**Wymagania z fizyki dla klasy I C - kształcenie ogólne w zakresie rozszerzonym**

# **Zasady ogólne**

1. Na **podstawowym** poziomie wymagań uczeń powinien wykonać zadania **obowiązkowe** (na stopień dopuszczający - łatwe; na stopień dostateczny - umiarkowanie trudne); niektóre czynności ucznia mogą być **wspomagane** przez nauczyciela (np. wykonywanie doświadczeń, rozwiązywanie problemów, przy czym na stopień do- stateczny uczeń wykonuje je pod kierunkiem nauczyciela, na stopień dopuszczający - przy pomocy nauczyciela lub innych uczniów).
2. Czynności wymagane na poziomach wymagań **wyższych** niż poziom podstawowy uczeń powinien wykonać **samodzielnie** (na stopień dobry niekiedy może jeszcze korzystać z niewielkiego wsparcia nauczyciela).
3. W wypadku wymagań na stopnie **wyższe** niż dostateczny uczeń wykonuje zadania **dodatkowe** (na stopień dobry - umiarkowanie trudne; na stopień bardzo dobry - trudne).
4. Wymagania umożliwiające uzyskanie stopnia **celującego** obejmują wymagania na stopień bardzo dobry, a ponadto **wykraczające** poza obowiązujący program nauczania (uczeń jest twórczy, rozwiązuje zadania problemowe w sposób niekonwencjonalny; potrafi dokonać syntezy wiedzy, a na tej podstawie sformułować hipotezy badawcze i zaproponować sposób ich weryfikacji; samodzielnie prowadzi badania o charakterze naukowym; z własnej inicjatywy pogłębia wiedzę, korzystając z różnych źródeł; poszukuje zastosowań wiedzy w praktyce; dzieli się wiedzą z innymi uczniami; osiąga sukcesy w konkursach pozaszkolnych z dziedziny fizyki lub w olimpiadzie fizycznej).

# **Wymagania ogólne – uczeń:**

* wykorzystuje pojęcia i wielkości fizyczne do opisu zjawisk i wskazuje ich przykłady w otoczeniu,
* rozwiązuje problemy, wykorzystując prawa i zależności fizyczne,
* planuje i przeprowadza obserwacje i doświadczenia, wnioskuje na podstawie ich wyników,
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.

Ponadto:

* + sprawnie się komunikuje i stosuje terminologię właściwą dla fizyki,
  + kreatywnie rozwiązuje problemy z dziedziny fizyki, **świadomie** wykorzystując metody i narzędzia wywodzące się z informatyki,
  + posługuje się nowoczesnymi technologiami informacyjno-komunikacyjnymi,
  + samodzielnie dociera do informacji, dokonuje ich selekcji, syntezy i wartościowania; rzetelnie korzysta z różnych źródeł informacji, w tym z Internetu,
  + uczy się systematycznie, buduje prawidłowe związki przyczynowo-skutkowe, porządkuje i pogłębia zdobytą wiedzę,
  + współpracuje w grupie i realizuje projekty edukacyjne z dziedziny fizyki lub astronomii.

**Szczegółowe wymagania na poszczególne stopnie**

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

Symbolem R oznaczono treści spoza podstawy programowej; doświadczenia obowiązkowe zapisano pogrubioną czcionką

| **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 * 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 ); 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 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 * 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 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 ; 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 * wyprowadza i interpretuje wzór przedstawiający zależność położenia od czasu w ruchu jednostajnie zmiennym, korzystając z wykresu zależności ; 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 , 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 ) 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 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 w rzucie poziomym jako parabolę; wyznacza i interpretuje współczynnik w równaniu paraboli * 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 i masy oraz odwrotności masy ,   + 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   + 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 * 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   + 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 * 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 * 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   + 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   + 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.