

## 6 Plan wynikowy (propozycja – 61 godzin)

### I Kinematyka (19 godzin)

\* W nawiasie podano alternatywny temat lekcji (jeśli nazwa zagadnienia jest długa) bądź tematy lekcji realizowanych w ramach danego zagadnienia.

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	ponadpodstawowe dopełniające
I.1. Pomiary w fizyce i wzorce pomiarowe	podaje przykłady zjawisk fizycznych występujących w przyrodzie	X			
	wyjaśnia, w jaki sposób fizyk zdobywa wiedzę o zjawiskach fizycznych	X			
	wymienia przyrządy 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	
	zapisuje wyniki pomiarów i obliczeń wraz z jednostkami	X			
	planuje prosty pomiar; zapisuje wynik pomiaru wraz z niepewnością	X			
	wyjaśnia przyrządy wykonywania pomiarów wielokrotnych		X		
	odczytuje dane z tabeli, zapisuje dane w formie tabeli		X		
	posługuje się pojęciem niepewność pomiarowa	X			
I.2. Wstęp do analizy danych pomiarowych (Analiza danych pomiarowych)	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
	projektuje proste doświadczenie obrazujące ruch ciała i rejestruje je za pomocą kamery	X			
	posługuje się modelem punktu materialnego	X			
I.3. Jak opisać położenie ciała	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		

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	wyjaśnia na wybranym przykładzie, co oznacza stwierdzenie „ruch jest pojęciem względnym” opisuje ruch jednowymiarowy w różnych układach odniesienia wskazuje przykłady ruchu względem różnych układów odniesienia opisuje ruch, posługując się pojęciami <i>droga</i> i <i>przemieszczenie</i> rozdziela pojęcia <i>droga</i> i <i>przemieszczenie</i> przedstawia graficznie na wybranym przykładzie różnicę między przemieszczeniem a drogą rozdziela wektor przemieszczenia i wektor położenia ciała przedstawia graficznie wektor przemieszczenia i wektory położenia w wybranym układzie odniesienia opisuje ruch, posługując się współrzędną wektora położenia i współrzędną wektora przemieszczenia rozwiązuje proste zadania związane z działaniami na wektorach rozwiązuje proste przykłady dotyczące dodawania wektorów przemieszczenia	X	X	X	
<b>I.4.</b> <b>Opis ruchu</b> <b>prostoliniowego</b> (Ruch prostoliniowy)		X	X	X	
<b>I.5.</b> <b>Prędkość</b> <b>w ruchu</b> <b>prostoliniowym</b>	opisuje ruch, posługując się pojęciem <i>prędkości</i> jako wektora i jego współrzędną; przelicza jednostki prędkości posługuje się pojęciami <i>prędkość średnia</i> i <i>prędkość chwilowa</i> wyjaśnia różnicę między prędkością średnią a prędkością chwilową; wyjaśnia, kiedy te prędkości są równe rozwiązuje proste zadania związane z obliczaniem prędkości średniej i chwilowej analizuje wykresy zależności drogi, położenia i prędkości od czasu; rysuje te wykresy na podstawie opisu słownego wykorzystuje związki między położeniem a prędkością w ruchu jednostajnym do obliczania parametrów ruchu	X	X	X	X
<b>I.6.</b> <b>Ruch</b> <b>jednostajny</b> <b>prostoliniowy</b>	rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu jednostajnego od czasu stosuje na wybranym przykładzie równanie ruchu jednostajnego prostoliniowego stosuje wzór na drogę w ruchu jednostajnym prostoliniowym rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z wykorzystaniem równania ruchu jednostajnego szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku rozwiązuje złożone zadania, korzystając z wykresów zależności parametrów ruchu od czasu	X	X	X	X
<b>I.7.</b> <b>Doświadczalne</b> <b>badanie</b> <b>ruchu</b> <b>jednostajnego</b> <b>prostoliniowego</b> (Badanie ruchu jednostajnego prostoliniowego)	projektuje doświadczenie i wykonuje pomiary związane z badaniem ruchu jednostajnego prostoliniowego opisuje i analizuje wyniki doświadczenia opisuje podstawowe zasady określania niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wpływ na niepewność otrzymanego wyniku) szacuje niepewność pomiaru i oblicza niepewność względną opisuje ruch ciała za pomocą tabeli i wykresu na podstawie pomiarów z bezpośredniej obserwacji lub z filmu; podaje czas i współrzędną położenia znajduje doświadczalnie, np. za pomocą przezroczystej linijki, prostą najlepszego dopasowania do punktów na wykresie zależności $x(t)$ ; na tej podstawie wyznacza prędkość ciała opisuje ruch ciała za pomocą wykresu uwzględnającego niepewności pomiarowe	X	X	X	X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
<b>I.8.</b> <b>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
	posługuje się pojęciami <i>przyspieszenie średnie 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: wiaściwie oznacza i opisuje oś, doбира 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
<b>2.</b> Wyznaczanie przyspieszenia – doświadczenie <b>3.</b> Spadek swobodny i rzut pionowy)	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		
	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					
		podstawowe		ponadpodstawowe		rozszerzające	dopełniające
		konieczne	podstawowe	podstawowe	rozszerzające		
<b>I.11. Ruch krzywoliniowy</b> <b>I.12. Prędkość w ruchu krzywoliniowym</b> (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 cyrklelem, egiertką 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 wektor przemieszczenia i wyznacza wektor przemieszczenia jako różnicę wektorów położenia końcowego i położenia początkowego	X					
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami prędkość średnia, prędkość chwilowa i przemieszczenie		X				
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i konstrukcyjne, dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami prędkość średnia i prędkość chwilowa			X			
	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		
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 wzdluz 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	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania				
		podstawowe		ponadpodstawowe		dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające		
	opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami okres i częstotliwość stosuje radian jako miarę łukową kąta opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami promień wodzący, kąt w radianach, prędkość kątowa wyprowadza związek między prędkością liniową a prędkością kątową oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu opisuje ruch zmienny po okręgu, posługując się pojęciami chwilowa prędkość kątowa i przyspieszenie kątowe; przelicza odpowiednio jednostki szacuje prędkość liniową na podstawie zdjęcia rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu, posługując się kalkulatorem opisuje ruch jednostajny po okręgu i ruch jednostajnie zmienny po okręgu; wskazuje cechy wspólne i różnice	X X	X	X	X	
<b>I.15. Ruch po okręgu</b>			X	X	X	
	opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego wyjaśnia różnicę między przyspieszeniem kątowym a przyspieszeniem dośrodkowym; swoje wyjaśnienie uzasadnia graficznie rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym po okręgu, posługując się kalkulatorem	X	X	X	X	
<b>I.16. Przyspieszenie dośrodkowe</b>			X	X	X	

## 2 Ruch i siły (15 godzin)

\* W nawiasie podano alternatywny temat lekcji (jeśli nazwa zagadnienia jest długa) bądź tematy lekcji realizowanych w ramach danego zagadnienia.

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	ponadpodstawowe
2.1. Oddziaływania	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			
2.2. Dodawanie sił i rozkładanie ich na składowe	opisuje oddziaływania, posługując się pojęciem siła	X			
	przedstawia siłę za pomocą wektora i wymienia cechy wektora	X			
	wyjaśnia znaczenie punktu przyłożenia		X		
	wyznacza graficznie siłę wypadkową dwóch sił		X		
2.3. Pierwsza i druga zasada dynamiki Newtona	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	
2.4. Trzecia zasada dynamiki Newtona	rozdziela siłę wypadkową i równoważącą		X		
	opisuje ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona		X		
	wskazuje przykłady bezwładności ciał	X			
	opisuje ruch ciał, korzystając z drugiej zasady dynamiki Newtona		X		
2.5. Badanie drugiej zasady dynamiki Newtona	wymienia jednostki siły i opisuje ich związek z jednostkami podstawowymi		X		
	stosuje do obliczeń związek 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		
2.6. Badanie drugiej zasady dynamiki Newtona	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
	podaje przykłady wzajemnego oddziaływania ciał	X			
	opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki Newtona	X			
2.7. Trzecia zasada dynamiki Newtona	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		
2.8. Rozwiązywanie – rozwiązywanie zadań	rozwiązuje złożone zadania problemowe i doświadczone, dotyczące trzeciej zasady dynamiki Newtona				X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania				
		podstawowe		ponadpodstawowe		
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające	
<b>2.5. Siła tarcia</b> (1. Tarcie statyczne i kinetyczne 2. Doświadczalne wyznaczanie współczynnika tarcia 3. Ruch z uwzględnieniem siły 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 ciała, posługując się pojęciem <i>siły 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 przemieszczania przedmiotu przy różnej sile nacisku, sporządza tabelę z wynikami pomiarów, oblicza średnią wartość współczynnika tarcia, szacuje niepewność pomiaru, oblicza niepewność względną, wskazuje wielkość, których pomiar ma decydujący wpływ na niepewność wyniku		X			
	samodzielnie wykonuje poprawny wykres (właściwie oznacza i opisuje oś, doбира 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 siły tarcia				X	
<b>2.6. Siła dośrodkowa</b>	rozwiązuje trudne zadania obliczeniowe i problemowe z uwzględnieniem siły tarcia				X	
	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	
	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 ciała w układach inercjalnych i nieinercjalnych		X			
	opisuje ruch ciała w nieinercjalnych układach odniesienia, posługując się siłami bezwładności		X			
<b>2.7. Siły bezwładności</b> (1. Układy inercjalne i nieinercjalne 2. Siła bezwładności – rozwiązywanie zadań)	wyjaśnia różnice między opisami ruchu ciała po okręgu w układach inercjalnych i nieinercjalnych		X			
	posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu ciała po okręgu w układach nieinercjalnych		X			
	wskazuje urządzenia gospodarstwa domowego, w których wykorzystano działanie siły odśrodkowej		X			
	posługuje się pojęciem <i>siły odśrodkowej bezwładności</i> ; znając kierunek i zwrot przyspieszenia układu nieinercjalnego, przedstawia na rysunku kierunek i zwrot siły odśrodkowej			X		
	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	

R – treści spoza podstawy programowej



### 3 Energia i pęd (11 godzin)

\* W nawiasie podano alternatywny temat lekcji (jeśli nazwa zagadnienia jest długa) bądź tematy lekcji realizowanych w ramach danego zagadnienia.

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopelniające
	posługuje się pojęciami <i>praca 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		
3.1. Praca i moc jako wielkości fizyczne (Praca i moc)	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: różnicza 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
	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 zeru				X
3.2. Pojęcie energii. Energia potencjalna gravitacji	wyjaśnia, dlaczego praca wykonana nad ciałem w obecności siły grawitacji nie zależy od sposobu przemieszczania, lecz od wysokości		X		
(1. Energia potencjalna gravitacji	wyjaśnia, dlaczego energia potencjalna ciała zależy od przyjętego układu odniesienia	X			
2. Formy energii)	wskazuje, 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			



Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
<b>3.3.</b> <b>Energia kinetyczna.</b> <b>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 $F$ – rozprędzić 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		
	rozwija – 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		
<b>3.4.</b> <b>Energia potencjalna sprężystości</b> (1. Siła odkształcająca sprężynę – doświadczenie 2. Energia potencjalna sprężystości)	analizuje przemiany jednego rodzaju energii: w drugim na wybranym przykładzie i obrazuje je za pomocą diagramów i wykresów, korzystając z poglądowych ilustracji zamieszczonych w podręczniku			X	
	wykazuje doświadczenie, 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 oś, doбира jednostkę, oznacza niepewność punktów pomiarowych); wskazuje, że pole pod wykresem liczbowo jest równe wykonanej pracy potrzebnej do rozciągnięcia sprężyny			X	
	rozwija proste zadania obliczeniowe, wykorzystując zasadę zachowania energii mechanicznej; oblicza energię sprężystości ciała		X		
	rozwija 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	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania					
		podstawowe		ponadpodstawowe		dopelniające	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	podstawowe	dopelniające	
<b>3.5.</b> <b>Pęd. Zasada zachowania pędu</b> (1. Pęd ciała i druga zasada dynamiki w postaci ogólnej 2. Zasada zachowania pędu – rozwiązywanie zadań)	posługuje się pojęciem pęd	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			
	rozwiązuje złożone zadania dotyczące ruchu ciał o zmiennej masie, np. rakiet					X	
	odróżnia zderzenia sprężyste od niesprężystych	X					
	stosuje zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń niesprężystych		X				
<b>3.6.</b> <b>Zderzenia sprężyste i niesprężyste</b> (1. Zderzenia niesprężyste ciał 2. Zderzenia centralne czołowe i skośne)	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 zderzenia <i>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		

R – treści spoza podstawy programowej

## 4 Bryła sztywna (13 godzin)

\* W nawiasie podano alternatywny temat lekcji (jeśli nazwa zagadnienia jest długa) bądź tematy lekcji realizowanych w ramach danego zagadnienia.

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
rozróżnia pojęcia <i>punkt materialny</i> i <i>bryła sztywna</i> ; zna granice ich stosowalności analizuje, czy dane ciało porusza się jedynie ruchem postępowym czy zarówno ruchem postępowym, jak i obrotowym		X			
4.1. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej (1. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej. 2. Środek masy bryły sztywnej)	opisuje ruch bryły sztywnej, stosując pojęcia <i>prędkość kątowna</i> , <i>przyspieszenie kątowne</i> , <i>okres</i> , <i>częstotliwość</i> posługując się pojęciem <i>precesja</i> i <i>wie</i> , kiedy można pominąć precesję wyznacza środek masy bryły (samodzielnie wykonuje i opisuje doświadczenie, wyciąga wnioski z doświadczenia) stosuje wzór do wyznaczania środka masy bryły sztywnej wyznacza środek masy układu ciał rozwiązuje proste zadania obliczeniowe (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) rozwiązuje złożone zadania związane z ruchem obrotowym bryły sztywnej (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora) wyprowadza wzór na położenie środka masy interpretuje i oblicza iloczyn wektorowy dwóch wektorów oblicza momenty sił działające na ciało lub układ ciał (bryłę sztywną) 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) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu siły wykonuje obliczenia, wykorzystując warunek równowagi momentów sił rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe; w obliczeniach korzysta ze wzoru na moment siły	X	X	X	X
4.2. Moment siły	wyznacza doświadczalnie środek ciężkości płaskiego ciała zawieszono na nici odróżnia energię potencjalną ciężkości ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciężkości ciała, którego wymiarów nie można pominąć, wyznacza energię potencjalną ciężkości określa warunki równowagi ciała stojącego na podłożu wskazuje sposoby zwiększania stabilności ciała (na wybranych przykładach) rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe, stosując wzory na energię w ruchu obrotowym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora) wskazuje przykłady sytuacji, w których równowaga bryły sztywnej decyduje o bezpieczeństwie (np. stabilność łodzi lub konstrukcji) projektuje – korzystając z przykładów podanych w podręczniku – i przeprowadza doświadczenie ilustrujące tor ruchu środka masy		X		
4.3. Środek ciężkości i energia potencjalna bryły sztywnej			X		
(1. Środek ciężkości i energia potencjalna bryły sztywnej 2. Równowaga bryły sztywnej)			X	X	X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
4.4. Energia kinetyczna w ruchu obrotowym (1. Energia kinetyczna w ruchu obrotowym 2. Moment bezwładności)	rozdziela pojęcie masy i moment bezwładności		X		
	wyjaśnia, od czego zależy moment bezwładności bryły			X	
4.5. Druga zasada dynamiki w ruchu obrotowym bryły sztywnej (1. Druga zasada dynamiki ruchu obrotowego 2. Doświadczalne badanie zależności przyspieszenia kątownego od momentu siły i momentu bezwładności)	posługuje się pojęciem moment 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 (rozróżnia 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
	opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy za pomocą prędkości kątownej i przyspieszenia kątownego		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 kątownego od momentu siły i momentu bezwładności (wykonuje doświadczenie z wahadłem Oberbecka ilustrujące jakościowy związek między prędkością kątowną 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 (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 z zastosowaniem drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego oraz kinematycznego równania ruchu obrotowego (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora)				X	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	
<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 (rozróżnia 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