**Wymagania edukacyjne z fizyki**

Poziom rozszerzony -klasa 1

**Wymagania opracowane na podstawie planu wynikowego wydawnictwa Nowa Era**

Wymagania na wyższe oceny zawierają w sobie wymagania na niższe oceny

| **Zagadnienie (temat lekcji)**) | **Cele operacyjne\* Uczeń:** | **Wymagania\*\*** |
| --- | --- | --- |
| **podstawowe** | **ponadpodstawowe** |
| **Konieczne****Ocena dopuszczająca** | **Podstawowe****Ocena dostateczna** | **Rozszerzające****Ocena dobra** | **Dopełniające****Ocena bardzo dobra** |
| **1. Wprowadzenie** |
| 1.2. Pomiary i jednostki | rozróżnia pojęcia: zjawiska fizycznego, obiektu, wielkości fizycznej | X |  |  |  |
| wyjaśnia, na czym polega pomiar; wymienia podstawowe wielkości mierzone podczas badania ruchu | X |  |  |  |
| określa sposób zapisu wyniku pomiaru (wraz z jednostką); wymienia podstawowe jednostki w układzie SI: długości, masy i czasu | X |  |  |  |
| określa miary wzorcowe w układzie SI: długości, masy i czasu |  |  | X |  |
| wyraża wielkości w podstawowych jednostkach układu SI; przelicza wielokrotności i podwielokrotności (korzystając z tabeli przedrostków) oraz jednostki czasu |  | X |  |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych (w tym tekstów popularnonaukowych) dotyczących miar wzorcowych i jednostek wielkości fizycznych |  |  | X |  |
| 1.3. Wstęp do analizy danych pomiarowych | przeprowadza pomiary i doświadczenia, korzystając z ich opisów; wyjaśnia, dlaczego wykonuje się pomiary wielokrotne; posługuje się pojęciem niepewności pomiaru; zapisuje wynik wraz z jego jednostką, z uwzględnieniem informacji o niepewności | X |  |  |  |
| zapisuje w tabeli wyniki pomiarów | X |  |  |  |
| wyznacza średnią z wyników pomiarów wielokrotnych |  | X |  |  |
| rozróżnia błędy przypadkowe i błędy systematyczne, podaje ich przykłady |  | X |  |  |
| przeprowadza obliczenia (posługując się kalkulatorem) i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru | X | X |  |  |
| posługuje się pojęciami niepewności maksymalnej wartości średniej i niepewności względnej; oblicza te niepewności |  |  | X |  |
| posługuje się pojęciem niepewności standardowej wartości średniej; oblicza ją |  |  |  | X |
| 1.4. Opisywanie zależności między wielkościami | rozpoznaje zależność rosnącą bądź malejącą na podstawie danych z tabeli lub wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą i podaje jej przykłady | X |  |  |  |
| odczytuje dane przedstawione w tabelach i na wykresach zależności liniowych | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciami: proporcjonalności prostej, proporcjonalności odwrotnej, zależności liniowej (funkcja liniowa); podaje przykłady |  | X |  |  |
| posługuje się pojęciem współczynnika kierunkowego |  | X |  |  |
| interpretuje wzory opisujące zależności wielkości fizycznych |  |  | X |  |
| interpretuje wykresy zależności liniowych (nachylenie prostej) |  |  |  X |  |
| sporządza wykresy zależności liniowych |  |  X |  |  |
| opisuje – za pomocą wzorów – zależności liniowe przedstawione na wykresie |  |  | X |  |
| rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe z wykorzystaniem wykresów |  | X |  X |  |
| rozwiązuje nietypowe zadania związane z opisywaniem zależności między wielkościami |  |  |  | X |
| **2. Ruch prostoliniowy** |
| 2.1. Jak opisać położenie ciała | przeprowadza proste doświadczenie (badanie ruchu), korzystając z jego opisu; opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu | X |  |  |  |
| projektuje i przeprowadza proste doświadczenie obrazujące ruch ciała; rejestruje je za pomocą kamery; modyfikuje jego przebieg |  |  | X |  |
| posługuje się pojęciem punktu materialnego | X |  |  |  |
| rozróżnia wielkości wektorowe i wielkości skalarne; podaje przykłady | X |  |  |  |
| określa położenie punktu materialnego za pomocą współrzędnej położenia |  | X |  |  |
| określa cechy wektora | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciem wektora położenia; określa położenie ciała za pomocą wektora położenia |  |  | X |  |
| wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie przez liczbę) |  | X |  |  |
| rozwiązuje proste zadania związane z działaniami na wektorach i określaniem położenia ciała |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe zadania związane z działaniami na wektorach i określaniem położenia ciała |  |  | X |  |
| 2.2. Opis ruchu prostoliniowego | definiuje ruch, posługując się pojęciem układu odniesienia | X |  |  |  |
| opisuje i wskazuje przykłady względności ruchu | X |  |  |  |
| opisuje ruch względem różnych układów odniesienia |  | X |  |  |
| posługuje się pojęciem wektora przemieszczenia; rozróżnia pojęcia: położenia, przemieszczenia i drogi |  | X |  |  |
| opisuje ruch prostoliniowy, posługując się pojęciem wektora przemieszczenia |  | X |  |  |
| przedstawia graficznie wektory położenia i wektor przemieszczenia w wybranym układzie odniesienia |  | X |  |  |
| opisuje wektory przemieszczenia podczas ruchu ciał po prostej (określa współrzędną wektora przemieszczenia) |  | X |  |  |
| dodaje wektory przemieszczenia leżące na jednej prostej | X |  |  |  |
| wykonuje działania na wektorach przemieszczenia |  |  | X |  |
| rozwiązuje typowe zadania związane z opisywaniem ruchów prostoliniowych |  | X |  |  |
| Rozwiązuje typowe i nietypowe(X) (złożone) zadania związane z opisywaniem ruchów prostoliniowych |  |  | X | ( X) |
| 2.3. Prędkość w ruchu prostoliniowym | posługujesiępojęciemprędkościdoopisuruchuprostoliniowego;obliczawartośćprędkości i przelicza jejjednostki | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciem prędkości jako wielkości wektorowej |  X |  |  |  |
| posługuje się pojęciami: współrzędnej wektora prędkości, prędkości średniej, prędkości chwilowej; oblicza ich wartości |  | X |  |  |
| rozróżnia prędkość średnią i prędkość chwilową; podaje przykłady | X |  |  |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy infografiki zamieszczonej w podręczniku (lub z innych materiałów źródłowych), dotyczącej prędkości występujących w przyrodzie |  | X | X |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z obliczaniem prędkości średniej i prędkości chwilowej | X | X |  |  |
| Rozwiązuje typowe i nietypowe (złożone) zadania związane z obliczaniem prędkości średniej i prędkości chwilowej |  |  | X |  X |
| 2.4. Ruch jednostajny prostoliniowy | nazywa ruch po torze prostoliniowym ze stałą prędkością ruchem jednostajnym prostoliniowym; wskazuje przykłady; rysuje wykres $v(t)$ | X |  |  |  |
| wyznacza wartość prędkości i drogę z wykresów zależności prędkości i drogi od czasu; sporządza te wykresy na podstawie podanych informacji | X |  |  |  |
| przeprowadza doświadczenie (badanie ruchu jednostajnego prostoliniowego), korzystając z jego opisu; analizuje uzyskane wyniki; opisuje ruch ciała za pomocą tabeli i wykresu |  | X |  |  |
| projektuje i przeprowadza doświadczenie w celu wyznaczenia prędkości ciała; modyfikuje jego przebieg; prezentuje wyniki |  |  | X |  |
| opisuje ruch jednostajny prostoliniowy, posługując się zależnością położenia od czasu (wyprowadza równanie tego ruchu) |  | X | X |  |
| posługujesiępojęciemniepewnościpomiaru;zapisujewynikpomiaruwraz z jegojednostką, z uwzględnienieminformacji o niepewności | X |  |  |  |
| wyznacza położenie, wartość prędkości i drogę w ruchu jednostajnym na podstawie danych zawartych w tabelach i wykresach |  X | X |  |  |
| sporządza i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu jednostajnego prostoliniowego od czasu (z uwzględnieniem niepewności pomiarów); właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; dopasowujeprostądodanychprzedstawionych w postaciwykresu;interpretujenachylenietejprostej i punkty przecięcia z osiami |  | X | X |  |
| zaznacza niepewności przy sporządzaniu wykresu zależności *x*(*t*); dopasowuje prostą do punktów na wykresie, a na podstawie jej nachylenia wyznacza prędkość ciała (oraz niepewność pomiaru) |  |  | X | X |
| oblicza parametry ruchu jednostajnego prostoliniowego (prędkość i drogę), wykorzystując równanie ruchu jednostajnego prostoliniowego (zależność *x*(*t*)); zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych | X |  |  |  |
| szacuje wartość spodziewanego wyniku pomiaru lub obliczeń, interpretuje otrzymany wynik i ocenia jego realność |  |  | X |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z ruchem jednostajnym prostoliniowym, korzystając z równania ruchu jednostajnego, wzoru na drogę i wykresów zależności parametrów ruchu od czasu | X | X |  |  |
| Rozwiązuje typowe i nietypowe (złożone) zadania związane z ruchem jednostajnym prostoliniowym |  |  | X | X |
| 2.5. Ruch prostoliniowy zmienny | posługuje się pojęciem średniej wartości prędkości | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciem wartości wektora prędkości średniej |  | X |  |  |
| rozróżnia pojęcia średniej wartości prędkości i wartości wektora prędkości średniej |  |  |  X |  |
| rysuje i interpretujewykresydotycząceopisuruchuprzyskokowychzmianachwartościprędkości i przy zmianach zwrotuprędkości |  | X |  |  |
| odróżnia wykres zależności położenia od czasu od wykresu zależności drogi od czasu | X |  |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z ruchem prostoliniowym zmiennym, m.in. korzystając z wykresów zależności parametrów ruchu od czasu |  | X |  |  |
| Rozwiązuje typowe i nietypowe (złożone) zadania związane z ruchem prostoliniowym zmiennym, m.in. korzystając z wykresów zależności parametrów ruchu od czasu |  |  | X | X |
| 2.6. Przyspieszenie w ruchu zmiennym | nazywa ruch po torze prostoliniowym, w którym wartość prędkości zmienia się ze stałym przyspieszeniem, ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym; wskazuje przykłady | X |  |  |  |
| nazywa ruchem jednostajnie przyspieszonym ruch, w którym wartość prędkości rośnie w jednostkowych przedziałach czasu o taką samą wartość, a ruchem jednostajnie opóźnionym – ruch, w którym wartość prędkości maleje w jednostkowych przedziałach czasu o taką samą wartość | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciem przyspieszenia (jako wielkości wektorowej) wraz z jego jednostką do opisu ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego  | X |  |  |  |
| opisujeruchprostoliniowyjednostajniezmienny,posługującsięzależnościamiwartościprędkości i przyspieszenia odczasu |  X | X |  |  |
| wyznacza wartości zmiany prędkości i przyspieszenia w ruchu prostoliniowym jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w tabelach i wykresach |  X | X |  |  |
| sporządza i interpretuje wykresy zależności wartości prędkości i przyspieszenia w ruchu prostoliniowym jednostajnie zmiennym od czasu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi |  | X |  |  |
| przeprowadzadoświadczenie(badanieruchuprostoliniowegojednostajniezmiennego);analizuje i opracowujewyniki |  |  | X |  |
| opisuje spadek swobodny (i rzut pionowy) jako przykład ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego; rysuje wykresy $v(t)$ |  | X | X |  |
| stosuje w obliczeniach związek przyspieszenia ze zmianą prędkości i czasem, w jakim ta zmiana nastąpiła | X |  |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| Rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania związane z ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym |  |  | X | X |
| 2.7. Położeniew ruchu jednostajnie zmiennym | opisuje ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i drogi od czasu (za pomocą wzorów i wykresów) |  | X |  |  |
| informuje, że pole pod wykresem zależności *v*(*t*) jest liczbowo równe drodze przebytej przez ciało (zmianie położenia ciała) | X | X |  |  |
| wyprowadza i interpretuje wzór przedstawiający zależność położenia od czasu w ruchu jednostajnie zmiennym, korzystając z wykresu zależności *v*(*t*); opisuje zależność drogi od czasu |  |  | X |  |
| przeprowadza doświadczenie (badanie ruchu jednostajnie zmiennego), korzystając z jego opisu; analizuje i opracowuje uzyskane wyniki |  | X |  |  |
| sporządza i interpretuje wykresy zależności drogi od czasu i drogi od kwadratu czasu w ruchu jednostajnie zmiennym z uwzględnieniem niepewności; dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu $s(t2)$, interpretuje nachylenie tej prostej i punkty przecięcia z osiami, wyznacza przyspieszenie ciała |  |  | X |  |
| projektuje i przeprowadza doświadczenie w celu wyznaczenia przyspieszenia ciała; modyfikuje jego przebieg; prezentuje wyniki |  |  | X |  |
| stosuje w obliczeniach zależność położenia od czasu (równanie ruchu) w ruchu jednostajnie zmiennym |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z ruchem prostoliniowym jednostajnie zmienny | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania związane z ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym |  |  | X | X |
| **3. Ruch krzywoliniowy** |
| 3.1. Ruch krzywoliniowy | rozróżnia pojęcia toru i drogi; wskazuje w otoczeniu przykłady ruchów krzywoliniowych | X |  |  |  |
| posługujesiępojęciemwektorapołożenia;opisujepołożeniepunktumaterialnegonapłaszczyźnie i w przestrzenizapomocąwspółrzędnych i wektorapołożenia |  | X |  |  |
| posługuje się wektorem przemieszczenia wraz z jego jednostką w ruchu krzywoliniowym; określa cechy wektora przemieszczenia |  | X |  |  |
| wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie) o różnych kierunkach; wyznacza wektor przemieszczenia jako różnicę wektorów położenia końcowego i położenia początkowego |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami: przemieszczenia, prędkości średniej i prędkości chwilowej |  | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe zadania dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami: przemieszczenia, prędkości średniej i prędkości chwilowej |  |  | X |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych (w tym tekstów popularnonaukowych) dotyczących ruchów krzywoliniowych |  |  | X |  |
| 3.2. Rzut poziomy | przeprowadza doświadczenia (badanie rzutu poziomego), korzystając z ich opisów; przedstawia wyniki doświadczeń i formułuje wnioski | X |  |  |  |
| opisuje rzut poziomy jako dwa niezależne ruchy: spadek swobodny (w pionie) i ruch jednostajny w poziomie | X | X |  |  |
| analizujerzutpoziomy;wykorzystujerównanieruchujednostajnegodlawspółrzędnejpoziomej i równanieruchujednostajniezmiennegodlawspółrzędnejpionowej |  | X |  |  |
| przedstawia graficznie tor ciała w rzucie poziomym; zaznacza wektor prędkości w różnych punktach toru (rozkłada go na składowe poziomą i pionową) |  | X |  |  |
| zapisuje wzory na współrzędne $x i y$położenia ciała w dowolnej chwili w rzucie poziomym, wykorzystując równana ruchu jednostajnego i ruchu jednostajnie zmiennego |  | X |  |  |
| opisuje tor ruchu (zależność $y(x)$) w rzucie poziomym jako parabolę (wyznacza i interpretuje współczynnik a w równaniu paraboli $y = ax2$) |  |  | X |  X |
| Ropisuje i analizuje rzut ukośny; wyznacza zasięg rzutu ukośnego |  |  |  | X |
| (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu); posługujesięmateriałamipomocniczymi, w tymtablicamifizycznymiorazkartąwybranychwzorów i stałych fizykochemicznych; przedstawia wybrane informacje z historii fizyki dotyczące badania spadku ciał przezGalileusza |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z rzutem poziomym (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych); wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem |  | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania związane z rzutem poziomym  |  |  | X | X |
| 3.3. Prędkośćw różnych układach odniesienia | wskazuje, opisuje i analizuje przykłady względności ruchu | X |  |  |  |
| opisuje składanie prędkości na wybranym przykładzie |  | X |  |  |
| analizuje ruch wzdłuż jednej prostej i ruch na płaszczyźnie względem różnych układów odniesienia; wykonuje schematyczne rysunki ilustrujące te ruchy |  | X |  |  |
| stosuje zasadę dodawania wektorów w celu graficznego wyznaczenia prędkości ciał względem różnych układów odniesienia |  |  | X |  |
| zapisuje i interpretuje zasadę składania prędkości |  | X |  |  |
| analizuje i rozwiązuje zadania dotyczące sytuacji, w których obserwator opisujący ruch jest w ruchu względem wybranego układu odniesienia |  |  |  | X |
| wyznacza prędkość ciała względem różnych układów odniesienia; graficznie ilustruje i oblicza prędkości względne dla ruchów wzdłuż prostej i na płaszczyźnie |  |  | X |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania i problemy dotyczące ruchu względem różnych układów odniesienia (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania i problemy dotyczące ruchu względem różnych układów odniesienia |  |  | X | X |
| 3.4. Ruch po okręgu | opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej (oraz przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej) wraz z ich jednostkami (posługuje się radianem jako miarą łukową kąta) | X |  |  |  |
| podaje i wykorzystuje zależności między wielkościami opisującymi ruch jednostajny po okręgu |  | X |  |  |
| wyprowadza i interpretuje związek między prędkością liniową a prędkością kątową w ruchu po okręgu |  |  | X |  |
| stosuje w obliczeniach związki między promieniem okręgu, prędkością kątową i prędkością liniową |  | X |  |  |
| opisuje ruch niejednostajny po okręgu; rozróżnia prędkość kątową średnią i prędkość kątową chwilową; posługuje się pojęciem przyspieszenia kątowego wraz z jego jednostką |  |  | X |  X |
| (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu); rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z ruchem jednostajnym po okręgu; wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania związane z ruchem jednostajnym po okręgu z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową i prędkością liniową |  |  | X | X |
| 3.5. Przyspieszenie dośrodkowe | opisuje zmiany prędkości w ruchu po okręgu; rozróżnia przyspieszenie średnie i przyspieszenie chwilowe | X |  |  |  |
| wyznacza graficznie wektor zmiany prędkości w ruchu po okręgu; określa kierunek i zwrot przyspieszenia dośrodkowego |  |  |  X |  |
| wyprowadza i interpretujezwiązkimiędzypromieniemokręgu,prędkościąkątową,prędkościąliniową i przyspieszeniemdośrodkowym |  |  | X |  |
| rozróżnia przyspieszenie dośrodkowe i przyspieszenie kątowe; wyjaśnia, na czym polega różnica między przyspieszeniem kątowym a przyspieszeniem dośrodkowym; wykazuje, że w ruchu jednostajnym po okręgu przyspieszenie kątowe jest równe zero |  |  | X |  |
| stosuje w obliczeniachzwiązkimiędzypromieniemokręgu,prędkościąkątową,prędkościąliniową i przyspieszeniemdośrodkowym |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania i problemy związane z ruchem jednostajnym po okręgu z wykorzystaniemzwiązkówmiędzypromieniemokręgu,prędkościąkątową,prędkościąliniową i przyspieszeniemdośrodkowym;wykonujeobliczenia,posługującsiękalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania i problemy związane z ruchem po okręgu |  |  | X | X |
| **4. Ruch i siły** |
|  | wymienia i rozróżnia rodzaje oddziaływań fundamentalnych (grawitacyjne, elektromagnetyczne, jądrowe), rozpoznaje je i wskazuje ich przykłady w otoczeniu; określa na przykładach skutki oddziaływań |  | X |  |  |
| wyjaśnia na przykładach wzajemność oddziaływań |  X |  |  |  |
| opisuje oddziaływania, posługując się pojęciem siły (jako wielkością wektorową) wraz z jej jednostką; przedstawia siłę za pomocą wektora; wskazuje cechy wektora siły (wartość, kierunek, zwrot) | X |  |  |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących oddziaływań fundamentalnych |  |  | X |  |
| 4.2. Dodawanie sił i rozkładanie ichna składowe | rozróżnia siły wypadkową i równoważącą; posługuje się pojęciem siły ciężkości; stosuje w obliczeniach związek między siłą, masą i przyspieszeniem grawitacyjnym | X |  |  |  |
| wyznacza i rysuje siłę wypadkową dla sił o jednakowych kierunkach; opisuje i rysuje siły, które się równoważą | X |  |  |  |
| przeprowadzadoświadczenie–badanierównoważeniasięsił,korzystając z jegoopisu(planuje i modyfikujejegoprzebieg);przedstawiawynikidoświadczenia i formułujewnioski | X |  | X |  |
| wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie |  | X |  |  |
| wyznacza siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie, oblicza wartość tej siły |  |  | X |  |
| rozkłada graficznie siły na składowe |  | X |  |  |
| rysuje (i wyznacza) składowe siły ciężkości na równi pochyłej, działające równolegle i prostopadle do powierzchni równi; opisuje je |  | X | X |  |
| wyjaśnia na przykładach praktyczne wykorzystanie dodawania sił i rozkładania ich na składowe |  |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe (wyodrębnia z tekstów i rysunków informacje kluczowe); tworzy rysunki schematyczne; wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem |  | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy związane z dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe |  |  | X | X |
| 4.3. Pierwszai druga zasada dynamiki | analizuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki; doświadczalnie ilustruje pierwszą zasadę dynamiki; posługuje się pojęciem masy jako miary bezwładności ciał; wskazuje w otoczeniu przykłady bezwładności ciał | X |  |  |  |
| rozpoznaje i nazywa siły oporów ruchu (tarcia, oporu powietrza) | X |  |  |  |
| analizuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki; stosuje w obliczeniach związek między siłą i masą a przyspieszeniem | X |  |  |  |
| stosuje zasady dynamiki pierwszą i drugą do opisu zachowania się ciał; wykorzystuje pojęcie siły (jako wielkości wektorowej) do opisu różnych możliwości ruchu ciał; wyjaśnia niezależność ruchów | X | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenia – bada, jak przyspieszenie zależy od siły i masy, korzystając z opisów doświadczeń (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń); przedstawia i analizuje wyniki doświadczenia, formułuje wnioski |  | X | X |  |
| sporządza i interpretuje wykresy zależności przyspieszenia od siły $a(F)$ i masy $a(m)$ oraz odwrotności masy $a\left(\frac{1}{m}\right)$na podstawie wyników doświadczeń; uwzględnia niepewności pomiarów i opory ruchu; dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu, interpretuje jej nachylenie i punkty przecięcia z osiami |  |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania z wykorzystaniem zasad dynamiki pierwszej i drugiej (wyodrębnia z tekstów, wykresów i rysunków informacje kluczowe); sporządza i interpretuje wykresy; wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązujezłożone(typowe i nietypowe)zadanialubproblemy z wykorzystaniemzasaddynamikipierwszej i drugiej oraz równańruchu |  |  | X | X |
| 4.4. Trzecia zasada dynamiki | opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki i pojęciem siły jako wielkości wektorowej; wskazuje w otoczeniu przykłady wzajemnego oddziaływania ciał | X |  |  |  |
| doświadczalnie ilustruje trzecią zasadę dynamiki (korzystając z opisu doświadczenia); opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu, przedstawia jego wyniki i formułuje wnioski | X | X |  |  |
| planuje i modyfikujeprzebiegdoświadczeniailustrującegotrzeciązasadędynamiki,formułujehipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jejweryfikacji |  |  | X |  |
| stosuje trzecią zasadę dynamiki do opisu zachowania się ciał; opisuje na przykładzie skutki wzajemnego oddziaływania ciał |  | X |  |  |
| rysuje (przedstawia za pomocą wektorów), oznacza i opisuje siły wzajemnego oddziaływania ciał; wyjaśnia na przykładzie, dlaczego siły wynikające z trzeciej zasady dynamiki się nie równoważą |  | X |  |  |
| analizuje wzajemne oddziaływanie i zachowanie się ciał, przewiduje i uzasadnia skutki oddziaływań, posługując się trzecią zasadą dynamiki |  |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy z wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe) | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy związane z wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki |  |  | X | X |
| 4.5. Siła tarcia | opisujeoporyruchu(oporyośrodka,tarcie);wskazuje w otoczeniuprzykładyszkodliwości i użytecznościtarcia | X |  |  |  |
| rozróżnia i opisuje tarcie statyczne i tarcie kinetyczne (poślizgowe i toczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego i tarcia statycznego; posługuje się tymi współczynnikami; informuje, od czego one zależą |  | X | X |  |
| opisuje ruch ciał, posługując się pojęciem siły tarcia; zaznacza wektor siły tarcia i określa jego cechy; omawia funkcję tarcia na wybranych przykładach |  X | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenia (bada zależność tarcia od przyłożonej siły, rodzaju powierzchni i siły nacisku), korzystając z ich opisu; przedstawia i analizuje wyniki (wykres zależności tarcia od przyłożonej siły zewnętrznej i siły nacisku), formułuje wnioski |  | X |  |  |
| sporządza i interpretuje wykres zależności tarcia od siły nacisku na podstawie wyników doświadczenia; uwzględnia niepewności pomiarów; dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu, określa jej współczynnik kierunkowy i wyznacza współczynnik tarcia; planujei modyfikuje przebieg doświadczenia |  |  | X |  |
| analizuje ruch ciała na równi pochyłej; wykonuje graficznie rozkład sił; wyznacza składowe siły ciężkości i siłę tarcia oraz wartość współczynnika tarcia |  |  X |  |  |
| doświadczalnie wyznacza wartość współczynnika tarcia na podstawie analizy ruchu ciała na równi |  | X |  |  |
| wyodrębnia z tekstów, tabel, wykresów i rysunków informacje kluczowe | X |  |  |  |
| wyjaśnia mikroskopową przyczynę występowania sił tarcia |  |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z ruchem, z uwzględnieniem sił tarcia, wykorzystując drugą zasadę dynamiki; wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem |  | X | X |  |
| rozwiązuje złożone zadania lub problemy związane z ruchem, uwzględniając siły tarcia i wykorzystując drugą zasadę dynamiki |  |  |  | X |
| 4.6. Siła dośrodkowa | wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu, określa jej zwrot; wskazuje przykłady sił pełniących funkcję siły dośrodkowej; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe | X |  |  |  |
| analizuje i opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem okręgu; wyjaśnia funkcję siły tarcia na wybranych przykładach ruchu po okręgu |  X | X |  |  |
| opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej (prędkości kątowej, przyspieszenia dośrodkowego oraz siły dośrodkowej) wraz z ich jednostkami; stosuje zasady dynamiki drugą i trzecią do opisu ruchu po okręgu | X | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenia (obserwuje ruch po okręgu); doświadczalnie bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu; przedstawia i analizuje wyniki, formułuje wnioski |  | X |  |  |
| opracowuje wyniki doświadczenia, sporządza i interpretuje wykres zależności siły dośrodkowej od kwadratu prędkości liniowej; uwzględnia niepewności pomiarów; dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; wyznacza, określa i interpretuje jej współczynnik kierunkowy |  |  | X |  |
| wyprowadza i interpretuje związki między promieniem okręgu, prędkością kątową i prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową |  |  |  |  X |
| stosuje w obliczeniach związki między promieniem okręgu, prędkością kątową i prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania i problemy związane z ruchem jednostajnym po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową i prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązujezłożone(typowe i nietypowe)zadania i problemyzwiązane z ruchempookręgu, z wykorzystaniem związkówmiędzypromieniemokręgu,prędkościąkątową,prędkościąliniowąorazprzyspieszeniem dośrodkowym i siłądośrodkową |  |  | X | X |
| 4.7. Siły bezwładności | rozróżnia układy inercjalne i układy nieinercjalne (omawia różnice między opisami ruchu ciał w układach inercjalnych i układach nieinercjalnych) |  | X | X |  |
| posługuje się pojęciem siły bezwładności; wyjaśnia na przykładach przyczynę działania siły bezwładności, określa jej cechy, przedstawia na rysunku jej kierunek i zwrot; posługuje się pojęciem siły odśrodkowej |  X | X |  |  |
| stosuje pojęcie sił bezwładności do opisu ruchu ciał w układach nieinercjalnych |  | X | X |  |
| doświadczalnie ilustruje stan nieważkości, działanie siły odśrodkowej i Rsiły Coriolisa |  |  | X |  |
| opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia, podaje warunki i przykłady ich występowania (Ropisuje stan niedociążenia) |  | X | X |  |
| wyjaśnia na przykładach przyczynę działania siły Coriolisa; omawia siłę Coriolisa na Ziemi |  |  |  |  X |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z siłami bezwładności (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem |  | X |  |  |
| rozwiązuje złożone zadania lub problemy związane z siłami bezwładności i opisami zjawisk (ruchu ciał) w układach inercjalnych i nieinercjalnych |  |  | X | X |
| **5. Energia i pęd** |
| 5.1. Praca i moc jako wielkości fizyczne | posługuje się pojęciami pracy mechanicznej i mocy wraz z ich jednostkami; stosuje w obliczeniach związek pracy z siłą i drogą, na jakiej ta praca została wykonana, oraz związek mocy z pracą i czasem, w jakim została ona wykonana; opisuje związki dżula i wata z jednostkami podstawowymi | X |  |  |  |
| analizuje zależność pracy od kąta między wektorem siły a kierunkiem ruchu ciała; wyjaśnia na przykładach, że skutek działania siły zależy od tego kąta; przedstawia rozkład sił podczas przesuwania ciała |  | X |  |  |
| interpretuje pole pod wykresem zależności siły od drogi i pole pod wykresem zależności mocy od czasu jako wykonaną pracę (oblicza pracę na podstawie wykresów zależności *F*(*s*) i *P*(*t*)) |  | X | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy (wyodrębnia z tekstów i rysunków informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązujezłożone(typowe i nietypowe)zadanialubproblemyzwiązane z obliczaniempracymechanicznej i mocy |  |  | X | X |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących mocy różnych urządzeń |  |  | X |  |
| 5.2. Pojęcie energii. Energiapotencjalna grawitacji | posługuje się pojęciem energii, w tym energii potencjalnej grawitacji, wraz z jej jednostką; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii; wyznacza zmianę energii potencjalnej grawitacji | X |  |  |  |
| przeprowadza doświadczenie – bada, od czego zależy, a od czego nie zależy energia potencjalna ciała,korzystając z opisudoświadczenia(planuje i modyfikujeprzebiegdoświadczenia);opracowuje i przedstawiawynikidoświadczenia,formułujewnioski |  | X | X |  |
| wyjaśnia na przykładzie, że praca wykonana nad ciałem przez siłę równoważącą siłę ciężkości nie zależy od sposobu przemieszczania ciała |  |  |  X |  |
| wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez siłę równoważącą siłę ciężkości jest równa przyrostowi energii potencjalnej ciała |  |  | X |  |
| wyjaśnia na wybranym przykładzie, że energia potencjalna ciała zależy od poziomu odniesienia; oblicza energię potencjalną ciała |  X | X |  |  |
| wyjaśnia, jak zmienia się energia, jeśli siła wykonuje pracę dodatnią, a jak, jeśli siła wykonuje pracę ujemną |  | X |  |  |
| wymienia różne formy energii, podaje ich przykłady z otoczenia; posługuje się informacjami dotyczącymi form energii, pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu | X |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z energią potencjalną (wyodrębnia z tekstów i rysunkówinformacjekluczowe);wykonujeobliczeniaszacunkowe i poddajeanalizie otrzymanywynik;wykonujeobliczenia,posługującsiękalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy związane z energią potencjalną |  |  | X | X |
| 5.3. Energia kinetyczna. Zasada zachowania energii | posługuje się pojęciem energii kinetycznej wraz z jej jednostką; oblicza energię kinetyczną; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii; wyznacza zmianę energii kinetycznej | X |  |  |  |
| wykorzystuje zasadę zachowania energii do analizy ruchu ciał (oraz do opisu zjawisk); posługuje się pojęciem układu izolowanego | X | X |  |  |
| wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez stałą siłę podczas rozpędzania ciała jest równa przyrostowi jego energii kinetycznej |  |  | X |  |
| (wskazuje przykłady przemian energii w otoczeniu); analizuje przemiany energii na wybranych przykładach | X | X |  |  |
| stosuje w obliczeniach zasadę zachowania energii mechanicznej |  | X |  |  |
| posługuje się pojęciem sprawności urządzeń mechanicznych; stosuje w obliczeniach pojęcie sprawności |  | X | X |  |
| posługuje się informacjami dotyczącymi sprawności różnych urządzeń, pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu |  |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy, korzystając ze wzoru na energię kinetyczną i z zasadyzachowaniaenergii(wyodrębnia z tekstów i ilustracjiinformacjekluczowe);wykonuje obliczeniaszacunkowe i poddajeanalizieotrzymanywynik;wykonujeobliczenia,posługującsię kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem zasad dynamiki i zasady zachowania energii |  |  | X | X |
| 5.4. Energia potencjalna sprężystości | doświadczalnie bada zależność wydłużenia sprężyny od siły odkształcającej (korzystając z opisu doświadczenia);opracowujewynikidoświadczenia;uwzględnianiepewnościpomiarów i formułuje wnioski | X | X |  |  |
| opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia sprężyny, posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką |  X |  |  |  |
| przedstawia i interpretuje wykres zależności siły sprężystości od wydłużenia sprężyny; wykazuje, że pole pod wykresem liczbowo jest równe pracy wykonanej podczas rozciągania sprężyny |  | X |  |  |
| posługuje się pojęciem energii potencjalnej sprężystości wraz z jej jednostką; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii sprężystości | X |  |  |  |
| wyprowadza wzór na energię potencjalną sprężystości; wykazuje doświadczalnie związek między energią potencjalną sprężystości a wydłużeniem sprężyny; oblicza energię potencjalną sprężystości |  |  | X |  |
| analizuje przemiany energii z uwzględnieniem energii potencjalnej sprężystości na wybranym przykładzie (np. skoku o tyczce) |  | X |  |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z energią potencjalną sprężystości (wyodrębnia z tekstów i ilustracjiinformacjekluczowe);wykonujeobliczeniaszacunkowe i poddaje analizieotrzymanywynik;wykonujeobliczenia,posługującsiękalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy związane z energią potencjalną sprężystości |  |  | X | X |
| 5.5. Pęd. Zasada zachowania pędu | posługuje się pojęciem pędu i jego jednostką | X |  |  |  |
| doświadczalnie bada zderzenia ciał i wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał, korzystając z zasady zachowania pędu; przedstawia, analizuje i opracowuje wyniki doświadczenia, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski |  | X |  |  |
| (wykazujezależność$∆\vec{p}=\vec{F}∆p$),stosujeją w obliczeniach;interpretujedrugązasadędynamikijako związek zmiany pędu z popędem siły |  |  | X |  |
| doświadczalnie bada zjawisko odrzutu; przedstawia i analizuje wyniki, formułuje wnioski; wyznacza prędkości ciał po odrzucie (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) |  | X | X |  |
| wykorzystuje zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał oraz wyjaśnienia zjawiska odrzutu; wskazuje przykłady zjawisk, w których spełniona jest zasada zachowania pędu |  X | X |  |  |
| uzasadniazasadęzachowaniapędu,korzystając z zależności$∆\vec{p}=\vec{F}∆p$ oraztrzeciejzasadydynamiki |  |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy z wykorzystaniem zasady zachowania pędu i drugiej zasadydynamiki w postaci$∆\vec{p}=\vec{F}∆p$;wykonujeobliczeniaszacunkowe i poddajeanalizieotrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązujezłożone(typowe i nietypowe)zadanialubproblemy z wykorzystaniemzasadyzachowaniapędu i zależności $∆\vec{p}=\vec{F}∆p$ |  |  | X | X |
| 5.6. Zderzenia sprężystei niesprężyste | rozróżnia zderzenia sprężyste i zderzenia niesprężyste; wskazuje w otoczeniu przykłady zderzeń; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe | X |  |  |  |
| analizujezderzenianiesprężyste;stosujezasadęzachowaniapędudoopisuzderzeńniesprężystych i obliczeń (wyjaśnia, dlaczego w przypadku zderzenia niesprężystego suma energii kinetycznych zderzającychsięciałprzedzderzeniemjestwiększaniżpozderzeniu) |  X | X |  |  |
| analizuje zderzenia sprężyste na wybranych przykładach; stosuje zasadę zachowania energii kinetycznej i zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych i obliczeń |  | X |  |  |
| doświadczalnie bada zderzenia ciał i wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał, korzystając z zasady zachowania pędu; przedstawia i opracowuje wyniki doświadczenia, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) |  |  | X |  |
| rozróżnia zderzenia centralne i niecentralne, ilustruje je graficznie; opisuje je na przykładach (np. z różnych dyscyplin sportu) |  |  |  |  X |
| analizuje i opisuje zderzenia sprężyste ciał o różnych masach, ilustruje je na rysunkach schematycznych; wykazuje doświadczalnie i wyznacza zmiany prędkości |  |  | X |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania i problemy dotyczące zderzeń niesprężystych; wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem |  | X | X |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania i problemy dotyczące zderzeń sprężystych |  |  | X | X |
| dokonuje syntezy wiedzy o energii i pędzie; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności |  |  |  X |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Energia i pęd*, w szczególności (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności), posługuje się kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) |  | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Energia i pęd* |  |  | X | X |
| **6. Bryła sztywna** |
| 6.1. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej | wyjaśnia i stosuje pojęcie bryły sztywnej; wskazuje na przykładach granice stosowania modeli punktu materialnego i bryły sztywnej | X |  |  |  |
| rozróżnia ruchy postępowy i obrotowy bryły sztywnej, wskazuje ich przykłady w otoczeniu (opisuje na wybranym przykładzie ruch złożony bryły sztywnej jako sumę ruchów prostych) | X |  |  |  |
| opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi, stosując pojęcia: prędkości kątowej, przyspieszenia kątowego, okresu, częstotliwości | X | X |  |  |
| demonstruje lub bada ruch bryły sztywnej, korzystając z jego opisu; opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu, formułuje wnioski (projektuje i przeprowadza doświadczenie obrazujące ruch bryły sztywnej; modyfikuje jego przebieg) |  |  | X |  |
| opisuje ruch wokół ruchomej osi – precesję – na wybranym przykładzie (np. ruchu bączka); wskazuje przykłady zjawiska precesji |  |  |  | X |
| posługuje się pojęciem środka masy; wyznacza i ilustruje na rysunkach schematycznych położenie środka masy bryły lub układu ciał; wskazuje środek masy dla brył jednorodnych mających środek symetrii |  | X |  |  |
| stosuje w obliczeniach wzór na wektor położenia środka masy układu ciał  |  |  |  X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał (wyodrębnia z tekstów i rysunków informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem |  | X |  X |  |
| 6.2. Moment siły | przeprowadza doświadczenia polegające na badaniu zachowania się ciał w zależności od sposobu przyłożeniasił,korzystając z ichopisu,analizuje i przedstawiawynikidoświadczeń,formułujewnioski |  |  X | X |  |
| posługuje się pojęciem momentu siły wraz z jego jednostką; wyznacza i rysuje wektor momentu siły, określa jego cechy (kierunek i zwrot); oblicza momenty sił działające na ciało lub układ ciał (bryłę sztywną) |  X |  |  |  |
| stosuje warunki statyki bryły sztywnej; wykorzystuje w obliczeniach warunek równowagi momentów sił |  | X |  |  |
| formułuje i stosuje pierwszą zasadę zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; analizuje równowagę brył sztywnych w sytuacji, kiedy siły działają w jednej płaszczyźnie |  X |  |  |  |
| wyznacza wypadkowy moment siły; wskazuje i opisuje przykłady stosowania dodawania momentów sił (np. dźwignie); analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod działaniem momentu siły |  |  | X |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z wyznaczaniem momentów sił oraz stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej i pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego (wyodrębnia z tekstów i rysunków informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy związane z wyznaczaniem momentów sił oraz stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej i pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego |  |  | X | X |
| 6.3. Środek ciężkości i energia potencjalna bryły sztywnej | posługuje się pojęciem środka ciężkości; rozróżnia środek masy i środek ciężkości; wyjaśnia, kiedy znajdują się one w tym samym punkcie |  | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenia polegające na wyznaczaniu środka ciężkości ciał płaskich, korzystając z ich opisu (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji); analizuje i przedstawia wyniki doświadczeń, formułuje wnioski |  |  X | X |  |
| odróżnia energię potencjalną grawitacji ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciała, którego wymiarów nie można pominąć (opisuje na przykładzie, np. skoku o tyczce, wykorzystanie związku energii potencjalnej ciała z położeniem środka ciężkości) |  |  | X |  |
| wyznacza i oblicza energię potencjalną bryły sztywnej z uwzględnieniem położenia jej środka ciężkości |  |  X |  |  |
| stosuje w obliczeniach pojęcie momentu siły i warunki statyki bryły sztywnej oraz związek zmiany energii potencjalnej z wykonaną pracą |  | X |  |  |
| opisuje na wybranym przykładzie wpływ położenia środka ciężkości na stabilność ciała; rozróżnia równowagi: obojętną, trwałą i chwiejną |  |  | X |  |
| wskazuje w otoczeniu i opisuje przykłady sytuacji, w których równowaga bryły sztywnej decyduje o bezpieczeństwie(np.stabilnośćkonstrukcji)orazsposobyzwiększaniastabilnościciała(realizuje projektzwiązanyzestatykąciał,np.projektujewybranyprzedmiot i badajegostabilność,korzystając z informacjipochodzących z analizymateriałówźródłowychlubinternetu) |  |  | X | X |
| rozwiązuje(proste)typowezadanialubproblemyzwiązane z wyznaczaniemśrodkaciężkości i stosowaniemwarunkówstatykibryłysztywnejorazwyznaczaniemjejenergiipotencjalnej (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązujezłożone(typowe i nietypowe)zadanialubproblemyzwiązane z wyznaczaniemśrodkaciężkości i stosowaniemwarunkówstatykibryłysztywnejorazwyznaczaniemjejenergiipotencjalnej |  |  | X | X |
| 6.4. Energia kinetyczna w ruchu obrotowym | (rozróżniapojęciamasy i momentubezwładności);posługujesiępojęciemmomentubezwładności jakowielkościzależnejodrozkładumas,wraz z jegojednostką;interpretujemomentbezwładności jakomiarębezwładnościciała w ruchuobrotowym | X |  |  |  |
| doświadczalnie bada ruch ciał o różnych momentach bezwładności, korzystając z opisu doświadczenia (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji); analizuje i przedstawia wyniki doświadczeń, formułuje wnioski | X |  | X |  |
|  wyjaśnia, od czego zależy energia kinetyczna w ruchu obrotowym; stosuje w obliczeniach wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej |  | X |  |  |
| obliczaenergięruchubryłysztywnejjakosumęenergiikinetycznejruchupostępowegośrodkamasy i ruchuobrotowegowokółosiprzechodzącejprzezśrodekmasy |  | X |  |  |
| analizuje dane zawarte w tabeli *Momenty bezwładności bry*ł; porównuje wzory na moment bezwładności dla brył o wybranych kształtach, formułuje wnioski |  | X |  |  |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z energią ruchu bryły sztywnej (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy związane z energią ruchu bryły sztywnej |  |  | X | X |
| 6.5. Drugazasada dynamiki w ruchu obrotowym | (posługuje się pojęciem przyspieszenia kątowego wraz z jego jednostką); wyjaśnia, od czego zależy przyspieszenie kątowe bryły poruszającej się ruchem obrotowym wokół stałej osi | X | X |  |  |
| stosuje drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego do opisu ruchu obrotowego wybranej bryły; stosuje w obliczeniach związek między momentem siły i momentem bezwładności a przyspieszeniem kątowym |  X |  |  |  |
| wykazuje związek między momentem siły i momentem bezwładności a przyspieszeniem kątowym |  |  | X |  |
| analizuje na wybranym przykładzie (np. kulki staczającej się z równi pochyłej) zachowanie się bryły pod działaniem momentu siły na podstawie drugiej zasady dynamiki (ilustruje graficznie rozkład sił), wyznacza moment bezwładności bryły |  |  | X | X |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy, wykorzystując drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego(wyodrębnia z tekstów i ilustracjiinformacjekluczowe);wykonujeobliczeniaszacunkowe i poddajeanalizieotrzymanywynik;wykonujeobliczenia,posługującsiękalkulatorem | X | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (typowe i nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego |  |  | X | X |
| 6.6. Moment pędu | posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego wraz z jego jednostką; określa cechy wektora momentu pędu (wartość, kierunek, zwrot) | X | X |  |  |
| posługuje się pojęciem momentu pędu bryły i układu ciał wraz z jego jednostką (wyprowadza wzór na moment pędu bryły); stosuje w obliczeniach związek momentu pędu z prędkością kątową |  | X | X |  |
| doświadczalnie demonstruje zasadę zachowania momentu pędu; przedstawia, opisuje i wyjaśnia wyniki doświadczenia oraz formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) |  | X | X |  |
| (podaje zasadę zachowania momentu pędu), stosuje ją do wyjaśniania zjawisk i obliczeń; wyjaśnia, z czego wynika ta zasada |  | X |  |  |
| analizuje na wybranych przykładach ruch obrotowy układu ciał wokół ustalonej osi na podstawie zasady zachowania momentu pędu (wyjaśnia zmiany prędkości kątowej przy zmianach momentu bezwładności) | X | X |  |  |
| wskazuje w otoczeniu (np. w sporcie, urządzeniach technicznych) i opisuje przykłady wykorzystywania zasady zachowania momentu pędu, ilustruje je na rysunkach schematycznych |  |  | X |  |
| opisuje i ilustruje doświadczalnie efekt żyroskopowy (wyjaśnia na przykładach zastosowania żyroskopu, posługując się informacjami wynikającymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych) |  |  | X | X |
| rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy z wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem |  | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania i problemy z wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu |  |  | X | X |