**Wymagania z fizyki dla klasy II LO - kształcenie ogólne w zakresie rozszerzonym**

# **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

|  |
| --- |
| **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*
 |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **7. Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych** |
| **Uczeń:*** posługuje się pojęciem *ciśnienia* wraz z jednostką oraz prawem Pascala; rozróżnia parcie i ciśnienie, stosuje w obliczeniach związek między parciem a ciśnieniem
* 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*
* posługuje się pojęciem *siły wyporu* oraz prawem Archimedesa dla cieczy i gazów
* posługuje się pojęciami: *energia kinetyczna*, *temperatura*, *energia wewnętrzna*, *zero bezwzględne*
* posługuje się skalami temperatury Kelvina i Celsjusza oraz zależnością między nimi
* 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
* posługuje się pojęciem *ciepła właściwego* wraz z jego jednostką
* rozróżnia i opisuje formy przekazywania energii w postaci ciepła: przewodnictwo cieplne i konwekcję
* analizuje zjawiska topnienia, krzepnięcia, wrzenia, skraplania, sublimacji i resublimacji jako procesy, w których dostarczanie energii w postaci ciepła nie powoduje zmiany temperatury
* posługuje się pojęciami: *ciepło* *właściwe*, *ciepło przemiany fazowej*, *bilans cieplny*; wyjaśnia, co nazywamy bilansem cieplnym, i wskazuje jego zastosowania
* wyodrębnia z tabel wartości ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej różnych substancji i porównuje je, wykorzystuje pojęcia *ciepła właściwego* i *ciepła przemiany fazowej* w jakościowej analizie bilansu cieplnego, wykonuje obliczenia szacunkowe
* przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:
	+ związane z przenoszeniem ciśnienia
	+ obserwuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych
	+ demonstruje zależność ciśnienia hydrostatycznego od wysokości słupa cieczy
	+ **demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej**
	+ bada rozszerzalność cieplną cieczy (wody) i gazu (powietrza)
	+ **demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych**;

formułuje wnioski* rozwiązuje proste zadania lub problemy:
	+ związane z pojęciem ciśnienia oraz prostymi urządzeniami hydraulicznymi
	+ związane z ciśnieniem hydrostatycznym i atmosferycznym
	+ związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesa
	+ wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą
	+ związane z pojęciami *ciepła właściwego* oraz *wartości energetycznej paliw i żywności*
	+ związane z przemianami fazowymi
	+ związane z bilansem cieplnym
	+ związane z rozszerzalnością cieplną
	+ związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie,

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:*** stosuje pojęcie *ciśnienia* do wyjaśniania zjawisk, wyjaśnia zjawiska za pomocą prawa Pascala
* podaje przykłady praktycznych zastosowań prawa Pascala
* stosuje w obliczeniach związek między ciśnieniem hydrostatycznym a wysokością słupa cieczy i jej gęstością
* podaje prawo naczyń połączonych i analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych
* stosuje pojęcia *ciśnienia hydrostatycznego* i *ciśnienia atmosferycznego* do wyjaśniania zjawisk
* stosuje w obliczeniach prawo Archimedesa
* analizuje siły działające na ciało całkowicie i częściowo zanurzone w cieczy, opisuje warunki pływania ciał
* przedstawia podstawy kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii, posługuje się założeniami tej teorii
* wyjaśnia, od czego zależy energia wewnętrzna i jaki ma ona związek z temperaturą; wskazuje różnice między tymi pojęciami
* opisuje zjawisko dyfuzji oraz ruchy Browna
* wykorzystuje pojęcie *ciepła właściwego* w analizie bilansu cieplnego
* opisuje przekazywanie energii w postaci ciepła przez promieniowanie
* posługuje się pojęciem *wartości energetycznej paliw i żywności* wraz z jednostką; stosuje to pojęcie w obliczeniach
* opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej; szkicuje i objaśnia wykres *T*(*Q*) dla wody w trzech stanach skupienia
* posługuje się pojęciami *ciepła parowania* i *ciepła topnienia* wraz z ich jednostką, wykorzystuje te pojęcia w analizie bilansu cieplnego
* odróżnia parowanie powierzchniowe od wrzenia
* wykorzystuje pojęcia *ciepła właściwego* oraz *ciepła przemiany fazowej* w analizie bilansu cieplnego
* opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy, wskazuje jego przykłady w otaczającej rzeczywistości
* omawia na przykładach znaczenie praktyczne rozszerzalności cieplnej ciał stałych; opisuje i wyjaśnia nietypową rozszerzalność cieplną wody i jej znaczenie dla życia na Ziemi
* 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 nieożywionej
* przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:
* bada, od czego zależy, a od czego nie zależy energia potencjalna ciała, korzystając z opisu doświadczenia
* **bada proces wyrównywania temperatury ciał**, wyznacza ciepło właściwe cieczy, sporządza i interpretuje wykresy *T*(*t*)
* **bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym**;

przedstawia, analizuje i opracowuje wyniki, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski* rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
* związane z pojęciem *ciśnienia* oraz urządzeniami hydraulicznymi
* związane z ciśnieniem hydrostatycznym i atmosferycznym
* związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesa
* wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą
* związane z pojęciami *ciepła właściwego* i *wartości energetycznej paliw i żywności*
* związane z przemianami fazowymi
* związane z bilansem cieplnym
* związane z rozszerzalnością cieplną
* związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie,

w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, sporządza i interpretuje wykresy* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności:
* ciśnienia
* siły wyporu
* przemian fazowych
* dokonuje syntezy wiedzy z hydrostatyki i wiadomości o zjawiskach cieplnych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** opisuje zasadę działania wybranych urządzeń hydraulicznych
* doświadczalnie wyznacza ciśnienie atmosferyczne
* wyprowadza wzór na ciśnienie hydrostatyczne; opisuje i wyjaśnia paradoks hydrostatyczny
* wyjaśnia, od czego i jak zależy ciśnienie atmosferyczne; porównuje zmiany ciśnienia w słupie cieczy i słupie powietrza, wyjaśnia różnicę
* uzasadnia (wyprowadza) wzór na siłę wyporu
* Rwyjaśnia, od czego zależy stabilność łodzi
* opisuje związek między temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek, stosuje go w obliczeniach
* posługuje się pojęciem *fluktuacji*, wyjaśnia, na czym polegają ruchy Browna; wyjaśnia, na czym polegało odkrycie Smoluchowskiego i Einsteina
* doświadczalnie wyznacza ciepło parowania wody, analizuje i opracowuje wyniki, Rdemonstruje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego
* opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych; wyjaśnia mechanizm przemian fazowych z mikroskopowego punktu widzenia
* Ropisuje i wyjaśnia zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego; podaje przykłady skutków i wykorzystania tej zależności
* Rwyjaśnia przyczynę rozszerzalności cieplnej, odwołując się do cząsteczkowej budowy materii (budowy mikroskopowej ciał stałych, cieczy i gazów)
* opisuje wpływ konwekcji na klimat Ziemi, porównuje obieg powietrza wynikający z konwekcji, gdyby Ziemia się nie obracała, i na obracającej się Ziemi, uwzględniając siłę Coriolisa; opisuje wykorzystywanie promieniowania cieplnego przez organizmy żywe
* planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji):
* związanych z przenoszeniem ciśnienia
* dotyczących **badania procesu wyrównywania temperatury ciał i posługiwania się bilansem cieplnym**
* dotyczących badania rozszerzalności cieplnej cieczy i gazu oraz **demonstracji rozszerzalności cieplnej wybranych ciał stałych**
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
* związane z pojęciem *ciśnienia* oraz urządzeniami hydraulicznymi
* związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym
* związane z siłą wyporu, z wykorzystaniem prawa Archimedesa
* wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą
* związane z pojęciami *ciepła właściwego* i *wartości energetycznej paliw i żywności*
* związane z przemianami fazowymi
* związane z bilansem cieplnym
* związane z rozszerzalnością cieplną
* związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie
* realizuje i prezentuje projekt *Fontanna Herona* opisany w podręczniku
* samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów
 | **Uczeń:*** rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy:
* związane z pojęciem *ciśnienia* oraz urządzeniami hydraulicznymi
* związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym
* związane z siłą wyporu, z wykorzystaniem prawa Archimedesa
* z wykorzystaniem związku między energią kinetyczną a temperaturą
* związane z pojęciem *ciepła właściwego* oraz pojęciem *wartości energetycznej paliw i żywności*
* związane z przemianami fazowymi
* związane z bilansem cieplnym
* związane z rozszerzalnością cieplną
* związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie
* projektuje, wykonuje i demonstruje działający model fontanny Herona; formułuje i weryfikuje hipotezy
* realizuje i prezentuje własny projekt związany z treścią rozdziału *Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych*
 |
| **8. Termodynamika** |
| **Uczeń:*** podaje wielkości opisujące gaz oraz przyczynę wytwarzania ciśnienia przez gaz; posługuje się pojęciami: *mol*, *stała Avogadra*, *przemiany gazu*
* opisuje model gazu doskonałego; posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego
* podaje pierwszą zasadę termodynamiki i analizuje ją jako zasadę zachowania energii
* posługuje się pojęciem *energii wewnętrznej*; przedstawia związek między temperaturą a średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego
* informuje, że wartość bezwzględna pracy wykonanej przez gaz w każdej przemianie gazowej jest liczbowo równa polu pod wykresem przemiany w układzie (*V*, *p*)
* podaje definicję silnika cieplnego, omawia jego schemat, rozróżnia grzejnik i chłodnicę, podaje przykłady wykorzystania silników cieplnych
* podaje przykłady wykorzystywania pomp cieplnych
* określa kierunek przekazu energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach; rozróżnia zjawiska odwracalne i nieodwracalne , podaje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości
* wykonuje doświadczenie, korzystając z jego opisu – sprawdza temperaturę różnych elementów tylnej części lodówki, wyjaśnia wynik swoich obserwacji i formułuje wniosek
* rozwiązuje proste zadania lub problemy:
	+ dotyczące przemian gazu
	+ dotyczące przemian gazu doskonałego
	+ związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej
	+ związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych
	+ związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych
	+ dotyczące pomp cieplnych,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych  | **Uczeń:*** rozróżnia przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną; wskazuje przykłady przemian gazu w otaczającej rzeczywistości
* stosuje pierwszą zasadę termodynamiki w analizie przemian gazowych; omawia zależności opisujące przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną, stosuje je w obliczeniach; opisuje zjawisko rozszerzalności objętościowej gazów
* identyfikuje, interpretuje i analizuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej
* podaje oraz objaśnia i interpretuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona); posługuje się pojęciem *stałej gazowej*, podaje jej wartość wraz z jednostką
* stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu i wyjaśniania zjawisk fizycznych oraz w obliczeniach
* stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych, zapisuje ją, uwzględniając w szczególnych przypadkach znaki ciepła i pracy (*Q* i *W*), zgodnie z przyjętą konwencją posługuje się pojęciem *ciepła molowego gazu* wraz z jednostką; rozróżnia ciepło molowe przy stałym ciśnieniu i ciepło molowe w stałej objętości, uzasadnia, że dla danego gazu *Cp* > *CV*
* oblicza zmiany energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej
* oblicza pracę jako pole pod wykresem *p*(*V*) przedstawiającym przemianę izobaryczną; wykazuje, że w przemianie izochorycznej praca jest równa zero
* oblicza ciepło pobrane i ciepło oddane przez gaz na podstawie wykresu przemiany tego gazu i pierwszej zasady termodynamiki
* analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach cieplnych
* wyjaśnia na wybranym przykładzie, co to jest cykl termodynamiczny
* posługuje się pojęciem *sprawności silnika cieplnego*, oblicza i porównuje sprawność silników cieplnych, krytycznie ocenia obliczoną sprawność i wskazuje przyczyny strat energii
* wyjaśnia na przykładzie lodówki, że pompa cieplna działa odwrotnie niż silnik cieplny; opisuje schemat pompy cieplnej
* opisuje i analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w pompach cieplnych
* Rpodaje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy; Roblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego
* podaje drugą zasadę termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych
* interpretuje drugą zasadę termodynamiki
* przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów – bada przemiany izotermiczną i izobaryczną, przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki, sporządza oraz interpretuje wykresy odpowiednio *p*(*V*) i *V*(*T*), formułuje wnioski
* rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
* dotyczące przemian gazu
* dotyczące przemian gazu doskonałego
* związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej
* związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych
* związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych
* dotyczące pomp cieplnych
* Rdotyczące 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
* związane z drugą zasadą termodynamiki,

w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, analizuje i interpretuje wykresy* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności silników cieplnych
* analizuje tekst *Fizyka nie tylko na lekcjach*, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązywania zadań
* dokonuje syntezy wiedzy z termodynamiki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** porównuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej, dla różnych parametrów – stałych w danej przemianie
* wyprowadza równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona)
* 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*)
* 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 *CV* a stałą *R* dla gazów jedno- i dwuatomowych
* uzasadnia, że dla przemiany izobarycznej zachodzi zależność $W=p∆V$
* wyjaśnia możliwość wyznaczenia pracy 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
* wykazuje, że w cyklu termodynamicznym uzyskana praca jest równa polu wewnątrz figury ograniczonej przez wykresy przemian *p*(*V*); analizuje przedstawione cykle termodynamiczne
* wyjaśnia zasadę działania wybranych pomp cieplnych, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu
* Rposługuje się pojęciem *współczynnika efektywności pompy cieplnej*
* Ranalizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego, formułuje i uzasadnia wnioski
* Ropisuje działanie silników spalinowych: czterosuwowego benzynowego oraz Diesla, wskazuje skutki ich użytkowania dla środowiska; wyjaśnia i porównuje wykresy cyklu Otta i cyklu Diesla
* uzasadnia równoważność sformułowania drugiej zasady termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych
* wykazuje statystyczny charakter drugiej zasady termodynamiki, odwołując się do modelu rozprężania gazu
* planuje i modyfikuje przebieg badania przemian gazu, izotermicznej i izobarycznej
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
* dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona
* dotyczące przemian gazu doskonałego
* związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej
* związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych
* związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych
* dotyczące pomp cieplnych
* Rdotyczące silników spalinowych
* związane z drugą zasadą termodynamiki

oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności* samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Termodynamika*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów
 | **Uczeń:*** wyjaśnia i analizuje trójwymiarowy wykres równania Clapeyrona i jego przekroje: izotermę, izobarę i izochorę
* rozróżnia i oblicza współczynniki efektywności pompy cieplnej w przypadku chłodzenia i w przypadku ogrzewania za pomocą pompy cieplnej
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy:
* dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona
* dotyczące przemian gazu doskonałego
* związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej
* związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych oraz Rwyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej
* związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych
* dotyczące pomp cieplnych
* Rdotyczące silników spalinowych
* związane z drugą zasadą termodynamiki

oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności* realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Termodynamika*
 |
| **9. Ruch drgający** |
| **Uczeń:*** posługuje się pojęciami: *amplitudy*, *okresu* i *częstotliwości* wraz z ich jednostkami do opisu ruchu okresowego; podaje przykłady zjawisk okresowych w otaczającej rzeczywistości
* opisuje ruch drgający ciała pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami: *położenia* *równowagi*, *wychylenia* i *amplitudy*; podaje przykłady takiego ruchu
* wyznacza amplitudę i okres drgań na podstawie przedstawionego wykresu zależności położenia od czasu
* definiuje ruch harmoniczny
* identyfikuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego
* opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem *współczynnika sprężystości* i jego jednostką
* posługuje się pojęciem *wahadła matematycznego*, wyjaśnia, czym jest to wahadło, i wskazuje przykład, który jest jego dobrym przybliżeniem
* rozróżnia energię potencjalną grawitacji, energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną; podaje zasadę zachowania energii i stosuje ją do jakościowej analizy przemian energii
* rozwiązuje proste zadania lub problemy:
	+ związane z ruchem drgającym
	+ dotyczące drgań harmonicznych
	+ dotyczące ruchu ciała na sprężynie
	+ dotyczące wahadła matematycznego
	+ dotyczące energii w ruchu harmonicznym
	+ dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych  | **Uczeń:*** analizuje ruch drgający ciała pod wpływem siły sprężystości
* analizuje zależność *x*(*t*) dla ciała w ruchu drgającym i interpretuje wykres tej zależności; opisuje sposób zmniejszania niepewności wyznaczania (pomiaru lub odczytu z wykresu *x*(*t*)) okresu drgań
* posługuje się pojęciem *ruchu harmonicznego*; rozróżnia ruch harmoniczny i ruch nieharmoniczny; podaje przykłady takich ruchów
* podaje i stosuje w obliczeniach wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszeniaod czasu w ruchu harmonicznym
* opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami: *wychylenia,* *amplitudy*, *częstości kołowej*, *fazy* i *przesunięcia fazowego*; rozróżnia drgania o fazach zgodnych i fazach przeciwnych
* analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym, interpretuje wykresy tych zależności
* analizuje ruch wózka na sprężynie pod wpływem siły sprężystości –drgania w poziomie
* 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*)
* opisuje ruch wahadła matematycznego jako ruch harmoniczny; analizuje siły działające na wahadło matematyczne, przedstawia je graficznie i opisuje
* podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach zależność okresu drgań wahadła matematycznego o małej amplitudzie od jego długości
* stosuje w obliczeniach zasadę zachowania energii
* oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii
* analizuje przemiany energii w ruchu harmonicznym ciała na sprężynie – ruch w poziomie, oraz w ruchu wahadła matematycznego; interpretuje wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną w ruchu harmonicznym
* rozróżnia i opisuje drgania wymuszone i drgania słabo tłumione; przedstawia i porównuje wykresy *x*(*t*) dla drgań harmonicznych bez tłumienia i z tłumieniem
* opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego, posługując się pojęciem *częstotliwości drgań własnych*; ilustruje to zjawisko na wybranych przykładach, szkicuje wykres zależności *x*(*t*) w przypadku rezonansu
* przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:
* bada ruch ciężarka na sprężynie; sporządza i interpretuje wykres *x*(*t*)
* obserwuje i opisuje ruch rzutu punktu poruszającego się po okręgu
* **demonstruje niezależność okresu drgań wahadła sprężynowego** **od amplitudy**; **bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny**
* **demonstruje niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy**; **bada zależność okresu drgań od masy** i **długości wahadła**; **wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego**
* **demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego**;

przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski* rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
* związane z ruchem drgającym
* dotyczące drgań harmonicznych
* dotyczące ruchu ciała na sprężynie
* dotyczące wahadła matematycznego
* dotyczące energii w ruchu harmonicznym
* dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego,

w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, prowadzi obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, tworzy, analizuje i interpretuje wykresy* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących treści rozdziału *Ruch drgający*, w szczególności:
* ruchu drgającego i zjawisk okresowych
* wahadeł i ich zastosowań
* zjawiska rezonansu mechanicznego, jego przykładów i skutków
* dokonuje syntezy wiedzy o ruchu drgającym; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** ilustruje graficznie i wyjaśnia wynik obserwacji ruchu rzutu punktu poruszającego się po okręgu
* wyprowadza wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszeniaod czasu w ruchu harmonicznym, wykorzystując funkcje trygonometryczne
* wykazuje, że ruch harmoniczny jest wywoływany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność $F=mω^{2}x$
* rysuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego
* analizuje ruch wahadła sprężynowego – drgania w pionie
* porównuje opis matematyczny ruchu wahadła sprężynowego z wynikami doświadczenia – jego badania
* wyznacza współczynnik sprężystości na podstawie wykresu zależności wydłużenia sprężyny od ciężaru obciążnika, z uwzględnieniem niepewności pomiaru
* wyprowadza wzór na okres wahadła sprężynowego; szkicuje wykresy zależności *T*(*m*) dla danego współczynnika *k* i *T*(*k*) dla danej masy *m*
* wyznacza przyspieszenie ziemskie na podstawie wykresu zależności *l*(*T*2), wraz z niepewnością maksymalną pomiaru
* wyprowadza wzór na okres drgań wahadła matematycznego
* wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną w ruchu harmonicznym
* szkicuje, analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii ciała w ruchu harmonicznym od czasu i wychylenia
* Ranalizuje przemiany energii podczas ruchu w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie
* planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji):
* demonstracji niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy
* badania zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny
* badania zależności okresu drgań od długości wahadła
* demonstracji zjawiska rezonansu mechanicznego
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
* związane z ruchem drgającym
* dotyczące opisu drgań harmonicznych
* dotyczące ruchu ciała na sprężynie
* dotyczące wahadła matematycznego
* związane z wykorzystaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym
* dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego

oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; uzasadnia stwierdzenia i zależności* realizuje i prezentuje projekt *Figury Lissajous* opisany w podręczniku
* samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Ruch drgający*, w szczególności dotyczące:
* ruchu drgającego i zjawisk okresowych
* wahadeł i ich zastosowań
* zjawiska rezonansu mechanicznego – jego przykładów i skutków;

posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązywania zadań lub problemów | **Uczeń:*** Rwyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną poruszającego się w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie
* Ranalizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu w ruchu obciążnika zawieszonego na sprężynie
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy:
* związane z ruchem drgającym
* dotyczące opisu drgań harmonicznych
* dotyczące ruchu ciała na sprężynie
* dotyczące wahadła matematycznego
* z wykorzystaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym
* dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego

oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności* planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Ruch drgający*; formułuje i weryfikuje hipotezy
 |
| **10. Fale mechaniczne** |
| **Uczeń:*** wyjaśnia, czym jest fala mechaniczna; opisuje rozchodzenie się fali mechanicznej jako proces przekazywania energii bez przenoszenia materii; posługuje się pojęciami *prędkości* i *energii fali*
* posługuje się pojęciami: *amplitudy*, *okresu*, *częstotliwości* i *długości fali* wraz z ich jednostkami; stosuje te wielkości oraz związki między nimi do opisu fal i w obliczeniach
* opisuje mechanizm powstawania i rozchodzenia się fal dźwiękowych w powietrzu; podaje przykłady źródeł dźwięku
* 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
* opisuje jakościowo związek między natężeniem dźwięku a energią fali i amplitudą fali
* opisuje jakościowo i przedstawia schematycznie zjawisko odbicia i zjawisko załamania na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali; wskazuje kierunek załamania
* podaje zasadę Huygensa oraz przykłady dyfrakcji i interferencji fal w otaczającej rzeczywistości
* opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali oraz między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i amplitudą fali
* rozróżnia dźwięki proste i złożone, wskazuje ich źródła
* wyjaśnia na wybranym przykładzie, na czym polega efekt Dopplera
* przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:
	+ obserwuje i ilustruje graficznie rozchodzenie się fal na powierzchni wody
	+ obserwuje i opisuje zjawisko załamania fali na granicy ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali;

formułuje wnioski* rozwiązuje proste zadania lub problemy:
	+ związane z ruchem falowym i opisem fal
	+ dotyczące fal dźwiękowych
	+ związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
	+ dotyczące odbicia i załamania fal
	+ dotyczące interferencji i dyfrakcji fal
	+ związane z opisywaniem dźwięków
	+ związane z efektem Dopplera,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych  | **Uczeń:*** posługuje się pojęciami: *źródło fali*, *impuls falowy*, *fala harmoniczna*; uzasadnia, że fala przenosi energię
* wymienia i omawia podstawowe właściwości fal mechanicznych
* rozróżnia i porównuje fale poprzeczne i fale podłużne, podaje ich przykłady, opisuje mechanizm ich powstawania; wyjaśnia rozchodzenie się fali poprzecznej i fali podłużnej za pomocą schematu;
* zaznacza na rysunku długość fali dla fal poprzecznych i fal podłużnych
* wyjaśnia mechanizm powstawania, rozchodzenia się i odbioru fali dźwiękowej w powietrzu jako fali podłużnej
* demonstruje i obserwuje oscylogramy dźwięków o różnych częstotliwościach z wykorzystaniem komputera i strunowego instrumentu muzycznego
* opisuje rozchodzenie się dźwięku w różnych ośrodkach sprężystych
* 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 $(\frac{W}{m^{2}})$ oraz proporcjonalnością natężenia fali do kwadratu amplitudy drgań ośrodka; opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła
* wyjaśnia zmiany długości fali przy jej przejściu do innego ośrodka
* podaje i interpretuje 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 i oblicza kąt graniczny
* formułuje zasadę superpozycji fal i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk; opisuje falę stojącą
* opisuje interferencję fal pochodzących z dwóch źródeł; wyjaśnia mechanizm zjawiska interferencji fal; podaje warunki wzmacniania oraz wygaszania się fal
* stosuje zasadę Huygensa do wyjaśniania zjawiska dyfrakcji; opisuje jakościowo związek pomiędzy dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny i długością fali
* Rposługuje 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 przykłady występowania i wykorzystania zjawiska Dopplera 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
* posługuje się pojęciem *natężenia dźwięku* wraz z jego jednostką – $(\frac{W}{m^{2}})$, oraz Rpojęciem *poziomu natężenia dźwięku* wraz z jego jednostką – dB
* przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:
* bada (demonstruje) fale poprzeczne i fale podłużne oraz rozchodzenie się fali w ciele stałym
* obserwuje: superpozycję fal, zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie, zjawisko interferencji fal
* bada widmo dźwięku oraz dźwięk powstający w wyniku drgań słupa powietrza w piszczałce zamkniętej;

opisuje, ilustruje graficznie, analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji i doświadczeń, formułuje wnioski* rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
* związane z ruchem falowym i opisem fal
* dotyczące fal dźwiękowych
* związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
* dotyczące odbicia i załamania fal
* dotyczące interferencji i dyfrakcji fal
* związane z opisywaniem dźwięków
* związane z efektem Dopplera,

w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; rysuje, analizuje i interpretuje wykresy; uwzględnia niepewności pomiarów; uzasadnia odpowiedzi* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczącymi treści rozdziału *Fale mechaniczne*, w szczególności fal dźwiękowych
* analizuje tekst *Muzykalne owady i biologiczny termometr*; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania prostych zadań lub problemów
* dokonuje syntezy wiedzy o falach mechanicznych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** 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
* analizuje i objaśnia wykres zależności wychylenia (*y*) od położenia mierzonego wzdłuż kierunku rozchodzenia się fali (osi *x*) dla fali harmonicznej (poprzecznej i podłużnej)
* wyjaśnia różnice prędkości dźwięku w gazach, cieczach i ciałach stałych oraz zależność prędkości dźwięku w powietrzu od temperatury
* wyjaśnia zależności natężenia harmonicznej fali kulistej od odległości od źródła i amplitudy drgań cząsteczek ośrodka
* uzasadnia prawo załamania fal – wyznacza zależność między kątem załamania a kątem padania
* wyznacza kąt graniczny
* Rwyprowadza (uzasadnia) wzór na częstotliwość fal stojących powstających na sznurze umocowanym na jednym końcu
* uzasadnia (wyprowadza wzory) warunki wzmacniania oraz wygaszania się fal
* opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami; stosuje w obliczeniach wzory na zależność między długością fali a położeniem miejsc wzmocnienia i wygaszenia; szkicuje obraz interferencyjny
* opisuje fale stojące na strunie i w słupie powietrza – w piszczałce zamkniętej i piszczałce otwartej; przedstawia i objaśnia schemat ich powstawania; Rpodaje wzory na częstotliwość wytwarzanych fal
* analizuje efekt Dopplera dla fal w sytuacji, gdy źródło fali lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala
* podaje i interpretuje wzory na częstotliwość fali dźwiękowej odbieranej przez obserwatora w sytuacji, gdy źródło fali lub obserwator się poruszają; stosuje te wzory do wyjaśniania zjawisk i w obliczeniach
* Rpodaje i stosuje w obliczeniach wzór na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku
* Rposługuje się skalą logarytmiczną; analizuje i objaśnia skalę poziomu natężenia dźwięku i skalę muzyczną; podaje inne przykłady skal logarytmicznych, uzasadnia ich użyteczność
* doświadczalnie wyznacza częstotliwość dźwięku i drgań struny, opracowuje i analizuje wyniki z uwzględnieniem niepewności pomiarów
* planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) dotyczących:
* badania (demonstracji) fal poprzecznych i fal podłużnych oraz rozchodzenia się fali w ciele stałym
* obserwacji: superpozycji fal, zjawiska dyfrakcji fali na szczelinie, zjawiska interferencji fal
* badania widma dźwięku oraz dźwięku powstającego w wyniku drgań słupa powietrza w piszczałce zamkniętej
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
* związane z ruchem falowym i matematycznym opisem fal
* dotyczące fal dźwiękowych
* związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
* dotyczące odbicia i załamania fal
* dotyczące interferencji i dyfrakcji fal
* związane z opisywaniem dźwięków
* związane z efektem Dopplera
* Rzwiązane z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku

oraz sporządza i interpretuje wykresy; uzasadnia podane stwierdzenia i zależności* samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Fale mechaniczne*, w szczególności:
* fal (np. na temat tsunami, rozchodzenia się fal sejsmicznych w głębi Ziemi)
* superpozycji fal;
	+ posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów
 | **Uczeń:*** wyprowadza wzory na zależność między długością fali a położeniem miejsc wzmocnienia i wygaszenia fal w obrazie interferencji
* uzasadnia (wyprowadza) wzory na częstotliwość fal stojących wytwarzanych na strunie i w słupie powietrza (w piszczałce zamkniętej) i piszczałce otwartej
* uzasadnia (wyprowadza) wzory na częstotliwość fali dźwiękowej odbieranej przez obserwatora w sytuacji, gdy źródło fali lub obserwator się poruszają
* Ranalizuje i opisuje mechanizm powstawania fali uderzeniowej
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy:
* związane z ruchem falowym i matematycznym opisem fal, wykorzystując wzór na funkcją falową
* dotyczące fal dźwiękowych
* związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
* dotyczące odbicia i załamania fal
* dotyczące interferencji i dyfrakcji fal
* związane z opisywaniem dźwięków
* związane z efektem Dopplera
* Rzwiązane z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku

oraz sporządza wykresy; udowadnia podane zależności, wyprowadza wzory ilustrujące zależności fizyczne* planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Fale mechaniczne*; formułuje i weryfikuje hipotezy
 |