Wymagania edukacyjne z fizyki dla klas I LO – zakres rozszerzony (uczniowie po szkole podstawowej)

(wymagania na kolejne stopnie się **kumulują** - obejmują również wymagania na stopnie niższe)

| **Ocena** |
| --- |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **1. Wprowadzenie** |
| **Uczeń**:* podaje przykłady zjawisk fizycznych występujących w przyrodzie
* przelicza wielokrotności i podwielokrotności
* wymienia prowadzenie doświadczeń oraz modelowanie matematyczne obserwowanych zjawisk i obiektów jako metody badań fizyki
* wyjaśnia, na czym polega prowadzenie doświadczeń fizycznych
* rozróżnia pojęcia: zjawiska fizycznego, obiektu, wielkości fizycznej
* wyjaśnia, na czym polega pomiar; wymienia podstawowe wielkości mierzone podczas badania ruchu
* określa sposób zapisu wyniku pomiaru (wraz z jednostką); wymienia podstawowe jednostki układu SI: długości, masy i czasu
* 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, uwzględniając informacje o niepewności
* zapisuje wyniki pomiarów w tabeli
* przeprowadza proste obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych
* rozpoznaje zależność rosnącą bądź malejącą na podstawie danych z tabeli lub wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą i podaje jej przykłady
* odczytuje dane przedstawione w tabelach i na wykresach zależności liniowych
 | **Uczeń**:* posługuje się pojęciem roku świetlnego
* opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce
* wyjaśnia, na czym polega modelowanie matematyczne
* wyjaśnia przyczyny wprowadzenia międzynarodowego układu jednostek miar (układu SI)
* wyraża wielkości w podstawowych jednostkach układu SI; przelicza wielokrotności i podwielokrotności (korzystając z tabeli przedrostków) oraz jednostki czasu
* wyznacza średnią z wyników pomiaru wykonanego wielokrotnie
* rozróżnia błędy przypadkowe i systematyczne, podaje ich przykłady
* przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem
* posługuje się pojęciami: proporcjonalności prostej, proporcjonalności odwrotnej, zależności liniowej (funkcja liniowa); podaje przykłady
* posługuje się pojęciem współczynnika kierunkowego
* interpretuje wykresy zależności liniowych (nachylenie prostej i punkty przecięcia z osiami)
* rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe z wykorzystaniem wykresów
 | **Uczeń**:* podaje rzędy wielkości rozmiarów i mas obiektów, którymi zajmuje się fizyka, oraz czasu trwania wybranych zjawisk
* wskazuje przykłady wzajemnego uzupełniania się doświadczenia i modelowania matematycznego w naukach ścisłych
* określa miary wzorcowe w układzie SI: długości, masy i czasu
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych (w tym tekstów popularnonaukowych), dotyczących miar wzorcowych i jednostek wielkości fizycznych
* przedstawia dane podane w tabeli za pomocą histogramu (wykresu słupkowego)
* posługuje się pojęciami: niepewności maksymalnej wartości średniej, niepewności względnej; oblicza te niepewności
* interpretuje wzory opisujące zależności między wielkościami fizycznymi
* sporządza wykresy zależności liniowych
* opisuje za pomocą wzorów zależności liniowe przedstawione na wykresie
 | **Uczeń**:* przygotowuje i przedstawia prezentację dotyczącą miar wzorcowych i jednostek wielkości mierzalnych
* posługuje się pojęciem niepewności standardowej wartości średniej; oblicza ją
* rozwiązuje nietypowe zadania związane z opisywaniem zależności między wielkościami
 |

|  |
| --- |
| **2. Ruch prostoliniowy** |
| **Uczeń**:* posługuje się pojęciem punktu materialnego
* rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne; podaje przykłady
* określa cechy wektora
* definiuje ruch, posługując się pojęciem układu odniesienia
* opisuje i wskazuje przykłady względności ruchu
* posługuje się pojęciem prędkości do opisu ruchu prostoliniowego; oblicza wartość prędkości i przelicza jej jednostki
* rozróżnia prędkość średnią i prędkość chwilową; podaje przykłady
* nazywa ruch po torze prostoliniowym ze stałą prędkością ruchem jednostajnym prostoliniowym; wskazuje przykłady; rysuje wykres $v(t)$
* wyznacza wartość prędkości i drogę z wykresów zależności prędkości i drogi od czasu; rysuje te wykresy na podstawie podanych informacji
* posługuje się pojęciem niepewności pomiaru; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką, uwzględniając informacje o niepewności
* 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
* posługuje się pojęciem średniej wartości prędkości
* nazywa ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym ruch po torze prostoliniowym, w którym wartość prędkości zmienia się ze stałym przyspieszeniem; podaje przykłady
* 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
* posługuje się pojęciem przyspieszenia wraz z jego jednostką do opisu ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego
* stosuje w obliczeniach związek przyspieszenia ze zmianą prędkości i czasem, w jakim ta zmiana nastąpiła
* informuje, że pole pod wykresem zależności $v(t)$ jest liczbowo równe drodze przebytej przez ciało
* analizuje pod kierunkiem nauczyciela tekst popularnonaukowy dotyczący ruchu; wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia je w różnych postaciach
* przeprowadza proste doświadczenie (badanie ruchu), korzystając z jego opisu; opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; formułuje wnioski; rozwiązuje proste zadania lub problemy związane z:
	+ obliczaniem prędkości średniej i chwilowej,
	+ ruchem jednostajnym prostoliniowym, korzystając z równania ruchu jednostajnego, wzoru na drogę i wykresów zależności parametrów ruchu od czasu,
	+ ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym,

w szczególności: przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń**:* wyjaśnia, dlaczego punkt materialny jest modelem ciała
* określa położenie punktu materialnego za pomocą współrzędnej położenia
* wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie przez liczbę)
* opisuje ruch względem różnych układów odniesienia; posługuje się pojęciem wektora przemieszczenia; rozróżnia pojęcia: położenia, przemieszczenia i drogi
* opisuje ruch prostoliniowy, posługując się pojęciem wektora przemieszczenia
* przedstawia graficznie wektory położenia oraz wektor przemieszczenia w wybranym układzie odniesienia
* opisuje wektory przemieszczenia podczas ruchu ciał po prostej (określa współrzędną wektora przemieszczenia)
* dodaje wektory przemieszczenia leżące na jednej prostej
* posługuje się pojęciem prędkości jako wielkości wektorowej
* posługuje się pojęciami: współrzędnej wektora prędkości, prędkości średniej, prędkości chwilowej; oblicza ich wartości
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy infografiki zamieszczonej w podręczniku, dotyczącej prędkości występujących w przyrodzie
* opisuje ruch jednostajny prostoliniowy, posługując się zależnością położenia od czasu
* wyznacza położenie, wartość prędkości i drogę w ruchu jednostajnym na podstawie danych zawartych w tabelach i wykresach
* sporządza i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu jednostajnego prostoliniowego od czasu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; interpretuje nachylenie tej prostej i punkty przecięcia z osiami
* posługuje się pojęciem wartości wektora prędkości średniej
* rozróżnia pojęcia średniej wartości prędkości i wartości wektora prędkości średniej
* rysuje i interpretuje wykresy dotyczące ruchu przy skokowych zmianach wartości prędkości i zwrotu prędkości
* posługuje się pojęciem przyspieszenia jako wielkości wektorowej; rozróżnia przyspieszenia średnie i chwilowe
* opisuje ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny, posługując się zależnościami wartości prędkości i przyspieszenia od czasu
* wyznacza wartości zmiany prędkości i przyspieszenia w ruchu prostoliniowym jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w tabelach i wykresach sporządza i interpretuje wykresy zależności wartości prędkości i przyspieszenia w ruchu prostoliniowym jednostajnie zmiennym od czasu; właściwe skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi
* opisuje spadek swobodny jako przykład ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego; rysuje wykresy $v(t)$
* opisuje ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny, posługując się zależnościami: położenia, wartości prędkości i drogi od czasu (za pomocą wzorów i wykresów)
* wyjaśnia, że pole pod wykresem zależności $v(t)$ jest liczbowo równe zmianie położenia ciała
* stosuje w obliczeniach zależność położenia od czasu (równanie ruchu) w ruchu jednostajnie zmiennym
* przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego tekstu popularnonaukowego dotyczącego ruchów prostoliniowych
* wykorzystuje informacje pochodzące z analizy tekstu popularnonaukowego do rozwiązywania zadań dotyczących ruchu prostoliniowego
* przeprowadza doświadczenia:
	+ badanie ruchu jednostajnego prostoliniowego,
	+ badanie ruchu jednostajnie zmiennego,

korzystając z ich opisu; analizuje i opracowuje uzyskane wyniki* rozwiązuje proste zadania związane z działaniami na wektorach i określaniem położenia ciała
* rozwiązuje typowe zadania lub problemy związane z:
	+ opisywaniem ruchów prostoliniowych,
	+ obliczaniem prędkości średniej i chwilowej,
	+ ruchem jednostajnym prostoliniowym, korzystając z równania ruchu jednostajnego, wzoru na drogę i wykresów zależności parametrów ruchu od czasu,
	+ ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym,

w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; sporządza i interpretuje wykresy* przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego tekstu popularnonaukowego dotyczącego ruchów prostoliniowych
 | **Uczeń**:* wykonuje działania na wektorach przemieszczenia
* wyprowadza równanie ruchu jednostajnego prostoliniowego (zależność położenia od czasu)
* uwzględnia niepewności pomiarów przy sporządzaniu i interpretowaniu wykresów zależności parametrów ruchu jednostajnego prostoliniowego od czasu
* zaznacza niepewności pomiarów przy sporządzaniu wykresu zależności $x(t)$; dopasowuje prostą do punktów na wykresie, a na podstawie jej nachylenia wyznacza prędkość ciała
* szacuje wartość spodziewanego wyniku pomiaru lub obliczeń, interpretuje otrzymany wynik i ocenia jego realność
* opisuje rzut pionowy jako przykład ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego; rysuje wykresy $v(t)$
* wyprowadza i interpretuje wzór przedstawiający zależność położenia od czasu w ruchu jednostajnie zmiennym, korzystając z wykresu zależności $v(t)$; opisuje zależność drogi od czasu
* 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
* projektuje i przeprowadza proste doświadczenie obrazujące ruch ciała; rejestruje je za pomocą kamery; modyfikuje jego przebieg; przeprowadza doświadczenie (badanie ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego); analizuje i opracowuje wyniki
* projektuje i przeprowadza doświadczenie w celu wyznaczenia:
	+ prędkości ciała,
	+ przyspieszenia ciała,
	+ modyfikuje jego przebieg; prezentuje wyniki
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych (w tym tekstów popularnonaukowych) dotyczących cykloidy oraz prędkości występujących w przyrodzie
* samodzielnie wyszukuje i analizuje tekst popularnonaukowy dotyczący ruchu; przedstawia wyniki analizy; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tego tekstu
* wykorzystuje informacje pochodzące z analizy tekstu popularnonaukowego do rozwiązywania problemów dotyczących ruchu prostoliniowego
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy związane z:
	+ opisywaniem ruchów prostoliniowych,
	+ obliczaniem prędkości średniej i chwilowej,
	+ ruchem jednostajnym prostoliniowym,
	+ ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym
 | **Uczeń**:* wyznacza niepewność pomiaru prędkości ciała wyznaczonej na podstawie nachylenia prostej dopasowanej do punktów na wykresie zależności $x(t$) w ruchu jednostajnym prostoliniowym
* projektuje i przeprowadza doświadczenie (inne niż opisane w podręczniku) w celu zbadania ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego; opracowuje wyniki; prezentuje i ocenia badanie
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy związane z:
	+ opisywaniem ruchów prostoliniowych,
	+ ruchem jednostajnym prostoliniowym,
	+ ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym
 |
| **3. Ruch krzywoliniowy** |
| **Uczeń**:* rozróżnia pojęcia toru i drogi; wskazuje w otoczeniu przykłady ruchów krzywoliniowych
* wskazuje, opisuje i analizuje przykłady względności ruchu
* opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości i prędkości liniowej wraz z ich jednostkami
* opisuje zmiany prędkości w ruchu po okręgu; rozróżnia przyspieszenie średnie i przyspieszenie chwilowe
* przeprowadza doświadczenia:
	+ badanie rzutu poziomego,
	+ badanie ruchu względem różnych układów odniesienia,

korzystając z ich opisów; przedstawia wyniki doświadczeń i formułuje wnioski* rozwiązuje proste zadania lub problemy:
	+ dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami: przemieszczenia, prędkości średniej i prędkości chwilowej,
	+ związane z rzutem poziomym,
	+ dotyczące ruchu względem różnych układów odniesienia,
	+ związane z ruchem jednostajnym po okręgu,
	+ związane z ruchem jednostajnym po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń**:* posługuje się pojęciem wektora położenia; opisuje położenie punktu materialnego na płaszczyźnie i w przestrzeni za pomocą współrzędnych i wektora położenia
* posługuje się wektorem przemieszczenia wraz z jego jednostką w ruchu krzywoliniowym; określa cechy wektora przemieszczenia
* wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie) o różnych kierunkach; wyznacza wektor przemieszczenia jako różnicę wektorów położenia końcowego i położenia początkowego
* wykorzystuje do opisu ruchu krzywoliniowego pojęcie wektora prędkości wraz z jej jednostką; rozróżnia prędkość średnią i prędkość chwilową; oblicza te prędkości
* wykazuje niezależność ruchu poziomego i ruchu pionowego w rzucie poziomym na podstawie doświadczenia; wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla przebiegu doświadczenia
* opisuje rzut poziomy jako dwa niezależne ruchy: spadek swobodny (w pionie) i ruch jednostajny (w poziomie)
* analizuje rzut poziomy; wykorzystuje równanie ruchu jednostajnego dla współrzędnej poziomej i równanie ruchu jednostajnie zmiennego dla współrzędnej pionowej
* przedstawia graficznie tor ciała w rzucie poziomym; zaznacza wektor prędkości w różnych punktach toru
* zapisuje wzory na współrzędne $x i y$położenia ciała w dowolnej chwili w rzucie poziomym, wykorzystując równana ruchu jednostajnego i ruchu jednostajnie zmiennego
* opisuje tor ruchu w rzucie poziomym jako parabolę
* wskazuje, opisuje i analizuje przykłady względności ruchu
* opisuje składanie prędkości na wybranym przykładzie
* analizuje ruch wzdłuż jednej prostej i ruch na płaszczyźnie względem różnych układów odniesienia; wykonuje schematyczne rysunki w celu zilustrowania tych ruchów
* zapisuje i interpretuje zasadę składania prędkości
* opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami przemieszczenia kątowego i prędkości kątowej wraz z ich jednostkami; posługuje się radianem jako miarą łukową kąta
* wymienia i wykorzystuje zależności między wielkościami opisującymi ruch jednostajny po okręgu
* wyznacza graficznie wektor zmiany prędkości w ruchu po okręgu; określa kierunek i zwrot przyspieszenia dośrodkowego
* opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: prędkości liniowej, prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami
* stosuje w obliczeniach związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową i przyspieszeniem dośrodkowym
* przedstawia wybrane informacje z historii fizyki dotyczące badania spadania ciał przez Galileusza
* przeprowadza doświadczenie – badanie ruchu względem różnych układów odniesienia; planuje i modyfikuje jego przebieg; przedstawia wyniki doświadczenia i formułuje wnioski
* rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
	+ związane z rzutem poziomym,
	+ dotyczące ruchu względem różnych układów odniesienia,
	+ związane z ruchem jednostajnym po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową i przyspieszeniem dośrodkowym,

w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | **Uczeń**:* przedstawia graficznie wektory prędkości średniej i chwilowej w ruchu krzywoliniowym; określa cechy tych wektorów
* rozkłada wektor prędkości w różnych punktach toru ciała w rzucie poziomym na składowe: poziomą i pionową
* opisuje zależność $y(x)$ w rzucie poziomym jako parabolę; wyznacza i interpretuje współczynnik w równaniu paraboli $y = ax2$
* stosuje zasadę dodawania wektorów do graficznego wyznaczania prędkości ciał względem różnych układów odniesienia
* wyznacza prędkość ciała względem różnych układów odniesienia; graficznie ilustruje i oblicza prędkości względne dla ruchów wzdłuż prostej i na płaszczyźnie
* wyprowadza i interpretuje związek pomiędzy prędkością liniową a prędkością kątową w ruchu po okręgu
* opisuje ruch niejednostajny po okręgu; rozróżnia prędkość kątową średnią i prędkość chwilową; posługuje się pojęciem przyspieszenia kątowego wraz z jego jednostką
* wykazuje graficznie, że wektor przyspieszenia dośrodkowego jest skierowany w stronę środka okręgu
* wyprowadza i interpretuje związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową i przyspieszeniem dośrodkowym
* 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
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych (w tym tekstów popularnonaukowych) dotyczących ruchów krzywoliniowych
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
	+ dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami: przemieszczenia, prędkości średniej i prędkości chwilowej,
	+ związane z rzutem poziomym i Rrzutem ukośnym,
	+ dotyczące ruchu względem różnych układów odniesienia,
	+ związane z ruchem jednostajnym po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową i prędkością liniową,
	+ związane z ruchem po okręgu, realizuje i prezentuje projekt związany z badaniem ruchu, opisany w podręczniku

realizuje i prezentuje projekt związany z badaniem ruchu, opisany w podręczniku | **Uczeń**:* Ropisuje i analizuje rzut ukośny; wyznacza zasięg rzutu ukośnego
* Ranalizuje i rozwiązuje zadania dotyczące sytuacji, w których obserwator opisujący ruch jest w ruchu względem wybranego układu odniesienia
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy:
	+ związane z rzutem poziomym i Rrzutem ukośnym,
	+ dotyczące ruchu względem różnych układów odniesienia,
	+ związane z ruchem jednostajnym po okręgu, z wykorzy- staniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową i przyspie- szeniem dośrodkowym
* realizuje i prezentuje własny projekt związany z badaniem ruchu
 |
| **4. Ruch i siły** |
| **Uczeń**:* opisuje oddziaływania, posługując się pojęciem siły (jako wielkości wektorowej) wraz z jej jednostką; przedstawia siłę za pomocą wektora; wskazuje cechy wektora siły (wartość, kierunek, zwrot)
* rozróżnia siły wypadkową i równoważącą; posługuje się pojęciem siły ciężkości; stosuje w obliczeniach związek między siłą, masą i przyspieszeniem grawitacyjnym
* wyznacza i rysuje siłę wypadkową dla sił o jednakowych kierunkach; opisuje i rysuje siły, które się równoważą
* 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
* rozpoznaje i nazywa siły oporów ruchu (tarcia, oporu powietrza)
* analizuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki; stosuje w obliczeniach związek między siłą i masą a przyspieszeniem
* opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki oraz pojęciem siły jako wielkości wektorowej; wskazuje w otoczeniu przykłady wzajemnego oddziaływania ciał
* doświadczalnie ilustruje trzecią zasadę dynamiki, korzystając z opisu doświadczenia
* opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie); wskazuje w otoczeniu przykłady szkodliwości i użyteczności tarcia
* wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu, określa jej zwrot; wskazuje przykłady sił pełniących funkcję siły dośrodkowej
* opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości i prędkości liniowej wraz z ich jednostkami; stosuje drugą i trzecią zasadę dynamiki do opisu ruchu po okręgu
* analizuje tekst popularnonaukowy *Czy można biegać po wodzie?*; wyodrębnia z niego informacje kluczowe i posługuje się nimi
* przeprowadza doświadczenia:
	+ badanie skutków oddziaływań, wyznaczanie wartości siły,
	+ badanie równoważenia się sił,
	+ obserwacje ruchu po okręgu,

korzystając z ich opisu; przedstawia wyniki doświadczeń i formułuje wnioski* rozwiązuje proste zadania lub problemy związane z:
	+ dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
	+ wykorzystaniem pierwszej i drugiej zasady dynamiki,
	+ wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
	+ ruchem jednostajnym po okręgu,
	+ siłami bezwładności,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów, tabel, wykresów i rysunków informacje kluczowe, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności; wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń**:* wymienia i rozróżnia rodzaje oddziaływań fundamentalnych (grawitacyjne, elektromagnetyczne, jądrowe), rozpoznaje je i wskazuje w otoczeniu ich przykłady; określa na przykładach skutki oddziaływań
* wyjaśnia na przykładach wzajemność oddziaływań
* analizuje siły na przedstawionych ilustracjach (rysunkach, zdjęciach); wyjaśnia na przykładzie, że skutek działania siły zależy od punktu jej przyłożenia
* wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie
* wykonuje graficznie rozkładanie siły na składowe
* rysuje składowe siły ciężkości na równi pochyłej, działające równolegle i prostopadle do powierzchni równi; opisuje je
* stosuje zasady dynamiki pierwszą i drugą do opisu zachowania się ciał; wykorzystuje pojęcie siły jako wielkości wektorowej do opisu różnych możliwości ruchu ciał; opisuje ruch ciał na równi pochyłej, wyjaśnia niezależność ruchów
* doświadczalnie ilustruje trzecią zasadę dynamiki; opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu, przedstawia jego wyniki i formułuje wnioski
* stosuje trzecią zasadę dynamiki do opisu zachowania się ciał; opisuje na przykładzie skutki wzajemnego oddziaływania ciał
* 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
* rozróżnia i opisuje tarcie statyczne i tarcie kinetyczne; rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego i tarcia statycznego, posługuje się tymi współczynnikami, wyjaśnia, od czego one zależą
* opisuje ruch ciał, posługując się pojęciem siły tarcia; zaznacza wektor siły tarcia i określa jego cechy; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach
* analizuje i opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem okręgu; wyjaśnia rolę siły tarcia na wybranych przykładach ruchu po okręgu
* opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: prędkości kątowej, przyspieszenia dośrodkowego i siły dośrodkowej wraz z ich jednostkami
* stosuje w obliczeniach związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową, przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową
* rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne
* 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
* stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza)
* opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia, podaje warunki i przykłady ich występowania
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących zasad dynamiki, w tym historii ich formułowania
* wykorzystuje informacje pochodzące z analizy tekstu popularnonaukowego *Czy można biegać po wodzie* do rozwiązywania zadań lub problemów
* przeprowadza doświadczenia:
	+ bada, jak przyspieszenie zależy od siły i masy,
	+ bada zależność tarcia od przyłożonej siły i rodzaju powierzchni oraz siły nacisku,
	+ **doświadczalnie wyznacza wartość współczynnika tarcia na podstawie analizy ruchu ciała na równi,**
	+ **doświadczalnie bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu,**
	+ **doświadczalnie demonstruje działanie siły bezwładności, m.in. na przykładzie pojazdów gwałtownie hamujących,**

korzystając z ich opisu; przedstawia, analizuje i opracowuje uzyskane wyniki, formułuje wnioski* rozwiązuje typowe zadania lub problemy związane z:
	+ dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
	+ wykorzystaniem zasad dynamiki, pierwszej i drugiej,
* wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
* ruchem – z uwzględnieniem sił tarcia i wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki, ruchem jednostajnym po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową
* siłami bezwładności,

w szczególności: tworzy rysunki schematyczne, sporządza i interpretuje wykresy, posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem* dokonuje syntezy wiedzy o ruchu i siłach; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń**:* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących oddziaływań fundamentalnych
* wyznacza siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie; oblicza wartość tej siły
* wyznacza składowe siły ciężkości na równi pochyłej, działające równolegle i prostopadle do powierzchni równi
* wyjaśnia na przykładach praktyczne wykorzystanie dodawania sił rozkładania ich na składowe
* analizuje wzajemne oddziaływanie i zachowanie się ciał; przewiduje i uzasadnia ich skutki, posługując się trzecią zasadą dynamiki
* rozróżnia i opisuje tarcie poślizgowe i tarcie toczne
* analizuje ruch ciała na równi pochyłej; wykonuje graficznie rozkład sił, wyznacza składowe siły ciężkości i siłę tarcia oraz wartość współczynnika tarcia
* wyjaśnia mikroskopową przyczynę występowania sił tarcia
* wyprowadza i interpretuje związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową, przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową
* omawia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych
* stosuje pojęcie sił bezwładności do opisu ruchu ciał w układach nieinercjalnych
* Ropisuje stan niedociążenia
* Rwyjaśnia na przykładach przyczynę działania siły Coriolisa; omawia działanie siły Coriolisa na Ziemi
* planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń:
	+ badania równoważenia się sił,
	+ badania, jak przyspieszenie zależy od siły i masy,
	+ doświadczenia ilustrującego trzecią zasadę dynamiki,
	+ badania zależności tarcia od przyłożonej siły i rodzaju powierzchni oraz siły nacisku,

formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji* sporządza i interpretuje wykresy zależności:
	+ przyspieszenia od siły $a(F)$ i masy $a(m)$ oraz odwrotności masy $a(1/m)$,
	+ tarcia od siły nacisku (wyznacza współczynnik tarcia),
	+ siły dośrodkowej od kwadratu prędkości liniowej,

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, wyznacza, określa i interpretuje jej współczynnik kierunkowy* opracowuje wyniki doświadczenia – badania związku między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu
* doświadczalnie ilustruje stan nieważkości i działanie siły odśrodkowej oraz Rsiły Coriolisa
* samodzielnie wyszukuje i analizuje tekst popularnonaukowy dotyczący ruchu i sił, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tego tekstu
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy związane z:
	+ dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
	+ wykorzystaniem zasad dynamiki pierwszej i drugiej oraz równań ruchu,
	+ wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
	+ ruchem – z uwzględnieniem sił tarcia i wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki,
	+ ruchem po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową,
	+ siłami bezwładności oraz opisem zjawisk (ruchu ciał) w układach inercjalnych i nieinercjalnych
 | **Uczeń**:* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy związane z:
	+ dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
	+ wykorzystaniem zasad dynamiki pierwszej i drugiej oraz równań ruchu,
	+ wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
	+ ruchem, z uwzględnieniem sił tarcia i wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki,
	+ ruchem po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową,
	+ siłami bezwładności oraz opisem zjawisk (ruchu ciał) w układach inercjalnych i nieinercjalnych
* realizuje i prezentuje własny projekt związany z ruchem i siłami
 |
| **5. Energia i pęd** |
| **Uczeń**:* 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 wykonana; opisuje związki dżula i wata z jednostkami podstawowymi
* posługuje się pojęciem energii, w tym energii potencjalnej grawitacji wraz z jej jednostką; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii; wyznacza zmianę energii potencjalnej grawitacji
* wymienia różne formy energii, podaje ich przykłady z otoczenia
* posługuje się pojęciem energii kinetycznej wraz z jej jednostką, oblicza energię kinetyczną; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii; wyznacza zmianę energii kinetycznej
* wykorzystuje zasadę zachowania energii do opisu zjawisk
* wskazuje w otoczeniu przykłady przemian energii
* posługuje się pojęciem energii potencjalnej sprężystości wraz z jej jednostką; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii sprężystości
* posługuje się pojęciem pędu i jednostką pędu
* rozróżnia zderzenia sprężyste i zderzenia niesprężyste; wskazuje w otoczeniu przykłady zderzeń
* analizuje artykuł popularnonaukowy dotyczący zderzeń; wyodrębnia informacje kluczowe i posługuje się nimi
* doświadczalnie bada zależność wydłużenia sprężyny od siły odkształcającej, korzystając z opisu doświadczenia
* rozwiązuje proste zadania lub problemy:
	+ związane z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
	+ związane z energią potencjalną,
	+ korzystając ze wzoru na energię kinetyczną i zasady zachowania energii,
	+ związane z energią potencjalną sprężystości,
	+ związane wykorzystaniem zasady zachowania pędu i drugiej zasady dynamiki w postaci $∆\vec{p}=\vec{F}∆p$
	+ dotyczące zderzeń niesprężystych,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń**:* 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
* interpretuje pole pod wykresem zależności siły od drogi i pole pod wykresem zależności mocy od czasu jako wykonaną pracę
* wyjaśnia na przykładzie, że praca wykonana nad ciałem przez siłę równoważącą siłę ciężkości nie zależy od sposobu przemieszczania ciała
* wyjaśnia na wybranym przykładzie, że energia potencjalna ciała zależy od poziomu odniesienia; oblicza energię potencjalną ciała
* wyjaśnia, jak zmienia się energia, jeśli siła wykonuje pracę dodatnią, a jak, jeśli siła wykonuje pracę ujemną
* analizuje przemiany energii na wybranych przykładach
* stosuje w obliczeniach zasadę zachowania energii mechanicznej
* opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia sprężyny; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką
* przedstawia i interpretuje wykres zależności siły sprężystości od wydłużenia sprężyny; wykazuje, że pole pod wykresem jest liczbowo równe pracy wykonanej podczas rozciągania sprężyny
* analizuje na wybranym przykładzie (np. skoku o tyczce) przemiany energii z uwzględnieniem energii potencjalnej sprężystości
* stosuje w obliczeniach zależność $∆\vec{p}=\vec{F}∆p$
* interpretuje drugą zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu i popędem siły
* 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
* analizuje zderzenia niesprężyste; stosuje zasadę zachowania pędu w opisach zderzeń niesprężystych i w obliczeniach
* analizuje zderzenia sprężyste na wybranych przykładach; stosuje zasadę zachowania energii kinetycznej i zasadę zachowania pędu w opisach zderzeń sprężystych i w obliczeniach
* przedstawia własnymi słowami główne tezy artykułu popularnonaukowego dotyczącego zderzeń pt. *Fizyk ogląda TV*; wykorzystuje informacje pochodzące z analizy tego tekstu do rozwiązywania zadań lub problemów
* doświadczalnie bada:
	+ od czego zależy, a od czego nie zależy energia potencjalna ciała, korzystając z opisu doświadczenia,
	+ zależność wydłużenia sprężyny od siły odkształcającej,
	+ **zderzenia ciał; wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał, korzystając z zasady zachowania pędu,**
	+ zjawisko odrzutu oraz wyznacza prędkości ciał po odrzucie,

przedstawia, analizuje i opracowuje wyniki doświadczenia, uwzględnia niepewności pomiarów i  formułuje wnioski* rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
	+ związane z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
	+ związane z energią potencjalną,
	+ korzystając ze wzoru na energię kinetyczną i zasady zachowania energii,
	+ związane z energią potencjalną sprężystości,
	+ związane z wykorzystaniem zasady zachowania pędu oraz drugiej zasady dynamiki w postaci $∆\vec{p}=\vec{F}∆p$
	+ dotyczące zderzeń niesprężystych,

w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem* dokonuje syntezy wiedzy o energii i pędzie; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń**:* oblicza pracę na podstawie wykresów zależności $F(s) i P(t)$
* wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez siłę równoważącą siłę ciężkości jest równa przyrostowi energii potencjalnej ciała
* wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez stałą siłę podczas rozpędzania ciała jest równa przyrostowi jego energii kinetycznej
* posługuje się pojęciem sprawności urządzeń mechanicznych; stosuje w obliczeniach pojęcie sprawności
* podaje warunki stosowania prawa Hooke’a
* wyprowadza wzór na energię potencjalną sprężystości; wykazuje doświadczalnie związek między energią potencjalną sprężystości a wydłużeniem sprężyny oblicza energię potencjalną sprężystości
* analizuje przemiany energii z uwzględnieniem energii potencjalnej sprężystości na przykładach innych niż opisane w podręczniku
* wykazuje zależność $∆\vec{p}=\vec{F}∆p$
* uzasadnia zasadę zachowania pędu, korzystając z zależności oraz trzeciej zasady dynamiki
* wyjaśnia, dlaczego w przypadku zderzenia niesprężystego suma energii kinetycznych zderzających się ciał przed zderzeniem jest większa niż po zderzeniu
* rozróżnia zderzenia centralne i zderzenia niecentralne, ilustruje je graficznie; opisuje je na przykładach (np. z różnych dyscyplin sportu)
* analizuje i opisuje zderzenia sprężyste ciał o różnych masach, ilustruje je na rysunkach schematycznych; wykazuje doświadczalnie i wyznacza zmiany prędkości
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi:
	+ mocy i sprawności różnych urządzeń,
	+ form energii
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
	+ związane z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
	+ związane z wykorzystaniem zasad dynamiki i zasady zachowania energii,
	+ związane z energią potencjalną sprężystości,
	+ związane z wykorzystaniem zasady zachowania pędu oraz zależności $∆\vec{p}=\vec{F}∆p$
	+ dotyczące zderzeń sprężystych.
* planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń dotyczących:
	+ badania, od czego zależy, a od czego nie zależy energia potencjalna ciała,
	+ badania zjawiska odrzutu,
	+ **badania zderzeń ciał oraz wyznaczania masy lub prędkości jednego z ciał, z wykorzystaniem zasady zachowania pędu,**

samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści rozdziału *Energia i pęd*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów | **Uczeń**:* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy związane:
	+ z obliczaniem pracy mechanicznej

i mocy,* + z energią potencjalną,
	+ z wykorzystaniem zasad dynamiki

i zasady zachowania energii,* + z energią potencjalną sprężystości,
	+ z wykorzystaniem zasady zachowania pędu oraz zależności $∆\vec{p}=\vec{F}∆p$
	+ ze zderzeniami sprężystymi
* realizuje i prezentuje własny projekt związany z energią i pędem
 |
| **6. Bryła sztywna** |
| **Uczeń**:* wyjaśnia i stosuje pojęcie bryły sztywnej; wskazuje na przykładach granice stosowania modeli punktu materialnego i bryły sztywnej
* rozróżnia ruchy postępowy i obrotowy bryły sztywnej, wskazuje w otoczeniu ich przykłady
* rozróżnia pojęcia masy i momentu bezwładności
* posługuje się pojęciem przyspieszenia kątowego wraz z jego jednostką
* podaje zasadę zachowania momentu pędu
* przeprowadza doświadczenia polegające na:
	+ demonstrowaniu lub badaniu ruchu bryły sztywnej,
	+ badaniu zachowania się ciał w zależności od sposobu przyłożenia sił,
	+ wyznaczaniu środka ciężkości ciał płaskich,
	+ **badaniu ruchu ciał o różnych momentach bezwładności,**

korzystając z opisu doświadczeń; analizuje i przedstawia wyniki doświadczeń, formułuje wnioski* rozwiązuje proste zadania lub problemy związane z:
	+ opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
* wyznaczaniem momentów sił i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
* wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
* energią ruchu bryły sztywnej,
* wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
* wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów, tabel, wykresów i rysunków informacje kluczowe, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń**:* opisuje na wybranym przykładzie ruch złożony bryły sztywnej jako sumę ruchów prostych
* opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi, stosując pojęcia: prędkości kątowej, przyspieszenia kątowego, okresu i częstotliwości
* 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
* 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)
* stosuje warunki statyki bryły sztywnej; wykorzystuje w obliczeniach warunek równowagi momentów sił
* formułuje i stosuje pierwszą zasadę zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; analizuje równowagę brył sztywnych w sytuacji, kiedy siły działają w jednej płaszczyźnie
* posługuje się pojęciem środka ciężkości; rozróżnia środek masy i środek ciężkości; wyjaśnia, kiedy znajdują się one w tym samym punkcie
* odróżnia energię potencjalną grawitacji ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciała, którego wymiarów nie można pominąć
* analizuje warunki równowagi ciała stojącego na podłożu
* stosuje w obliczeniach pojęcie momentu siły i warunki statyki bryły sztywnej oraz związek zmiany energii potencjalnej z wykonaną pracą
* posługuje się pojęciem momentu bezwładności – jako wielkości zależnej od rozkładu mas – wraz z jego jednostką; interpretuje moment bezwładności jako miarę bezwładności ciała w ruchu obrotowym
* wyjaśnia, od czego zależy energia kinetyczna w ruchu obrotowym; stosuje w obliczeniach wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej
* oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy
* analizuje dane zawarte w tabeli *Momenty bezwładności brył*; porównuje wzory na moment bezwładności dla brył o wybranych kształtach; formułuje wnioski
* wyjaśnia, od czego zależy przyspieszenie kątowe bryły poruszającej się ruchem obrotowym wokół stałej osi
* 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
* doświadczalnie wyznacza moment bezwładności brył sztywnych, korzystając z opisów doświadczeń
* posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego wraz z jego jednostką; określa cechy wektora momentu pędu (wartość, kierunek, zwrot)
* posługuje się pojęciem momentu pędu bryły i układu ciał wraz z jego jednostką; stosuje w obliczeniach związek między momentem pędu i prędkością kątową
* stosuje zasadę zachowania momentu pędu do wyjaśniania zjawisk i obliczeń; wyjaśnia, z czego ta zasada wynika
* **doświadczalnie demonstruje zasadę zachowania momentu pędu**; przedstawia, opisuje i wyjaśnia wyniki doświadczenia oraz formułuje wnioski
* 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)
* rozwiązuje typowe zadania lub problemy związane z:
	+ opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
	+ wyznaczaniem momentów sił oraz stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej i pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
	+ wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
	+ energią ruchu bryły sztywnej,
	+ wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
	+ wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu,

w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem* dokonuje syntezy wiedzy o bryle sztywnej; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń**:* projektuje i przeprowadza doświadczenie obrazujące ruch bryły sztywnej; modyfikuje jego przebieg
* opisuje ruch wokół ruchomej osi – precesję – na wybranym przykładzie (np. ruchu bączka); wskazuje przykłady zjawiska precesji
* stosuje w obliczeniach wzór na wektor położenia środka masy układu ciał
* wyznacza wypadkowy moment siły; wskazuje i opisuje przykłady zastosowania dodawania momentów sił (np. dźwignie); analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod działaniem momentu siły
* opisuje na przykładzie (np. skoku o tyczce) wykorzystanie związku energii potencjalnej ciała z położeniem środka ciężkości
* wyznacza i oblicza energię potencjalną bryły sztywnej z uwzględnieniem położenia jej środka ciężkości
* analizuje zmiany energii potencjalnej ciała podczas jego obracania
* opisuje na wybranym przykładzie wpływ położenia środka ciężkości na stabilność ciała; rozróżnia równowagi: obojętną, trwałą i chwiejną
* wskazuje w otoczeniu i opisuje przykłady sytuacji, w których równowaga bryły sztywnej decyduje o bezpieczeństwie (np. stabilność konstrukcji) oraz sposoby zwiększania stabilności ciała
* wyprowadza wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego
* wykazuje związek między momentem siły i momentem bezwładności a przyspieszeniem kątowym
* analizuje (na przykładzie kulki staczającej się z równi pochyłej) zachowanie się bryły pod działaniem momentu siły na podstawie drugiej zasady dynamiki; ilustruje graficznie rozkład sił
* wyprowadza wzór na moment pędu bryły
* wskazuje w otoczeniu i opisuje przykłady wykorzystania zasady zachowania momentu pędu (np. w sporcie, urządzeniach technicznych); ilustruje je na rysunkach schematycznych
* opisuje i ilustruje doświadczalnie efekt żyroskopowy
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi ruchu brył sztywnych
* planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń:
* badanie zachowania się ciał w zależności od sposobu przyłożenia sił,
* wyznaczanie środka ciężkości ciał płaskich,
* **badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności**,
* wyznaczanie momentu bezwładności brył sztywnych,
* **demonstracja zasady zachowania momentu pędu,**

formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji* samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści rozdziału *Bryła sztywna*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy związane z:
	+ opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
	+ wyznaczaniem momentów sił i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
	+ wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
	+ energią ruchu bryły sztywnej,
	+ wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
	+ wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu
* realizuje i prezentuje projekt *Wahadło Oberbecka* opisany w podręczniku
 | **Uczeń**:* Ruzasadnia wzór na wektor położenia środka masy układu ciał
* analizuje (na wybranym przykładzie, innym niż opisany w podręczniku) zachowanie się bryły pod działaniem momentu siły na podstawie drugiej zasady dynamiki; wyznacza moment bezwładności bryły
* wyjaśnia na przykładach zastosowania żyroskopu, posługując się informacjami wynikającymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy związane z:
	+ opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
	+ wyznaczaniem momentów sił i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
	+ wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
	+ energią ruchu bryły sztywnej,
	+ wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
	+ wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu
* planuje i modyfikuje wykonanie przyrządu (wahadła Oberbecka) oraz przebieg doświadczenia z zastosowaniem tego przyrządu – według projektu opisanego w podręczniku (*Wahadło Oberbecka*); formułuje i weryfikuje hipotezy
* realizuje projekt związany ze statyką ciał, np. projektuje wybrany przedmiot i bada jego stabilność, korzystając z informacji pochodzących z analizy materiałów źródłowych lub internetu
* realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Bryła sztywna*
 |

Wymagania na ocenę celującą:

Ocenę celującą otrzymuje uczeń który w pełni opanował wymagania na ocenę bardzo dobrą oraz :

- systematycznie wzbogaca swą wiedzę,

- bierze udział w konkursach i olimpiadach przedmiotowych,

- wyraża samodzielny, krytyczny stosunek do określonych zagadnień,

- potrafi udowodnić swoje zdanie używając odpowiedniej argumentacji będącej skutkiem nabytej samodzielnie wiedzy,

- współpracuje z nauczycielem, rozwija własne zainteresowania,

- wykazuje szczególne zainteresowania przedmiotem i dysponuje pogłębioną wiedzą ,

- chętnie podejmuje się zadań dodatkowych,

- przedstawia wyniki samodzielnej pracy przygotowanej z wykorzystaniem warsztatu naukowego,

- osiąga sukcesy w konkursach i olimpiadach przedmiotowych,

- prezentuje raport z własnego działania i grupy.