

## 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			
I.2. Wstęp do analizy danych pomiarowych (Analiza danych pomiarowych)	wyjaśnia przyrządy wykonywania pomiarów wielokrotnych		X		
	odczytuje dane z tabeli, zapisuje dane w formie tabeli		X		
	posługuje się pojęciem niepewność pomiarowa	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	
I.3. Jak opisać położenie ciała	posługuje się niepewnością standardową				X
	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,		X		
	posługując się wektorem położenia				
	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 <i>prędkością średnią</i> a <i>prędkością chwilową</i> ; 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>  <b>I.9.</b> <b>Ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny</b> (1. Ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny 2. Wyznaczanie przyspieszenia – doświadczenie 3. Spadek swobodny i rzut pionowy)	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 przyspieszenie średnie i chwilowe		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>I.10.</b> <b>Położenie w ruchu jednostajnie zmiennym</b>	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	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
<b>I.11.</b> <b>Ruch</b> <b>krzywoliniowy</b> <b>I.12.</b> <b>Prędkość</b> <b>w ruchu</b> <b>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		X
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i konstrukcyjne, dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami prędkość średnia i prędkość chwilowa				
	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
<b>I.13.</b> <b>Rzut poziomy</b>	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			
<b>I.14.</b> <b>Prędkość</b> <b>w różnych</b> <b>układach</b> <b>odniesienia</b>	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		
I.15. Ruch po okręgu	opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami okres i częstotliwość	X				
	stosuje radian jako miarę łukową kąta	X				
	opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami promień wodzący, kąt w radianach, prędkość kątowa		X			
	wyprowadza związek między prędkością liniową a prędkością kątową			X		
	oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu		X			
	opisuje ruch zmienny po okręgu, posługując się pojęciami chwilowa prędkość kątowa i przyspieszenie kątowe; przelicza odpowiednio jednostki			X		
	szacuje prędkość liniową na podstawie zdjęcia			X		
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu, posługując się kalkulatorem				X	
	opisuje ruch jednostajny po okręgu i ruch jednostajnie zmienny po okręgu; wskazuje cechy wspólne i różnice	X				
	opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego		X			
I.16. Przyspieszenie dośrodkowe	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

## 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 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 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 osie, 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 ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych		X			
	opisuje ruch ciał 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 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		
	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 się – 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		dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające	
<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)	<p>posługuje się pojęciem pęd</p> <p>wyjaśnia, od czego zależy zmiana pędu ciała</p> <p>interpretuje drugą zasadę dynamiki w postaci ogólnej</p> <p>przewiduje wynik doświadczenia na podstawie zasady zachowania pędu</p> <p>stosuje zasadę zachowania pędu do wyjaśnienia zjawisk odrzutu i startu rakiet kosmicznych</p> <p>wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu</p> <p>rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe związane z zasadą zachowania pędu (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje jego realność)</p> <p>rozwiązuje złożone zadania dotyczące ruchu ciał o zmiennej masie, np. rakiet</p>	X				
<b>3.6.</b> <b>Zderzenia sprężyste i niesprężyste</b> (1. Zderzenia niesprężyste ciał 2. Zderzenia centralne czołowe i skośne)	<p>odróżnia zderzenia sprężyste od niesprężystych</p> <p>stosuje zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń niesprężystych</p> <p>wyznacza prędkość kul po zderzeniu, korzystając z podanych wzorów</p> <p>stosuje zasadę zachowania energii kinetycznej i zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych</p> <p>analizuje zderzenia sprężyste ciał o różnej masie</p> <p>wyjaśnia, dlaczego w przypadku zderzenia niesprężystego suma energii kinetycznych zderzających się kul przed zderzeniem jest większa niż po zderzeniu</p> <p>posługuje się pojęciem zderzenia <i>centralne skośne</i> i <i>czołowe</i></p> <p>przeprowadza badanie zderzeń centralnych skośnych i czołowych kulek stalowych lub monet (wykonuje doświadczenia, opisuje i analizuje wyniki, wyciąga wnioski z doświadczenia)</p> <p>rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe dotyczące zderzeń niesprężystych</p> <p>rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe dotyczące zderzeń sprężystych</p> <p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanego tekstu popularnonaukowego (przedstawia własnymi słowami główne tezy artykułu popularnonaukowego)</p>	X	X	X	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		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 kąтова</i> , <i>przyspieszenie kątowe</i> , <i>okres</i> , <i>częstotliwość</i> posługując się pojęciem <i>precesja</i> i <i>wie</i> , kiedy można pominąć precesję		X		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	X
wyprowadza wzór na położenie środka masy					X
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
wyznacza doświadczalnie środek ciężkości płaskiego ciała zawieszono 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	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania				
		podstawowe		ponadpodstawowe		dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające	
<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> 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 kątowej i przyspieszenia kątowego		X			
<b>4.5.</b> <b>Dруга zasada dynamiki w ruchu obrotowym bryły sztywnej</b> (1. Друга zasada dynamiki ruchu obrotowego 2. Doświadczalne badanie zależności przyspieszenia kątowego od momentu siły i momentu 3. Doświadczalne badanie zależności przyspieszenia kątowego od momentu siły i momentu bezwładności)	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 kątowego 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		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