

3 Plan wynikowy (propozycja)

*Doświadczenia obowiązkowe zapisano pogrubioną czcionką.

**W kolumnie „Wymagania” nawiasami oznaczono wymagania odnoszące się do zapisów celów operacyjnych ujętych w nawias w kolumnie „Cele operacyjne”.

Symbolem ^R oznaczono treści spoza podstawy programowej.

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| Rozdział 7. Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych | | | | | |
| 7.1. Ciśnienie | posługuje się pojęciem <i>ciśnienia</i> wraz z jego jednostką oraz prawem Pascala; rozróżnia parcie i ciśnienie, stosuje w obliczeniach związek między parciem a ciśnieniem | X | | | |
| | stosuje pojęcie ciśnienia do wyjaśniania zjawisk; wyjaśnia zjawiska z pomocą prawa Pascala | | X | | |
| | 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) | X | | (X) | |
| | podaje przykłady praktycznych zastosowań prawa Pascala (opisuje zasadę działania wybranych urządzeń hydraulicznych) | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczących ciśnienia | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z pojęciem ciśnienia oraz urządzeniami hydraulicznymi o prostej budowie | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z pojęciem ciśnienia oraz urządzeniami hydraulicznymi | | | X | (X) |
| 7.2. Ciśnienie hydrostatyczne i ciśnienie atmosferyczne | posługuje się pojęciem <i>gęstości</i> wraz z jej jednostką; stosuje w obliczeniach związek gęstości z masą i objętością | X | | | |
| | posługuje się pojęciami <i>ciśnienia hydrostatycznego</i> i <i>ciśnienia atmosferycznego</i> (stosuje w obliczeniach związek między ciśnieniem hydrostatycznym a wysokością słupa i gęstością cieczy) | X | (X) | | |
| | 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 | X | | (X) | |
| | podaje treść prawa naczyni połączonych; analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--------------------------------------|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | wyprowadza wzór na ciśnienie hydrostatyczne; opisuje i wyjaśnia, czym jest paradoks hydrostatyczny | | | X | |
| | stosuje pojęcia ciśnienia hydrostatycznego i ciśnienia atmosferycznego do wyjaśniania zjawisk | | X | | |
| | wyjaśnia, od czego i jak zależy ciśnienie atmosferyczne; porównuje zmiany ciśnienia w słupie cieczy i słupie powietrza, wyjaśnia różnicę | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym | | | X | (X) |
| 7.3. Siła wyporu | posługuje się pojęciem <i>siły wyporu</i> oraz prawem Archimedesesa dla cieczy i gazów | X | | | |
| | stosuje w obliczeniach prawo Archimedesesa | | X | | |
| | uzasadnia (wyprowadza) wzór na siłę wyporu | | | X | |
| | analizuje siły działające na ciało całkowicie i częściowo zanurzone w cieczy, wyjaśnia warunki pływania ciał (wyjaśnia, od czego zależy stabilność łodzi) | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczących siły wyporu | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesesa | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesesa | | | X | (X) |
| 7.4. Cząsteczki i temperatura | posługuje się pojęciami: <i>energii kinetycznej, temperatury, energii wewnętrznej, zera bezwzględnego</i> | X | | | |
| | posługuje się skalami temperatury Kelvina i Celsjusza oraz zależnością między nimi | X | | | |
| | podaje podstawy kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii, posługuje się założeniami tej teorii | | X | | |
| | opisuje związek między temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek, stosuje go w obliczeniach | | | X | |
| | wyjaśnia, od czego zależy energia wewnętrzna i jaki ma ona związek z temperaturą; wskazuje różnice między tymi pojęciami | | X | | |
| | opisuje zjawisko dyfuzji; posługuje się pojęciem fluktuacji, opisuje i wyjaśnia ruchy Browna (oraz na czym polegało odkrycie Smoluchowskiego i Einsteina) | | X | (X) | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|------------------------------|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy, wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy, wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą | | | X | (X) |
| 7.5. Ciepło | rozdziela 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 | X | | | |
| | przeprowadza doświadczenia: bada proces wyrównywania temperatury ciał , wyznacza ciepło właściwe cieczy; sporządza i interpretuje wykresy $T(t)$; analizuje wyniki i niepewności pomiaru | | X | | |
| | posługuje się pojęciem ciepła właściwego wraz z jego jednostką (wykorzystuje to pojęcie w analizie bilansu cieplnego) | X | (X) | | |
| | rozdziela i opisuje formy przekazywania energii w postaci ciepła: przewodnictwo cieplne, konwekcję (i promieniowanie cieplne) | X | (X) | | |
| | posługuje się pojęciem wartości energetycznej paliw i żywności wraz z jej jednostką; stosuje to pojęcie w obliczeniach | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z pojęciami <i>ciepła właściwego</i> i <i>wartości energetycznej paliw i żywności</i> ; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania związane z pojęciem ciepła właściwego oraz pojęciem wartości energetycznej paliw i żywności | | | X | (X) |
| 7.6. Przemiany fazowe | analizuje zjawiska: topnienia, krzepnięcia, wrzenia, skraplania, sublimacji i resublimacji jako procesy, w których dostarczanie energii w postaci ciepła nie powoduje zmiany temperatury | X | | | |
| | opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej; szkicuje i interpretuje wykres $T(Q)$ dla wody w trzech stanach skupienia | | X | | |
| | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej (wyznacza ciepło parowania wody, analizuje i opracowuje wyniki, ^R demonstruje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego) | X | | (X) | |
| | opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych; wyjaśnia mechanizm przemian fazowych z mikroskopowego punktu widzenia | | | X | |
| | 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 | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|-----------------------------|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | odróżnia parowanie powierzchniowe od wrzenia (Ropisuje i wyjaśnia zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego; podaje przykłady skutków tej zależności i jej wykorzystania) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z przemianami fazowymi; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczących przemian fazowych; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z przemianami fazowymi | | | X | (X) |
| 7.7. Bilans cieplny | posługuje się pojęciami: <i>ciepła właściwego</i> , <i>ciepła przemiany fazowej</i> , <i>bilansu cieplnego</i> ; wyjaśnia, co nazywamy bilansem cieplnym i wskazuje jego zastosowania | X | | | |
| | wykorzystuje pojęcia ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego | | X | | |
| | doświadczalnie bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym ; opracowuje wyniki doświadczenia, korzystając z bilansu cieplnego, analizuje je z uwzględnieniem niepewności pomiaru (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z bilansem cieplnym; posługuje się tablicami fizycznymi; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z bilansem cieplnym | | | X | (X) |
| 7.8. Rozszerzalność cieplna | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada rozszerzalność cieplną cieczy (wody) i gazu (powietrza); demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji) | X | | (X) | |
| | opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy, wskazuje przykłady występowania zjawiska rozszerzalności cieplnej w otaczającej rzeczywistości | | X | | |
| | ^R wyjaśnia przyczynę występowania rozszerzalności cieplnej, odwołując się do cząsteczkowej budowy materii (budowy mikroskopowej ciał stałych, cieczy i gazów) | | | X | |
| | omawia na przykładach praktyczne znaczenie rozszerzalności cieplnej ciał stałych; opisuje i wyjaśnia nietypową rozszerzalność cieplną wody i jej znaczenie dla życia na Ziemi | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z rozszerzalnością cieplną; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczących rozszerzalności cieplnej; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących | (X) | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z rozszerzalnością cieplną | | | X | (X) |
| 7.9. Zjawiska cieplne w przyrodzie (temat dodatkowy) | wyodrębnia z tabel i porównuje wartości ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej różnych substancji; wykorzystuje pojęcie <i>ciepła właściwego</i> oraz <i>ciepła przemiany fazowej</i> w jakościowej analizie bilansu cieplnego, wykonuje obliczenia szacunkowe | X | | | |
| | wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi; wyjaśnia znaczenie wartości ciepła właściwego i ciepła parowania wody | | X | | |
| | opisuje wpływ konwekcji na klimat Ziemi, porównuje obieg powietrza wynikający z konwekcji, gdyby Ziemia się nie obracała, z obiegiem powietrza na obracającej się Ziemi, uwzględniając siłę Coriolisa; opisuje wykorzystywanie promieniowania cieplnego przez organizmy żywe | | | X | |
| | podaje i omawia przykłady zjawisk cieplnych w przyrodzie żywej i przyrodzie nieożywionej | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczących zjawisk cieplnych; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy z hydrostatyki i wiadomości o zjawiskach cieplnych; sprawdzian z hydrostatyki i wstępu do zjawisk cieplnych) | realizuje i prezentuje projekt <i>Fontanna Herona</i> opisany w podręczniku lub inny (w szczególności projektuje, wykonuje i demonstrowa działający model fontanny Herona; formułuje i weryfikuje hipotezy) | | | X | (X) |
| | dokonyuje 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 (samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści rozdziału <i>Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych</i> , posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych</i> , w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych), sporządza i interpretuje wykresy | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych</i> | | | X | (X) |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|------------------------------------|--|---|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczących treści rozdziału <i>Hydrostatyka</i> i <i>wstęp do zjawisk cieplnych</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski; ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć (jeśli to konieczne) | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |
| Rozdział 8. Termodynamika | | | | | |
| 8.1. Badanie przemian gazu | podaje wielkości opisujące gaz oraz przyczynę wytwarzania ciśnienia przez gaz; posługuje się pojęciami: <i>mol</i> , <i>stała Avogadra</i> , <i>przemiany gazu</i> | X | | | |
| | rozdziela przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; wskazuje przykłady przemian gazu w otaczającej rzeczywistości | | X | | |
| | 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 (planuje i modyfikuje ich przebieg) | | X | (X) | |
| | 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 | | X | | |
| | identyfikuje, interpretuje i analizuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej (porównuje te wykresy dla różnych stałych w danej przemianie parametrów) | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczącymi przemian gazu | | | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z pojęciem <i>ciśnienia</i> oraz urządzeniami hydraulicznymi | | | X | (X) |
| 8.2. Model gazu doskonałego | opisuje model gazu doskonałego; posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego | X | | | |
| | podaje, wyjaśnia i interpretuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona); posługuje się pojęciem <i>stałej gazowej</i> , podaje jej wartość wraz z jednostką | | X | | |
| | wyprowadza równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) | | | X | |
| | stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu i wyjaśniania zjawisk fizycznych oraz obliczeń | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|---|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona | | | X | (X) |
| 8.3. Przemiany gazu doskonałego | podaje pierwszą zasadę termodynamiki i analizuje ją jako zasadę zachowania energii | X | | | |
| | 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 adiabaticzną | | X | | |
| | porównuje przemiany izotermiczną i adiabaticzną na wybranych przykładach i wykresach zależności $p(V)$ | | | X | |
| | 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 $V(T)$ | | | X | |
| | stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu | | X | | |
| | wyjaśnia i analizuje trójwymiarowy wykres równania Clapeyrona oraz jego przekroje: izoterme, izobarę i izochorę | | | | X |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu doskonałego; rysuje wykresy (wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące przemian gazu doskonałego; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru | | | X | (X) |
| 8.4. Ciepło w przemianach gazowych | posługuje się pojęciem <i>energii wewnętrznej</i> ; opisuje związek temperatury ze średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego | X | | | |
| | posługuje się pojęciem <i>ciepła molowego gazu</i> wraz z jednostką; rozróżnia ciepło molowe przy stałym ciśnieniu i ciepło molowe w stałej objętości oraz uzasadnia, że dla danego gazu $C_p > C_v$ | | X | | |
| | 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. | | | X | |
| | oblicza zmiany energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|---|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej; posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej | | | X | (X) |
| 8.5. Praca a wykresy przemian gazowych | 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: $W = p\Delta V$) | X | | (X) | |
| | oblicza pracę jako pole pod wykresem $p(V)$ przedstawiającym przemianę izobaryczną; wykazuje, że w przemianie izochorycznej praca jest równa zero; (wyjaśnia możliwość wyznaczenia pracy w przemianach izotermicznej i adiabatycznej metodą graficzną) | | X | (X) | |
| | interpretuje wykresy przemian gazowych z uwzględnieniem kolejności przemian; wykazuje, że praca zależy, a zmiana energii wewnętrznej nie zależy od kolejności przemian | | | X | |
| | oblicza ciepło pobrane i oddane przez gaz na podstawie wykresu przemiany tego gazu i pierwszej zasady termodynamiki | | X | | |
| | stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych, zapisuje ją w szczególnych przypadkach | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych (^R wyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej) | | | X | (X) |
| 8.6. Silniki ciepłe | wyjaśnia, czym jest silnik cieplny, omawia jego schemat, rozróżnia grzejnik i chłodnicę, podaje przykłady wykorzystania silników cieplnych | X | | | |
| | analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach cieplnych | | X | | |
| | wyjaśnia na wybranym przykładzie, co to jest cykl termodynamiczny (wykazuje, że uzyskana praca jest równa polu wewnątrz figury ograniczonej przez wykresy przemian $p(V)$) | | X | (X) | |
| | analizuje przedstawione cykle termodynamiczne | | | X | |
| | posługuje się pojęciem sprawności silnika cieplnego, oblicza i porównuje sprawność silników cieplnych, krytycznie ocenia obliczoną sprawność i wskazuje przyczyny strat energii | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|---|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | 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, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych | | | X | (X) |
| 8.7. Pompy ciepła | wykonuje doświadczenie, korzystając z jego opisu – sprawdza temperaturę różnych elementów tylnej części lodówki, wyjaśnia wynik swoich obserwacji i formułuje wniosek | X | | | |
| | wyjaśnia, na przykładzie lodówki, że zasada działania pompy ciepłej jest odwrotna do zasady działania silnika cieplnego; omawia schemat pompy ciepłej | | X | | |
| | opisuje i analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w pompach cieplnych | | X | | |
| | podaje przykłady wykorzystania pomp cieplnych (wyjaśnia zasadę działania wybranych pomp cieplnych, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu) | X | | (X) | |
| | ^R posługuje się pojęciem współczynnika efektywności pompy ciepłej (rozdziela ten współczynnik w przypadku chłodzenia i w przypadku ogrzewania za pomocą pompy ciepłej; oblicza te współczynniki) | | | X | (X) |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące pomp cieplnych; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące pomp cieplnych | | | X | (X) |
| 8.8. Silniki spalinowe – temat dodatkowy | ^R podaje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy | | X | | |
| | ^R analizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego, formułuje wnioski i uzasadnia je | | | X | |
| | ^R oblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego | | X | | |
| | ^R opisuje działanie silników spalinowych czterosuwowego benzynowego oraz Diesla, wskazuje skutki ich użytkowania dla środowiska; omawia i porównuje wykresy cyklu Otta i cyklu Diesla | | | X | |
| | 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; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących | (X) | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|---|---|-------------|------------|---|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące silników spalinowych | | | X | (X) |
| 8.9. Druga zasada termodynamiki | określa kierunek przekazu energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach; rozróżnia zjawiska odwracalne i nieodwracalne, podaje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości | X | | | |
| | podaje drugą zasadę termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych (uzasadnia równoważność obu sformułowań tej zasady) | | X | (X) | |
| | interpretuje drugą zasadę termodynamiki (wykazuje jej statystyczny charakter, odwołując się do modelu rozprężania gazu) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z drugą zasadą termodynamiki; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych; wykonuje obliczenia szacunkowe i liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z drugą zasadą termodynamiki | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy z termodynamiki; sprawdzian z termodynamiki) | analizuje tekst Fizyka nie tylko na lekcjach (lub inny), wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań (lub problemów) | | X | (X) | |
| | 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) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Termodynamika</i> , w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności jednostek wybranych wielkości fizycznych, wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych), analizuje i interpretuje wykresy | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Termodynamika</i> ; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności | | | X | (X) |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczących treści rozdziału <i>Termodynamika</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski; ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć (jeśli to konieczne) | | | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | |
| | | | | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--------------------------------------|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| Rozdział 9. Ruch drgający | | | | | |
| 9.1. Badanie ruchu drgającego | posługuje się pojęciami: <i>amplitudy, okresu i częstotliwości</i> wraz z jednostkami do opisu ruchu okresowego; podaje przykłady zjawisk okresowych w otaczającej rzeczywistości | X | | | |
| | opisuje (i analizuje) ruch drgający ciała pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami <i>położenia równowagi, wychylenia i amplitudy</i> ; podaje przykłady takiego ruchu | X | (X) | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada ruch ciężarka na sprężynie; opracowuje i analizuje wyniki, sporządza i interpretuje wykres $x(t)$, formułuje wnioski | | | X | |
| | 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) | (X) | X | | |
| | opisuje sposób zmniejszania niepewności wyznaczania okresu drgań (podczas pomiaru lub odczytu z wykresu $x(t)$) | | X | | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących ruchu drgającego i zjawisk okresowych | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z ruchem drgającym (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących); szkicuje wykres zależności $x(t)$ | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z ruchem drgającym | | | X | (X) |
| 9.2. Drgania harmoniczne | posługuje się pojęciem <i>ruchu harmonicznego</i> (definiuje go); rozróżnia ruch harmoniczny i ruch nieharmoniczny; podaje przykłady takich ruchów | (X) | X | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: obserwuje i opisuje ruch rzutu punktu poruszającego się po okręgu (ilustruje graficznie i wyjaśnia wynik doświadczenia); formułuje wnioski | | X | (X) | |
| | podaje i stosuje w obliczeniach wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu harmonicznym (wyprowadza te wzory, stosując funkcje trygonometryczne) | | X | (X) | |
| | wykazuje, że ruch harmoniczny jest wywołany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność $F = -m\omega^2 x$ | | | X | |
| | opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami: <i>wchylenia, amplitudy, częstości kołowej, fazy i przesunięcia fazowego</i> ; rozróżnia drgania o fazach zgodnych i o fazach przeciwnych | | X | | |
| | analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym, interpretuje wykresy tych zależności | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|----------------------------------|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | identyfikuje (i rysuje) wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego | X | | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące drgań harmonicznyc; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem lub tablicami (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące opisu drgań harmonicznyc | | | X | (X) |
| 9.3. Drgania sprężyn | opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem <i>współczynnika sprężystości</i> i jego jednostką | X | | | |
| | analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości: wózka na sprężynie – drgania w poziomie (oraz wahadła sprężynowego – drgania w pionie) | | X | (X) | |
| | porównuje opis matematyczny ruchu wahadła sprężynowego z wynikami jego badania (doświadczenie w zagadnieniu 9.1) | | | X | |
| | 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) | | X | (X) | |
| | podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach wzór na okres wahadła sprężynowego – zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od masy ciężarka i współczynnika sprężystości sprężyny | | X | | |
| | wyprowadza wzór na okres wahadła sprężynowego; szkicuje wykresy zależności $T(m)$ dla danego współczynnika k i $T(k)$ dla danej masy m | | | X | |
| | porównuje, analizuje i interpretuje wykresy opisujące ruch harmoniczny ciężarka na sprężynie: $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$, $F(t)$ | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ruchu ciała na sprężynie (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące ruchu ciała na sprężynie | | | X | (X) |
| 9.4. Wahadło matematyczne | posługuje się pojęciem <i>wahadła matematycznego</i> , 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) | X | (X) | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | wykonuje doświadczenia: demonstruje niezależność okresu 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 $I(T^2)$ wraz z maksymalną niepewnością pomiaru; planuje i modyfikuje przebieg tych doświadczeń; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) | | X | (X) | |
| | podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach zależność okresu drgań wahadła matematycznego o małej amplitudzie od jego długości (wyprowadza wzór na okres drgań wahadła matematycznego) | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących wahań i ich zastosowań | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące wahadła matematycznego; posługuje się tablicami fizycznymi i kartą wybranych wzorów; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące wahadła matematycznego; sporządza i interpretuje wykresy | | | X | (X) |
| 9.5. Energia w ruchu harmonicznym | rozdziela 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) | X | (X) | | |
| | oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii | | X | | |
| | 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) | | X | (X) | |
| | szkicuje, analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu i wychylenia w przypadku ciała w ruchu harmonicznym | | | X | |
| | ^R analizuje przemiany energii podczas ruchu w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie (wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną) | | | X | (X) |
| | ^R analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu w ruchu obciążnika zawieszonoego na sprężynie | | | | X |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące energii w ruchu harmonicznym (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--|---|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z zastosowaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym | | | X | (X) |
| 9.6. Drgania tłumione i wymuszone. Rezonans | rozdzieli i opisuje drgania wymuszone oraz drgania słabo tłumione; przedstawia i porównuje wykresy $x(t)$ dla drgań harmonicznym bez tłumienia i z tłumieniem | | X | | |
| | opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego, posługując się pojęciem <i>częstotliwości drgań własnych</i> ; ilustruje to zjawisko na wybranych przykładach, szkicuje wykres zależności $x(t)$ w przypadku rezonansu | | X | | |
| | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: bada tłumienie drgań; demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego ; przedstawia i analizuje wyniki doświadczeń, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg tych doświadczeń; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących zjawiska rezonansu mechanicznego – jego przykładów i skutków | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego (wyodrębni z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy o ruchu drgającym; sprawdzian z ruchu drgającego) | realizuje i prezentuje projekt <i>Figury Lissajous</i> opisany w podręczniku (planuje, realizuje i prezentuje projekt związany z treściami rozdziału Ruch drgający; formułuje i weryfikuje hipotezy) | | | X | (X) |
| | dokonyuje 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) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Ruch drgający</i> , w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności jednostek wybranych wielkości fizycznych, wyodrębni z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych), analizuje i interpretuje wykresy | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Ruch drgający</i> ; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności | | | X | (X) |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--------------------------------------|---|---|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści rozdziału <i>Ruch drgający</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski; ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć (jeśli to konieczne) | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |
| Rozdział 10. Fale mechaniczne | | | | | |
| 10.1. Ruch falowy | definiuje pojęcie <i>fali mechanicznej</i> ; opisuje rozchodzenie się fali mechanicznej jako proces przekazywania energii bez przenoszenia materii; posługuje się pojęciem <i>prędkości i energii fali</i> | X | | | |
| | posługuje się pojęciami: <i>źródło fali, impuls falowy, fala harmoniczna</i> ; uzasadnia, że fala przenosi energię | | X | | |
| | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada (demonstruje) fale poprzeczne i fale podłużne oraz rozchodzenie się fali w ciele stałym; przedstawia, analizuje i wyjaśnia wyniki doświadczeń, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) | | X | (X) | |
| | rozdziela 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 | | X | | |
| | 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 | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z ruchem falowym (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z ruchem falowym | | | X | (X) |
| 10.2. Matematyczny opis fal | posługuje się pojęciami: <i>amplitudy, okresu, częstotliwości i długości fali</i> wraz z ich jednostkami; stosuje te wielkości oraz związki między nimi do opisu fal i obliczeń | X | | | |
| | analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody na podstawie obrazu powierzchni falowych; zaznacza na rysunku długość fali dla fal poprzecznych i podłużnych | | X | | |
| | analizuje i objaśnia wykres zależności wychylenia (y) od położenia mierzonego wzdłuż kierunku rozchodzenia się fali (osi x) dla fali harmonicznej (poprzecznej i podłużnej) | | | X | |
| | 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 harmonicznych i w obliczeniach | | | | X |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|---|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem fal (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem oraz kartą wybranych wzorów (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z matematycznym opisem fal (wykorzystuje wzór na funkcję falową) | | | X | (X) |
| 10.3. Fale dźwiękowe | 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) | X | (X) | | |
| | opisuje dźwięk jako falę mechaniczną, posługując się pojęciami: <i>długości, częstotliwości i okresu fali</i> ; rozróżnia dźwięki słyszalne, ultradźwięki i infradźwięki; wymienia przykłady ich źródeł i zastosowań | X | | | |
| | 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 | | X | (X) | |
| | opisuje rozchodzenie się dźwięku w różnych ośrodkach sprężystych (wyjaśnia różnice prędkości rozchodzenia się dźwięku w gazach, cieczach i ciałach stałych oraz zależność prędkości dźwięku rozchodzącego się w powietrzu od temperatury) | | X | (X) | |
| | ^R opisuje falę dźwiękową za pomocą funkcji falowej; interpretuje wzór na funkcję falową harmonicznej fali dźwiękowej; szkicuje i interpretuje dla czystego tonu wykres zmian gęstości powietrza w zależności od odległości od źródła dźwięku | | | | X |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące fal dźwiękowych (wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących); posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące fal dźwiękowych; sporządza i interpretuje wykresy | | | X | (X) |
| | | | | | |
| 10.4. Rozchodzenie się fal. Natężenie fali | opisuje jakościowo związek między natężeniem dźwięku a energią fali i amplitudą fali | X | | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: obserwuje i ilustruje graficznie rozchodzenie się fal na powierzchni wody, formułuje wnioski | X | | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń: | Wymagania** | | | |
|---------------------------------------|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | opisuje rozchodzenie się fal, posługując się pojęciami: <i>powierzchnia falowa</i> , <i>promień fali</i> ; rozróżnia fale: płaskie, koliste i kuliste, wskazuje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości | | X | | |
| | analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych | | X | | |
| | posługuje się pojęciem <i>natężenia fali</i> wraz z jego jednostką – $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ oraz proporcjonalnością natężenia fali do kwadratu amplitudy drgań ośrodka; opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła | | X | | |
| | wyjaśnia zależności natężenia harmonicznej fali kulistej od odległości od źródła i od amplitudy drgań cząsteczek ośrodka | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali | | | X | (X) |
| 10.5. Odbicie i załamanie 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) | X | (X) | | |
| | doświadczalnie obserwuje i opisuje zjawisko załamania fali na granicy ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali | X | | | |
| | podaje, interpretuje (i uzasadnia – wyznacza zależność między kątem załamania a kątem padania) prawo załamania fal; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka | | X | (X) | |
| | 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 | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczących fal (np. na temat tsunami, rozchodzenia się fal sejsmicznych w głębi Ziemi) | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące odbicia i załamania fal (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem lub tablicami (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące odbicia i załamania fal | | | X | (X) |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| 10.6. Interferencja i dyfrakcja fal | formuluje zasadę superpozycji fal i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk; opisuje falę stojącą (^R wyprowadza – uzasadnia wzór na częstotliwość fal stojących powstających na sznurze umocowanym na jednym końcu) | | X | (X) | |
| | 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) | | X | (X) | |
| | opisuje interferencję fal pochodzących z dwóch źródeł; wyjaśnia zjawisko interferencji fal; podaje (i uzasadnia – wyprowadza wzory) warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal | | X | (X) | |
| | 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 | | | X | (X) |
| | (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) | (X) | X | | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych (lub z internetu) dotyczących superpozycji fal | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące interferencji i dyfrakcji fal (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące interferencji i dyfrakcji fal | | | X | (X) |
| 10.7. Fizyka w muzyce – temat dodatkowy^R | opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali i między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i jej amplitudą | X | | | |
| | rozdziela dźwięki proste i złożone, wskazuje ich źródła (^R posługuje się pojęciami: barwa i widmo dźwięku, częstotliwość podstawowa, składowe harmoniczne; podaje różnicę proporcji składowych harmonicznych jako przyczynę różnej barwy dźwięków) | X | (X) | | |
| | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada widmo dźwięku oraz dźwięk powstający w wyniku drgań słupa powietrza w piszczalce zamkniętej; opisuje, opracowuje i wyjaśnia wyniki doświadczeń (planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) | | X | (X) | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|---|--|-------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | 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 | | X | | |
| | opisuje fale stojące na strunie i w słupie powietrza – w piszczałce zamkniętej i piszczałce otwartej; przedstawia i objaśnia schemat ich powstawania; ^R podaje (i uzasadnia – wyprowadza) wzory na częstotliwość wytwarzanych fal | | | X | (X) |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisywaniem dźwięków (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących); uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z opisywaniem dźwięków; udowadnia podane zależności | | | X | (X) |
| 10.8. Efekt Dopplera | 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) | X | (X) | | |
| | opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła dźwięku i nieruchomego obserwatora oraz w przypadku poruszającego się obserwatora i nieruchomego źródła dźwięku | | X | | |
| | analizuje efekt Dopplera dla fal w sytuacji, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala | | | X | |
| | 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 | | | X | (X) |
| | ^R analizuje i opisuje mechanizm powstawania fali uderzeniowej | | | | X |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z efektem Dopplera (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z efektem Dopplera | | | X | (X) |
| 10.9. Jak człowiek odbiera bodźce słuchowe | opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali oraz między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i amplitudą fali | X | | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) Uczeń: | Wymagania** | | | |
|--|---|---|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | posługuje się pojęciem <i>natężenia dźwięku</i> wraz z jego jednostką – $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ oraz ^R pojęciem <i>poziomu natężenia dźwięku</i> wraz z jego jednostką – dB (^R podaje i stosuje w obliczeniach wzór na przeliczanie natężenia dźwięku na poziomy natężenia dźwięku) | | X | (X) | |
| | ^R posługuje się skalą logarytmiczną; analizuje i objaśnia skalę poziomu natężenia dźwięku i skalę muzyczną; podaje inne przykłady skal logarytmicznych, uzasadnia ich użyteczność | | | X | |
| | analizuje tekst <i>Muzykalne owady i biologiczny termometr</i> (lub inny, samodzielnie wyszukany); wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania prostych (lub złożonych) zadań lub problemów | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisywaniem dźwięków (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe); wykonuje obliczenia szacunkowe oraz liczbowe, posługując się kalkulatorem (zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących) | (X) | X | | |
| | ^R rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziomy natężenia dźwięku | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy o falach mechanicznych; sprawdzian z fal mechanicznych) | <i>dokonyje syntezy wiedzy o falach mechanicznych; przedstawi 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)</i> | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Fale mechaniczne</i> , w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, prowadzi obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (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 | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału <i>Fale mechaniczne</i> ; uzasadnia lub udowadnia podane zależności (wyprowadza wzory ilustrujące zależności fizyczne) | | | X | (X) |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści rozdziału <i>Fale mechaniczne</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski; ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć (jeśli to konieczne) | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |