

Wymagania edukacyjne niezbędne do otrzymania przez ucznia poszczególnych rocznych ocen klasyfikacyjnych z fizyki w klasie 2 – poziom rozszerzony

Formy sprawdzania wiedzy i umiejętności ucznia podlegające ocenie wraz z przyporządkowanymi wagami:

1. Prace klasowe (waga 4)
2. Kartkówki (waga 2)
3. Odpowiedzi ustne (waga 2)
4. Praca na lekcji, systematyczność (waga 1-2)
5. Prace domowe (waga 1)
6. Prace dodatkowe (waga 2-4)

Oceny z prac pisemnych (kartkówki, prace klasowe, prace dodatkowe) ustalane będą z przedziałów procentowych:

- 0% - 34% - niedostateczny
- 35% - 49% - dopuszczający
- 50% - 69% - dostateczny
- 70% - 88% - dobry
- 89%- 97% - bardzo dobry
- 98% - 100% – celujący

Uczeń jest zobowiązany do napisania wszystkich prac klasowych czyli prac pisemnych obejmujących większy zakres materiału (np. dział). W przypadku nieobecności na pracy klasowej w pierwszym terminie, uczeń ma obowiązek napisać zaległą pracę klasową w terminie ustalonym z nauczycielem zaraz po powrocie do szkoły. Liczba nieprzygotowań w ciągu roku szkolnego zostanie podana na pierwszym spotkaniu i będzie uwzględniać liczbę godzin w cyklu kształcenia.

Wymagania edukacyjne do poszczególnych działów:

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 ich przykłady w otoczeniu (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, częstotliwości
- demonstruje lub bada ruch bryły sztywnej, korzystając z jego opisu; opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu, formułuje wnioski
- opisuje ruch wokół ruchomej osi – precesję – na wybranym przykładzie (np. ruchu bączka); wskazuje przykłady zjawiska precesji
- 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
- stosuje w obliczeniach wzór na wektor położenia środka masy układu ciał
- rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał
- przeprowadza doświadczenia polegające na badaniu zachowania się ciał w zależności od sposobu przyłożenia sił,
- 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 dynamiki dla ruchu obrotowego; analizuje równowagę brył sztywnych w sytuacji, kiedy siły działają w jednej płaszczyźnie
- wyznacza wypadkowy moment siły; wskazuje i opisuje przykłady stosowania dodawania momentów sił (np. dźwignie); analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod działaniem momentu siły
- rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z wyznaczaniem momentów sił oraz stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej i pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z wyznaczaniem momentów sił oraz stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej i pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego
- posługuje się pojęciem środka ciężkości; rozróżnia środek masy i środek ciężkości; wyjaśnia, kiedy znajdują się one w tym samym punkcie
- przeprowadza doświadczenia polegające na wyznaczaniu środka ciężkości ciał płaskich, korzystając z ich opisu
- odróżnia energię potencjalną grawitacji ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciała, którego wymiarów nie można pominąć
- wyznacza i oblicza energię potencjalną bryły sztywnej z uwzględnieniem położenia jej środka ciężkości
- analizuje warunki równowagi ciała stojącego na podłożu (analizuje zmiany energii potencjalnej ciała podczas jego obracania)
- stosuje w obliczeniach pojęcie momentu siły i warunki statyki bryły sztywnej oraz związek zmiany energii potencjalnej z wykonaną pracą
- opisuje na wybranym przykładzie wpływ położenia środka ciężkości na stabilność ciała;
- wskazuje w otoczeniu i opisuje przykłady sytuacji, w których równowaga bryły sztywnej decyduje o bezpieczeństwie (np. stabilność konstrukcji) oraz sposoby zwiększania stabilności ciała
- rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej
- rozróżnia pojęcia masy i momentu bezwładności; 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
- doświadczalnie bada ruch ciał o różnych momentach bezwładności, korzystając z opisu doświadczenia, analizuje i przedstawia wyniki doświadczeń, formułuje wnioski
- wyprowadza wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego; 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
- rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z energią ruchu bryły sztywnej
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z energią ruchu bryły sztywnej
- posługuje się pojęciem przyspieszenia kąтового wraz z jego jednostką; 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
- wykazuje związek między momentem siły i momentem bezwładności a przyspieszeniem kątowym
- analizuje na wybranym przykładzie (np. kulki staczającej się z równi pochyłej) zachowanie się bryły pod działaniem momentu siły na podstawie drugiej zasady dynamiki (ilustruje graficznie rozkład sił), wyznacza moment bezwładności bryły
- rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy, wykorzystując drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego

- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego
- 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 (wyprowadza wzór na moment pędu bryły); stosuje w obliczeniach związek momentu pędu z prędkością kątową
- doświadczalnie demonstruje zasadę zachowania momentu pędu; przedstawia, opisuje i wyjaśnia wyniki doświadczenia oraz formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia)
- podaje zasadę zachowania momentu pędu, stosuje ją do wyjaśniania zjawisk i obliczeń; wyjaśnia, z czego wynika ta zasada
- 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)
- wskazuje w otoczeniu (np. w sporcie, urządzeniach technicznych) i opisuje przykłady wykorzystywania zasady zachowania momentu pędu
- opisuje i ilustruje doświadczalnie efekt żyroskopowy (wyjaśnia na przykładach zastosowania żyroskopu, posługując się informacjami wynikającymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych)
- rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy z wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania i problemy z wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu
- dokonuje syntezy wiedzy o bryle sztywnej; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Bryła sztywna”, w szczególności (wyodrębnia z tekstów i ilustracji 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
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Bryła sztywna”

Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych

Uczeń:

- posługuje się pojęciem ciśnienia wraz z jego jednostką oraz prawem Pascala; rozróżnia parcie i ciśnienie, stosuje w obliczeniach związek między parciem a ciśnieniem
- stosuje pojęcie ciśnienia do wyjaśniania zjawisk; wyjaśnia zjawiska z pomocą prawa Pascala
- przeprowadza proste doświadczenia związane z przenoszeniem ciśnienia w cieczy lub gazie, korzystając z ich opisów; wnioskuje na podstawie ich wyników (planuje i modyfikuje ich przebieg)
- podaje przykłady praktycznych zastosowań prawa Pascala (opisuje zasadę działania wybranych urządzeń hydraulicznych)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z pojęciem ciśnienia oraz urządzeniami hydraulicznymi o prostej budowie
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z pojęciem ciśnienia oraz urządzeniami hydraulicznymi
- posługuje się pojęciem gęstości wraz z jej jednostką; stosuje w obliczeniach związek gęstości z masą i objętością
- posługuje się pojęciami ciśnienia hydrostatycznego i ciśnienia atmosferycznego (stosuje w obliczeniach związek między ciśnieniem hydrostatycznym a wysokością słupa i gęstością cieczy)
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: obserwuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych; doświadczalnie demonstruje zależność ciśnienia hydrostatycznego od wysokości słupa cieczy (wyznacza ciśnienie atmosferyczne); formułuje wnioski
- podaje treść prawa naczyń połączonych; analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych
- wyprowadza wzór na ciśnienie hydrostatyczne; opisuje i wyjaśnia, czym jest paradoks hydrostatyczny
- stosuje pojęcia ciśnienia hydrostatycznego i ciśnienia atmosferycznego do wyjaśniania zjawisk
- wyjaśnia, od czego i jak zależy ciśnienie atmosferyczne; porównuje zmiany ciśnienia w słupie cieczy i słupie powietrza, wyjaśnia różnicę
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym

- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym
- posługuje się pojęciem siły wyporu oraz prawem Archimedesesa dla cieczy i gazów
- stosuje w obliczeniach prawo Archimedesesa
- uzasadnia (wyprowadza) wzór na siłę wyporu
- analizuje siły działające na ciało całkowicie i częściowo zanurzone w cieczy, wyjaśnia warunki pływania ciał
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesesa
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesesa
- posługuje się pojęciami: energii kinetycznej, temperatury, energii wewnętrznej, zera bezwzględego
- posługuje się skalami temperatury Kelvina i Celsjusza oraz zależnością między nimi
- podaje podstawy kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii, posługuje się założeniami tej teorii
- opisuje związek między temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek, stosuje go w obliczeniach
- wyjaśnia, od czego zależy energia wewnętrzna i jaki ma ona związek z temperaturą; wskazuje różnice między tymi pojęciami
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy, wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą;
- rozróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy; wyjaśnia, kiedy ciała znajdują się w stanie równowagi termodynamicznej
- przeprowadza doświadczenia: bada proces wyrównywania temperatury ciał, wyznacza ciepło właściwe cieczy; sporządza i interpretuje wykresy $T(t)$; analizuje wyniki i niepewności pomiaru
- posługuje się pojęciem ciepła właściwego wraz z jego jednostką (wykorzystuje to pojęcie w analizie bilansu cieplnego)
- rozróżnia i opisuje formy przekazywania energii w postaci ciepła: przewodnictwo cieplne, konwekcję (i promieniowanie cieplne)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z pojęciami ciepła właściwego;
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania związane z pojęciem ciepła właściwego
- analizuje zjawiska: topnienia, krzepnięcia, wrzenia, skraplania, sublimacji i resublimacji jako procesy, w których dostarczanie energii w postaci ciepła nie powoduje zmiany temperatury
- opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej; szkicuje i interpretuje wykres $T(Q)$ dla wody w trzech stanach skupienia
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej
- demonstruje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego)
- opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych; wyjaśnia mechanizm przemian fazowych z mikroskopowego punktu widzenia
- posługuje się pojęciami: ciepła właściwego, ciepła parowania i ciepła topnienia wraz z ich jednostką, wykorzystuje te pojęcia w analizie bilansu cieplnego; wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi
- odróżnia parowanie powierzchniowe od wrzenia
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z przemianami fazowymi;
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z przemianami fazowymi
- posługuje się pojęciami: ciepła właściwego, ciepła przemiany fazowej, bilansu cieplnego; wyjaśnia, co nazywamy bilansem cieplnym i wskazuje jego zastosowania
- wykorzystuje pojęcia ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego
- doświadczalnie bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym;
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z bilansem cieplnym; zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z bilansem cieplnym
- bada rozszerzalność cieplną cieczy (wody) lub gazu (powietrza); demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę

i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji)

- opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy, wskazuje przykłady występowania zjawiska rozszerzalności cieplnej w otaczającej rzeczywistości
- omawia na przykładach praktyczne znaczenie rozszerzalności cieplnej ciał stałych; opisuje i wyjaśnia nietypową rozszerzalność cieplną wody i jej znaczenie dla życia na Ziemi
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z rozszerzalnością cieplną; zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z rozszerzalnością cieplną
- wyodrębnia z tabel i porównuje wartości ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej różnych substancji; wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w jakościowej analizie bilansu cieplnego
- wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi; wyjaśnia znaczenie wartości ciepła właściwego i ciepła parowania wody
- podaje i omawia przykłady zjawisk cieplnych w przyrodzie ożywionej i przyrodzie nieożywionej
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących zjawisk cieplnych; wykonuje obliczenia, zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie
- dokonuje syntezy wiedzy z hydrostatyki i wiadomości o zjawiskach cieplnych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczące treści rozdziału Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych, w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia informacje kluczowe), wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, sporządza i interpretuje wykresy
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych”

Termodynamika

Uczeń:

- podaje wielkości opisujące gaz oraz przyczynę wytwarzania ciśnienia przez gaz; posługuje się pojęciami: *mol*, *stała Avogadra*, *przemiany gazu*
- rozróżnia przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; wskazuje przykłady przemian gazu w otaczającej rzeczywistości
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada przemiany izotermiczną lub izobaryczną, przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki, sporządza oraz interpretuje wykresy odpowiednio $p(V)$ i $V(T)$, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje ich przebieg)
- stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; podaje zależności opisujące przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną, i stosuje je w obliczeniach; opisuje zjawisko rozszerzalności objętościowej gazów
- identyfikuje, interpretuje i analizuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej (porównuje te wykresy dla różnych stałych w danej przemianie parametrów)
- rozwiązuje typowe (proste) i nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu;
- opisuje model gazu doskonałego; posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego
- podaje, wyjaśnia i interpretuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona); posługuje się pojęciem *stałej gazowej*,
- stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu i wyjaśniania zjawisk fizycznych oraz obliczeń
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu, zapisuje wynik

- zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona
- podaje pierwszą zasadę termodynamiki i analizuje ją jako zasadę zachowania energii
- stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych, uwzględnia w szczególnych przypadkach znaki ciepła i pracy (Q i W) zgodnie z przyjętą konwencją; rozróżnia przemiany gazów: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną
- porównuje przemiany izotermiczną i adiabatyczną na wybranych przykładach i wykresach zależności $p(V)$
- analizuje i opisuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej w układzie (V, p) , przedstawia te przemiany na wykresach zależności $p(V)$, $p(T)$ i $V(T)$
- stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu doskonałego; rysuje wykresy (wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe);
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu doskonałego; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru
- posługuje się pojęciem *energii wewnętrznej*; opisuje związek temperatury ze średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego
- posługuje się pojęciem *ciepła molowego gazu* wraz z jednostką; rozróżnia ciepło molowe przy stałym ciśnieniu i ciepło molowe w stałej objętości oraz uzasadnia, że dla danego gazu $C_p > C_V$
- wykazuje (wyprowadza) i interpretuje oraz stosuje w obliczeniach związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego; podaje związek między C_V a stałą R dla gazów jedno- i dwuatomowych.
- oblicza zmiany energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej
- wie że zmiana energii wewnętrznej w przemianie izotermicznej wynosi 0
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej;
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej
- informuje, że wartość bezwzględna pracy wykonanej przez gaz w dowolnej przemianie gazowej jest liczbowo równa polu pod wykresem przemiany w układzie (V, p) ; (uzasadnia, że dla przemiany izobarycznej zachodzi zależność: $W = p \Delta V$)
- oblicza pracę jako pole pod wykresem $p(V)$ przedstawiającym przemianę izobaryczną; wykazuje, że w przemianie izochorycznej praca jest równa zero; szacuje pracę w przemianach izotermicznej i adiabatycznej metodą graficzną)
- interpretuje wykresy przemian gazowych z uwzględnieniem kolejności przemian; wykazuje, że praca zależy, a zmiana energii wewnętrznej nie zależy od kolejności przemian
- oblicza ciepło pobrane i oddane przez gaz na podstawie wykresu przemiany tego gazu i pierwszej zasady termodynamiki
- stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych, zapisuje ją w szczególnych przypadkach
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych
- wyjaśnia, czym jest silnik cieplny, omawia jego schemat, rozróżnia grzejnik i chłodnicę, podaje przykłady wykorzystania silników cieplnych
- analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach cieplnych
- wyjaśnia na wybranym przykładzie, co to jest cykl termodynamiczny (wykazuje, że uzyskana praca jest równa polu wewnątrz figury ograniczonej przez wykresy przemian $p(V)$)
- analizuje przedstawione cykle termodynamiczne
- posługuje się pojęciem sprawności silnika cieplnego, oblicza i porównuje sprawność silników cieplnych, krytycznie ocenia obliczoną sprawność i wskazuje przyczyny strat energii
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z analizą cykli termodynamicznych

i obliczaniem sprawności silników cieplnych; posługuje się informacjami dotyczącymi silników cieplnych, pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu; wykonuje obliczenia

- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych
- wyjaśnia, na przykładzie lodówki, że zasada działania pompy ciepłej jest odwrotna do zasady działania silnika cieplnego; omawia schemat pompy ciepłej
- opisuje i analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w pompach cieplnych
- podaje przykłady wykorzystania pomp cieplnych (wyjaśnia zasadę działania wybranych pomp cieplnych, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych)
- posługuje się pojęciem współczynnika efektywności pompy ciepłej (rozdziela ten współczynnik w przypadku chłodzenia i w przypadku ogrzewania za pomocą pompy ciepłej; oblicza te współczynniki)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące pomp cieplnych; zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące pomp cieplnych
- podaje, analizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy
- oblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego
- opisuje działanie silników spalinowych czterosuwowego benzynowego oraz Diesla, wskazuje skutki ich użytkowania dla środowiska; omawia i porównuje wykresy cyklu Otta i cyklu Diesla
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące silników spalinowych; analizuje wykresy cykli pracy silników spalinowych w układzie (V, p), a na tej podstawie wyznacza: ciepło pobrane, ciepło oddane, wykonaną pracę i sprawność cyklu; zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące silników spalinowych
- określa kierunek przekazu energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach; rozróżnia zjawiska odwracalne i nieodwracalne, podaje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości
- podaje drugą zasadę termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych (uzasadnia równoważność obu sformułowań tej zasady)
- interpretuje drugą zasadę termodynamiki (wykazuje jej statystyczny charakter, odwołując się do modelu rozprężania gazu)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z drugą zasadą termodynamiki; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych;
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z drugą zasadą termodynamiki
- dokonuje syntezy wiedzy z termodynamiki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału „Termodynamika”, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Termodynamika”, w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności jednostek wybranych wielkości fizycznych, wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, analizuje i interpretuje wykresy
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Termodynamika”; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności

Ruch drgający

Uczeń:

- posługuje się pojęciami: *amplitudy*, *okresu* i *częstotliwości* wraz z jednostkami do opisu ruchu okresowego; podaje przykłady zjawisk okresowych w otaczającej rzeczywistości

- opisuje (i analizuje) ruch drgający ciała pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami *położenia równowagi*, *wychylenia* i *amplitudy*; podaje przykłady takiego ruchu
- przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada ruch ciężarka na sprężynie; opracowuje i analizuje wyniki, sporządza i interpretuje wykres $x(t)$, formułuje wnioski
- analizuje zależność $x(t)$ dla ciała w ruchu drgającym i interpretuje wykres tej zależności (wyznacza amplitudę i okres drgań na podstawie wykresu zależności położenia od czasu)
- opisuje sposób zmniejszania niepewności wyznaczania okresu drgań (podczas pomiaru lub odczytu z wykresu $x(t)$)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z ruchem drgającym (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących); przedstawia wykres zależności $x(t)$
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z ruchem drgającym
- posługuje się pojęciem *ruchu harmonicznego* (definiuje go); rozróżnia ruch harmoniczny i ruch nieharmoniczny; podaje przykłady takich ruchów
- podaje i stosuje w obliczeniach wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu harmonicznym (wyprowadza te wzory, stosując funkcje trygonometryczne)
- wykazuje, że ruch harmoniczny jest wywoływany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność $F = -m\omega^2 x$
- opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami: *wychylenia*, *amplitudy*, *częstości kołowej*, *fazy* i *przesunięcia fazowego*; rozróżnia drgania o fazach zgodnych i o fazach przeciwnych
- analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym, interpretuje wykresy tych zależności
- identyfikuje (i rysuje) wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące drgań harmonicznych;
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące opisu drgań harmonicznych
- opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką
- analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości: wózka na sprężynie – drgania w poziomie (oraz wahadła sprężynowego – drgania w pionie)
- porównuje opis matematyczny ruchu wahadła sprężynowego z wynikami jego badania
- wykonuje doświadczenia, korzystając z ich opisu: demonstruje niezależność okresu drgań wahadła sprężynowego od amplitudy; bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny; przedstawia i analizuje wyniki, formułuje wnioski (wyznacza współczynnik sprężystości na podstawie wykresu zależności wydłużenia sprężyny od ciężaru obciążnika z uwzględnieniem niepewności pomiaru; planuje i modyfikuje przebieg tych doświadczeń; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
- podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach wzór na okres wahadła sprężynowego – zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od masy ciężarka i współczynnika sprężystości sprężyny
- porównuje, analizuje i interpretuje wykresy opisujące ruch harmoniczny ciężarka na sprężynie: $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$, $F(t)$
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ruchu ciała na sprężynie
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące ruchu ciała na sprężynie
- posługuje się pojęciem wahadła matematycznego, definiuje to pojęcie i wskazuje jego dobre przybliżenie (opisuje ruch tego wahadła jako ruch harmoniczny; analizuje siły działające na wahadło matematyczne, przedstawia je graficznie i opisuje)
- wykonuje doświadczenia: demonstruje niezależność okresu małych drgań wahadła od amplitudy; bada zależność okresu drgań od masy i długości wahadła; wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego; przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki doświadczeń, uwzględnia niepewności pomiarów, formułuje wnioski (wyznacza przyspieszenie ziemskie na podstawie wykresu zależności $l(T^2)$ wraz z maksymalną niepewnością pomiaru; planuje i modyfikuje przebieg tych doświadczeń; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
- podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach zależność okresu drgań wahadła matematycznego o małej amplitudzie od jego długości (wyprowadza wzór na okres drgań wahadła matematycznego)

- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące wahadła matematycznego;
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące wahadła matematycznego; sporządza i interpretuje wykresy
- rozróżnia energię potencjalną grawitacji, energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną; podaje zasadę zachowania energii i wykorzystuje ją do jakościowej analizy przemian energii (i obliczeń)
- oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii
- analizuje przemiany energii w ruchu harmonicznym ciała na sprężynie poruszającego się w poziomie i w ruchu wahadła matematycznego; interpretuje (i wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną w ruchu harmonicznym)
- przedstawia, analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu i wychylenia w przypadku ciała w ruchu harmonicznym
- analizuje przemiany energii podczas ruchu w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie (wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną)
- analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu w ruchu obciążnika zawieszzonego na sprężynie
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące energii w ruchu harmonicznym (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe);
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z zastosowaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym
- omawia zjawisko rezonansu mechanicznego, posługując się pojęciem częstotliwości drgań własnych; ilustruje to zjawisko na wybranych przykładach, szkicuje wykres zależności $x(t)$ w przypadku rezonansu
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego
- dokonuje syntezy wiedzy o ruchu drgającym; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału Ruch drgający, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Ruch drgający”, w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności jednostek wybranych wielkości fizycznych, wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe), wykonuje obliczenia szacunkowe i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, analizuje i interpretuje wykresy
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Ruch drgający”; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru;

Fale mechaniczne

Uczeń:

- definiuje pojęcie fali mechanicznej; opisuje rozchodzenie się fali mechanicznej jako proces przekazywania energii bez przenoszenia materii; posługuje się pojęciem prędkości i energii fali
- posługuje się pojęciami: źródło fali, impuls falowy, fala harmoniczna; uzasadnia, że fala przenosi energię
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada (demonstruje) fale poprzeczne i fale podłużne; przedstawia, analizuje i wyjaśnia wyniki doświadczeń, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
- rozróżnia i porównuje fale poprzeczne i podłużne, podaje ich przykłady, opisuje mechanizm ich powstawania; objaśnia schemat rozchodzenia się fali poprzecznej i fali podłużnej; wymienia i omawia podstawowe właściwości fal mechanicznych
- opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody jako przykład fal będących złożeniem fal poprzecznych i podłużnych; wyjaśnia, że fala mechaniczna może się rozchodzić tylko w ośrodku sprężystym
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z ruchem falowym
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z ruchem falowym

- posługuje się pojęciami: amplitudy, okresu, częstotliwości i długości fali wraz z ich jednostkami; stosuje te wielkości oraz związki między nimi do opisu fal i obliczeń
- analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody na podstawie obrazu powierzchni falowych; zaznacza na rysunku długość fali dla fal poprzecznych i podłużnych
- analizuje i objaśnia wykres zależności wychylenia (y) od położenia mierzonego wzdłuż kierunku rozchodzenia się fali (osi x) dla fali harmonicznej (poprzecznej i podłużnej)
- wyprowadza, analizuje i interpretuje wzór na funkcję falową fali harmonicznej, objaśnia wykres funkcji falowej jako funkcji dwóch zmiennych ($y(x, t)$), stosuje funkcję falową do opisu fal harmoniczych
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem fal (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z matematycznym opisem fal (wykorzystuje wzór na funkcję falową)
- opisuje mechanizm powstawania i rozchodzenia się fal dźwiękowych w powietrzu; podaje przykłady źródeł dźwięku (analizuje rozchodzenie się dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych; wyjaśnia mechanizm powstawania, rozchodzenia się i odbioru fali dźwiękowej w powietrzu jako fali podłużnej)
- opisuje dźwięk jako falę mechaniczną, posługując się pojęciami: długości, częstotliwości i okresu fali; rozróżnia dźwięki słyszalne, ultradźwięki i infradźwięki; wymienia przykłady ich źródeł i zastosowań
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje i obserwuje oscylogramy dźwięków o różnych częstotliwościach z wykorzystaniem komputera i strunowego instrumentu muzycznego (wyznacza częstotliwość dźwięku i drgań struny, opracowuje i analizuje wyniki z uwzględnieniem niepewności pomiarów), formułuje wnioski
- opisuje rozchodzenie się dźwięku w różnych ośrodkach sprężystych (wyjaśnia różnice prędkości rozchodzenia się dźwięku w gazach, cieczech i ciałach stałych oraz zależność prędkości dźwięku rozchodzącego się w powietrzu od temperatury)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące fal dźwiękowych (wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące fal dźwiękowych; sporządza i interpretuje wykresy
- opisuje jakościowo związek między natężeniem dźwięku a energią fali i amplitudą fali
- przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: obserwuje i ilustruje graficznie rozchodzenie się fal na powierzchni wody, formułuje wnioski
- opisuje rozchodzenie się fal, posługując się pojęciami: powierzchnia falowa, promień fali; rozróżnia fale: płaskie, koliste i kuliste, wskazuje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości
- analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych
- posługuje się pojęciem natężenia fali wraz z jego jednostką – oraz proporcjonalnością natężenia fali do kwadratu amplitudy drgań ośrodka; opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła
- wyjaśnia zależności natężenia harmonicznej fali kulistej od odległości od źródła i od amplitudy drgań cząsteczek ośrodka
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali; wykonuje obliczenia, i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących
- rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
- opisuje jakościowo i przedstawia schematycznie zjawiska odbicia i załamania na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali; wskazuje kierunek załamania fali (wyjaśnia zmiany długości fali przy jej przejściu do innego ośrodka)
- doświadczalnie obserwuje i opisuje zjawisko załamania fali na granicy ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali
- podaje, interpretuje (i uzasadnia – wyznacza zależność między kątem załamania a kątem padania)

- prawo załamania fal; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka
- stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do wyjaśniania zjawisk i w obliczeniach; opisuje i ilustruje graficznie całkowite wewnętrzne odbicie fali, zaznacza na rysunku (oraz wyznacza) kąt graniczny i oblicza go
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczących fal (np. na temat tsunami, rozchodzenia się fal sejsmicznych w głębi Ziemi)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące odbicia i załamania fal (
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące odbicia i załamania fal
- formułuje zasadę superpozycji fal i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk; opisuje falę stojącą
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów – obserwuje: superpozycję fal, zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie, zjawisko interferencji fal; opisuje, ilustruje graficznie i wyjaśnia wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
- opisuje interferencję fal pochodzących z dwóch źródeł; wyjaśnia zjawisko interferencji fal; podaje (i uzasadnia – wyprowadza wzory) warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal
- opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami; stosuje w obliczeniach (oraz wyprowadza) wzory na zależność między długością fali a położeniem miejsc wzmocnienia i wygaszenia; szkicuje obraz interferencyjny
- podaje zasadę Huygensa i stosuje ją do wyjaśniania zjawiska dyfrakcji; opisuje jakościowo związek między dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny i długością fali (podaje przykłady dyfrakcji i interferencji fal w otaczającej rzeczywistości)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące interferencji i dyfrakcji fal
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące interferencji i dyfrakcji fal
- opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali i między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i jej amplitudą
- rozróżnia dźwięki proste i złożone, wskazuje ich źródła
- posługuje się pojęciami: barwa i widmo dźwięku, częstotliwość podstawowa, składowe harmoniczne; podaje różnicę proporcji składowych harmonicznych jako przyczynę różnej barwy dźwięków
- stosuje zasadę superpozycji fal do wyjaśniania związku dźwięku instrumentów muzycznych z falami stojącymi wytwarzanymi na strunach lub w słupie powietrza; opisuje powstawanie fal stojących w instrumentach muzycznych jako przykład zjawiska rezonansu
- opisuje fale stojące na strunie i w słupie powietrza – w piszczałce zamkniętej i piszczałce otwartej; przedstawia i objaśnia schemat ich powstawania; podaje (i uzasadnia – wyprowadza) wzory na częstotliwość wytwarzanych fal
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisywaniem dźwięków
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z opisywaniem dźwięków; udowadnia podane zależności
- wyjaśnia na wybranym przykładzie, na czym polega efekt Dopplera; podaje (i opisuje) przykłady występowania (oraz wykorzystania) tego zjawiska w otaczającej rzeczywistości (w przyrodzie i technice)
- opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła dźwięku i nieruchomego obserwatora oraz w przypadku poruszającego się obserwatora i nieruchomego źródła dźwięku
- analizuje efekt Dopplera dla fal w sytuacji, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala
- podaje, interpretuje (i uzasadnia – wyprowadza) wzory na częstotliwość fali dźwiękowej odbieranej przez obserwatora w sytuacji, gdy źródło lub obserwator się poruszają; stosuje te wzory do wyjaśniania zjawisk i w obliczeniach
- analizuje i opisuje mechanizm powstawania fali uderzeniowej
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z efektem Dopplera, zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących)
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z efektem Dopplera
- opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali oraz między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i amplitudą fali
- posługuje się pojęciem natężenia dźwięku wraz z jego jednostką – oraz pojęciem poziomu natężenia dźwięku wraz z jego jednostką – dB (podaje i stosuje w obliczeniach wzór na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku)

- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisywaniem dźwięków (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących)
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziome natężenie dźwięku
- dokonuje syntezy wiedzy o falach mechanicznych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, lub z internetu, dotyczące treści rozdziału „Fale mechaniczne”, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów)
- rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Fale mechaniczne” w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe), wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych), analizuje, rysuje i interpretuje wykresy; uwzględnia niepewności pomiarów
- rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału „Fale mechaniczne”; uzasadnia lub udowadnia podane zależności (wyprowadza wzory ilustrujące zależności fizyczne)