wyjaśnia różnicę między przyspieszeniem kątowym a przyspieszeniem dośrodkowym; swoje wyjaśnienie uzasadnia graficznie			X	
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu		X		
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym po okręgu, posługując się kalkulatorem				X

## Ruch i siły

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>2.1. Oddziaływania</b>	podaje przykłady oddziaływań i rozpoznaje je w różnych sytuacjach praktycznych	X			
	wymienia rodzaje oddziaływań fundamentalnych	X			
	wskazuje przykłady oddziaływań fundamentalnych		X		
	planuje i wykonuje doświadczenie ilustrujące wzajemność oddziaływań	X			
	opisuje oddziaływania, posługując się pojęciem <i>siła</i>	X			
	przedstawia siłę za pomocą wektora i wymienia cechy wektora	X			
	wyjaśnia znaczenie punktu przyłożenia		X		
<b>2.2. Dodawanie sił i rozkładanie ich na składowe</b> (1. Dodawanie sił 2. Rozkład siły na składowe)	wyznacza graficznie siłę wypadkową dwóch sił		X		
	składa siły działające wzdłuż prostych równoległych		X		
	stosuje metodę dodawania wektorów (reguły równoległoboku lub trójkąta) do wyznaczania siły wypadkowej			X	
	rozkłada siłę na składowe, np. siłę ciężkości na równi pochyłej		X		
	wskazuje przykłady praktycznego wykorzystania umiejętności składania i rozkładania sił			X	
	rozróżnia siłę wypadkową i równoważącą		X		
<b>2.3. Pierwsza i druga zasada dynamiki Newtona</b> (1. Pierwsza i druga zasada dynamiki Newtona 2. Badanie drugiej zasady dynamiki Newtona)	opisuje ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona		X		
	wskazuje przykłady bezwładności ciał	X			
	opisuje ruch ciał, korzystając z drugiej zasady dynamiki Newtona		X		
	wymienia jednostki siły i opisuje ich związek z jednostkami podstawowymi		X		
	stosuje do obliczeń związki między masą ciała, przyspieszeniem i siłą	X			
	obserwuje przebieg doświadczenia; zapisuje i analizuje wyniki pomiarów; wyciąga wnioski z doświadczenia	X			
	szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń; krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku		X		
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe; w obliczeniach stosuje drugą zasadę dynamiki i kinematyczne równania ruchu			X	
rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe; w obliczeniach stosuje drugą zasadę dynamiki i kinematyczne równania ruchu				X	



Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>2.4. Trzecia zasada dynamiki Newtona</b> (1. Trzecia zasada dynamiki 2. Zasada dynamiki Newtona– rozwiązywanie zadań)	podaje przykłady wzajemnego oddziaływania ciał	X			
	opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki Newtona	X			
	opisuje zachowanie ciał na podstawie trzeciej zasady dynamiki Newtona		X		
	planuje – korzystając z podręcznika – i demonstruje doświadczenie ilustrujące trzecią zasadę dynamiki	X			
	wyjaśnia na przykładach, dlaczego siły wynikające z trzeciej zasady dynamiki się nie równoważą	X			
	rozwiązuje proste zadania problemowe, wskazując siły wzajemnego oddziaływania		X		
	rozwiązuje złożone zadania problemowe i doświadczenia, dotyczące trzeciej zasady dynamiki Newtona				X
<b>2.5. Siła tarcia</b> (1. Tarcie statyczne i kinetyczne 2. Doświadczenia wyznaczanie współczynnika tarcia 3. Ruch z uwzględnieniem sił tarcia– rozwiązywanie zadań)	wskazuje negatywne i pozytywne skutki tarcia	X			
	rozdziela tarcie statyczne i tarcie kinetyczne	X			
	rozdziela tarcie toczne i tarcie poślizgowe		X		
	opisuje ruch ciał, posługując się pojęciem <i>siła tarcia</i>		X		
	wyjaśnia, kiedy występuje tarcie statyczne, a kiedy kinetyczne; opisuje rolę tarcia w przyrodzie i technice		X		
	wyjaśnia (mikroskopowo), dlaczego występuje siła tarcia			X	
	wyznacza współczynnik tarcia: planuje doświadczenie, mierzy siłę, która działa podczas jednostajnego ciągnięcia pudełka przy różnej sile nacisku, sporządza tabelę z wynikami pomiarów, oblicza średnią wartość współczynnika tarcia, szacuje niepewność pomiaru, oblicza niepewność względną, wskazuje wielkości, których pomiar ma decydujący wpływ na niepewność wyniku		X		
	samodzielnie wykonuje poprawny wykres (właściwie oznacza i opisuje osie, dobiera jednostkę, oznacza niepewność punktów pomiarowych)		X		
	dopasowuje prostą $y = ax$ do wykresu; oblicza wartość współczynnika $a$	X			
	stosuje i zapisuje zasady dynamiki Newtona z uwzględnieniem sił tarcia			X	
rozwiązuje trudne zadania obliczeniowe i problemowe z uwzględnieniem sił tarcia				X	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>2.6. Siła dośrodkowa</b>	opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem; wskazuje przykłady sił pełniących funkcję siły dośrodkowej	X			
	wskazuje – w życiu codziennym i przyrodzie – jaka siła pełni rolę siły dośrodkowej w ruchu po okręgu			X	
	oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu oraz wartość siły dośrodkowej (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)		X		
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu; w obliczeniach korzysta ze wzoru na siłę dośrodkową				X
<b>2.7. Siły bezwładności</b> (1. Układy inercjalne i nieinercjalne 2. Siła bezwładności – rozwiązywanie zadań)	rozdziela układy inercjalny i nieinercjalny	X			
	wskazuje różne przykłady działania sił bezwładności w ruchu prostoliniowym	X			
	przedstawia graficznie kierunek i zwrot siły bezwładności, znając kierunek i zwrot przyspieszenia układu nieinercjalnego		X		
	wyjaśnia różnice między opisami ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych		X		
	opisuje ruch ciał w nieinercjalnych układach odniesienia, posługując się siłami bezwładności		X		
	wyjaśnia różnice między opisami ruchu ciał po okręgu w układach inercjalnych i nieinercjalnych		X		
	posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu ciał po okręgu w układach nieinercjalnych		X		
	wskazuje urządzenia gospodarstwa domowego, w których wykorzystano działanie siły odśrodkowej		X		
	posługuje się pojęciem <i>siła odśrodkowa bezwładności</i> ; znając kierunek i zwrot przyspieszenia układu nieinercjalnego, przedstawia na rysunku kierunek i zwrot siły odśrodkowej			X	
	<sup>R</sup> podaje przykłady działania siły Coriolisa				X
rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe, wybiera układ odniesienia odpowiedni do opisu danego ruchu ciała				X	
przedstawia własnymi słowami główne tezy przeczytanego artykułu popularnonaukowego			X		

<sup>R</sup> – treści spoza podstawy programowej

## Energia i pęd

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>3.1. Praca i moc jako wielkości fizyczne (Praca i moc)</b>	posługuje się pojęciami <i>praca</i> i <i>moc</i>	X			
	oblicza pracę siły na danej drodze, gdy na ciało działa stała siła, a ciało przemieszcza się w kierunku zgodnym z kierunkiem działania siły	X			
	oblicza pracę, gdy siła o stałej wartości nie działa zgodnie z kierunkiem ruchu, a ciało porusza się po linii prostej		X		
	przedstawia jednostki pracy i mocy; opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi		X		
	oblicza pracę stałej siły na podstawie wykresu zależności siły powodującej przemieszczenie od drogi		X		
	przedstawia graficznie pracę siły zmiennej (za pomocą wykresu zależności siły od drogi) i wyraża jej wartość za pomocą sumy pól wszystkich prostokątów, których pola odpowiadają drodze przebytej w bardzo krótkich chwilach ruchu			X	
	wyjaśnia za pomocą odpowiednich przykładów, że praca nie zależy od kształtu toru, lecz od przemieszczenia ciała			X	
	rysuje rozkład sił podczas przesuwania ciała w poziomie i po równi			X	
	oblicza moc urządzeń mechanicznych		X		
	stosuje wzory na pracę i moc do rozwiązywania prostych zadań obliczeniowych: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku		X		
rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe z wykorzystaniem wzorów na pracę i moc			X		

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>3.2. Pojęcie energii. Energia potencjalna grawitacji</b> (1. Energia potencjalna grawitacji 2. Formy energii)	wyjaśnia na wybranym przykładzie, że wykonanie pracy nad ciałem wpływa na jego energię	X			
	posługuje się pojęciem <i>energia potencjalna</i> ; oblicza wartość energii potencjalnej	X			
	wyjaśnia, kiedy siła wykonuje pracę dodatnią, a kiedy pracę ujemną; wskazuje sytuacje, w których praca jest równa zero			X	
	wyjaśnia, dlaczego praca wykonana nad ciałem w obecności siły grawitacji nie zależy od sposobu przemieszczania, lecz od wysokości		X		
	wyjaśnia, dlaczego energia potencjalna ciała zależy od przyjętego układu odniesienia	X			
	wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez siłę równoważącą siłę grawitacji jest równa przyrostowi energii potencjalnej ciała			X	
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną		X		
	wymienia różne formy energii	X			
wskazuje przykłady różnych form energii (korzysta z przykładów w podręczniku)	X				
<b>3.3. Energia kinetyczna. Zasada zachowania energii</b> (1. Energia kinetyczna 2. Przemiany energii. Zasada zachowania energii 3. Sprawność – rozwiązywanie zadań)	posługuje się pojęciem <i>energia kinetyczna</i>	X			
	oblicza pracę, jaką trzeba wykonać – aby działając stałą siłą $F$ – rozpędzić ciało od stanu spoczynku do danej prędkości $v$ na drodze $s$	X			
	oblicza wartość energii kinetycznej		X		
	wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez stałą niezrównoważoną siłę jest równa przyrostowi energii kinetycznej ciała				X
	stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej	X			
	wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu		X		
	bada spadek swobodny; analizuje przemiany energii w jego trakcie		X		
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe z wykorzystaniem wzorów na energię kinetyczną		X		
	stosuje pojęcia <i>energia użyteczna</i> i <i>sprawność</i> do rozwiązywania prostych zadań			X	
oblicza moc urządzeń mechanicznych, uwzględniając ich sprawność		X			
analizuje przemiany jednego rodzaju energii w drugi na wybranym przykładzie i obrazuje je za pomocą diagramów i wykresów, korzystając z poglądowych ilustracji zamieszczonych w podręczniku			X		

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>3.4. Energia potencjalna sprężystości</b> (1. Siła odkształcająca sprężynę – doświadczenie 2. Energia potencjalna sprężystości)	wykazuje doświadczalnie, od czego zależy współczynnik sprężystości sprężyn		X		
	interpretuje wykres zmiany wydłużenia ciała stałego w zależności od przyłożonej siły			X	
	wymienia warunki, w jakich można stosować prawo Hooke'a		X		
	przeprowadza doświadczenie związane z badaniem zależności siły odkształcającej sprężynę od wydłużenia sprężyny (opisuje doświadczenie, zapisuje w tabeli wyniki pomiarów)		X		
	sporządza wykres zależności siły odkształcającej sprężynę od wydłużenia sprężyny (właściwie oznacza i opisuje osie, dobiera jednostkę, oznacza niepewność punktów pomiarowych); wskazuje, że pole pod wykresem liczbowo jest równe wykonanej pracy potrzebnej do rozciągnięcia sprężyny			X	
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe, wykorzystując zasadę zachowania energii mechanicznej; oblicza energię sprężystości ciała		X		
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe dotyczące energii potencjalnej sprężystości, posługując się kalkulatorem i wykresem zależności siły od wydłużenia sprężyny				X
	wyprowadza wzór na energię potencjalną sprężystości			X	
	analizuje przemiany energii na wybranych przykładach			X	
<b>3.5. Pęd. Zasada zachowania pędu</b> (1. Pęd ciała i druga zasada dynamiki w postaci ogólnej 2. Zasada zachowania pędu – rozwiązywanie zadań)	posługuje się pojęciem <i>pęd</i>	X			
	wyjaśnia, od czego zależy zmiana pędu ciała	X			
	interpretuje drugą zasadę dynamiki w postaci ogólnej			X	
	przewiduje wynik doświadczenia na podstawie zasady zachowania pędu		X		
	stosuje zasadę zachowania pędu do wyjaśnienia zjawisk odrzutu i startu rakiet kosmicznych			X	
	wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu		X		
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe związane z zasadą zachowania pędu (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje jego realność)		X		
<sup>R</sup> rozwiązuje złożone zadania dotyczące ruchu ciał o zmiennej masie, np. rakiet				X	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>3.6. Zderzenia sprężyste i niesprężyste</b> (1. Zderzenia niesprężyste ciał 2. Zderzenia sprężyste centralne czołowe i skośne)	odróżnia zderzenia sprężyste od niesprężystych	X			
	stosuje zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń niesprężystych		X		
	wyznacza prędkość kul po zderzeniu, korzystając z podanych wzorów		X		
	stosuje zasadę zachowania energii kinetycznej i zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych		X		
	analizuje zderzenia sprężyste ciał o różnej masie			X	
	wyjaśnia, dlaczego w przypadku zderzenia niesprężystego suma energii kinetycznych zderzających się kul przed zderzeniem jest większa niż po zderzeniu			X	
	posługuje się pojęciem <i>zderzenia centralne skośne</i> i <i>czołowe</i>			X	
	przeprowadza badanie zderzeń centralnych skośnych i czołowych kulek stalowych lub monet (wykonuje doświadczenia, opisuje i analizuje wyniki, wyciąga wnioski z doświadczenia)				X
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe dotyczące zderzeń niesprężystych		X		
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe dotyczące zderzeń sprężystych				X
posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanego tekstu popularnonaukowego (przedstawia własnymi słowami główne tezy artykułu popularnonaukowego)			X		

<sup>R</sup> – treści poza podstawy programowej

## Bryła sztywna

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
4.1. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej (1. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej. 2. Środek masy bryły sztywnej)	rozdziela pojęcia <i>punkt materialny</i> i <i>bryła sztywna</i> ; zna granice ich stosowalności		X		
	analizuje, czy dane ciało porusza się jedynie ruchem postępowym czy zarówno ruchem postępowym, jak i obrotowym		X		
	opisuje ruch bryły sztywnej, stosując pojęcia <i>prędkość kątowna</i> , <i>przyspieszenie kątowne</i> , <i>okres</i> , <i>częstotliwość</i>		X		
	posługuje się pojęciem <i>precesja</i> i wie, kiedy można pominąć precesję			X	
	wyznacza środek masy bryły (samodzielnie wykonuje i opisuje doświadczenie, wyciąga wnioski z doświadczenia)		X		
	stosuje wzór do wyznaczania środka masy bryły sztywnej			X	
	wyznacza środek masy układu ciał			X	
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)		X		
	rozwiązuje złożone zadania związane z ruchem obrotowym bryły sztywnej (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora)				X
	wyprowadza wzór na położenie środka masy				X
4.2. Moment siły	interpretuje i oblicza iloczyn wektorowy dwóch wektorów		X		
	oblicza momenty sił działające na ciało lub układ ciał (bryłę sztywną)		X		
	na podstawie pierwszej zasady dynamiki ruchu obrotowego analizuje równowagę brył sztywnych w sytuacji, kiedy siły działają w jednej płaszczyźnie (gdy siły i momenty sił się równoważą)			X	
	analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu siły			X	
	wykonuje obliczenia, wykorzystując warunek równowagi momentów sił		X		
	rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe; w obliczeniach korzysta ze wzoru na moment siły				X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>4.3.</b> <b>Środek ciężkości i energia potencjalna bryły sztywnej</b> (1. Środek ciężkości i energia potencjalna bryły sztywnej 2. Równowaga bryły sztywnej)	wyznacza doświadczalnie środek ciężkości płaskiego ciała zawieszonoego na nici	X			
	odróżnia energię potencjalną ciężkości ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciężkości ciała, którego wymiarów nie można pominąć; wyznacza energię potencjalną ciężkości		X		
	określa warunki równowagi ciała stojącego na podłożu				X
	wskazuje sposoby zwiększania stabilności ciała (na wybranych przykładach)	X			
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe, stosując wzory na energię w ruchu obrotowym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora)				X
	wskazuje przykłady sytuacji, w których równowaga bryły sztywnej decyduje o bezpieczeństwie (np. stabilność łodzi lub konstrukcji)			X	
	projektuje – korzystając z przykładów podanych w podręczniku – i przeprowadza doświadczenie ilustrujące tor ruchu środka masy			X	
<b>4.4.</b> <b>Energia kinetyczna w ruchu obrotowym</b> (1. Energia kinetyczna w ruchu obrotowym 2. Moment bezwładności)	rozdziela pojęcia <i>masa</i> i <i>moment bezwładności</i>		X		
	wyjaśnia, od czego zależy moment bezwładności bryły			X	
	posługuje się pojęciem <i>moment bezwładności</i> jako miarą bezwładności ciała w ruchu obrotowym	X			
	oblicza bilans energii, uwzględniając energię kinetyczną ruchu obrotowego		X		
	analizuje złożony ruch bryły sztywnej (ruchy: postępowy i obrotowy)			X	
	oblicza energię całkowitą bryły obracającej się wokół osi przechodzącej przez środek masy (np. walca, kuli)			X	
	podaje przykłady momentów bezwładności (wybranych brył)			X	
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z zastosowaniem wzorów na energię w ruchu obrotowym (rozdziela wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje jego realność)		X		
rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe z zastosowaniem wzorów na energię w ruchu obrotowym (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora)				X	



Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania na ocenę			
		dopuszczającą	dostateczną	dobrą	bardzo dobrą
<b>4.5. Druga zasada dynamiki w ruchu obrotowym bryły sztywnej</b> (1. Druga zasada dynamiki ruchu obrotowego 2. Doświadczalne badanie zależności przyspieszenia kąтового od momentu siły i momentu bezwładności)	opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy za pomocą prędkości kątovej i przyspieszenia kątovej		X		
	analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił		X		
	wyjaśnia, kiedy bryła sztywna porusza się ruchem obrotowym jednostajnie przyspieszonym, a kiedy – ruchem obrotowym jednostajnie opóźnionym	X			
	przedstawia jednostki wielkości fizycznych związanych z mechaniką bryły sztywnej; opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi		X		
	bada doświadczalnie zależność przyspieszenia kątovej od momentu siły i momentu bezwładności (wykonuje doświadczenie z wahadłem Oberbecka ilustrujące jakościowy związek między prędkością kątową a momentem siły i momentem bezwładności; opisuje i analizuje wyniki, wyciąga wnioski z doświadczenia)				X
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z zastosowaniem drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego (rozdziela wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza proste obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony, z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe z zastosowaniem drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego oraz kinematycznego równania ruchu obrotowego (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora)				X
<b>4.6. Moment pędu</b> (1. Moment pędu 2. Zasada zachowania momentu pędu)	definiuje moment pędu punktu materialnego	X			
	oblicza moment pędu bryły sztywnej i układu ciał		X		
	wskazuje analogie między wielkościami fizycznymi opisującymi dynamikę ruchu postępowego i ruchu obrotowego bryły	X			
	analizuje ruch bryły wokół osi obrotu z zastosowaniem zasady zachowania momentu pędu		X		
	demonstruje zasadę zachowania momentu pędu na wybranym przykładzie (np. zjawiska odrzutu)			X	
	podaje przykłady wykorzystania zasady zachowania momentu pędu w sporcie, urządzeniach technicznych i we Wszechświecie			X	
	podaje przykłady wykorzystania efektu żyroskopowego w praktyce				X
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z zastosowaniem zasady zachowania momentu pędu (rozdziela wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje jego realność)			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe z zastosowaniem uogólnionej drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego oraz zasady zachowania momentu pędu (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora)				X
rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe na poziomie maturalnym				X	