Wymagania edukacyjne z fizyki

**Klasa 2 -poziom rozszerzony**

**Wymagania opracowane na podstawie planu wynikowego wydawnictwa Nowa Era**

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

Wymagania na wyższe oceny zawierają w sobie wymagania na niższe oceny

| **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 *ciśnienia* 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 *gęstości* wraz z jej jednostką; stosuje w obliczeniach związek gęstości z masą i objętością | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciami *ciśnienia hydrostatycznego* i *ciśnienia atmosferycznego*,stosuje w obliczeniach związek między ciśnieniem hydrostatycznym a wysokością słupa i gęstością cieczy | 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 naczyń połączonych; analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych |  | X |  |  |
| 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 *siły wyporu* oraz prawem Archimedesa dla cieczy i gazów | X |  |  |  |
| stosuje w obliczeniach prawo Archimedesa | X |  |  |  |
| uzasadnia (wyprowadza) wzór na siłę wyporu |  |  | X |  |
| analizuje siły działające na ciało całkowicie i częściowo zanurzone w cieczy, wyjaśnia warunki pływania ciał (Rwyjaśnia, 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 Archimedesa |  (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesa |  |  | X | (X) |
| **7.4. Cząsteczki i temperatura** | posługuje się pojęciami: *energii kinetycznej*, *temperatury*, *energii wewnętrznej*, *zera bezwzględnego* | 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) |  |
| 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**  | 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 | 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) |  |  |
| rozróżnia 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 ciepła właściwego i wartości energetycznej paliw i żywności; 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, Rdemonstruje 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 |  |  |
| odróżnia parowanie powierzchniowe od wrzenia (opisuje 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: *ciepła właściwego*, *ciepła przemiany fazowej*, *bilansu cieplnego*; 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 |  |  |  |
| Rwyjaśnia 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 |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z rozszerzalnością cieplną |  |  | X | (X) |
| **7.9.Zjawiska cieplne w przyrodzie** | wyodrębnia z tabel i porównuje wartości ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej różnych substancji; wykorzystuje pojęcie *ciepła właściwego* oraz *ciepła przemiany fazowej* w jakościowej analizie bilansu cieplnego, 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 ożywionej 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 |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie |  |  | X | (X) |
| **Powtórzenie** i **sprawdzian** (powtórzenie wiedzy z hydrostatyki i wiadomościo zjawiskach cieplnych;sprawdzian z hydrostatyki i wstępu do zjawisk cieplnych)  | realizuje i prezentuje projekt FontannaHerona opisany w podręczniku lub inny (w szczególności projektuje, wykonuje i demonstruje działający model fontanny Herona; formułuje i weryfikuje hipotezy)  |  |  | X | (X) |
| dokonuje syntezy wiedzy z hydrostatyki i wiadomości o zjawiskach cieplnych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści rozdziałuHydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów)  |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych, 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 Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje zestaw zadań dotyczących treści rozdziału Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych; 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: *mol*, *stała Avogadra*, *przemiany gazu* | X |  |  |  |
| rozróżnia 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;  | X | 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) |  |
| 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 *ciśnienia* 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 *stałej gazowej*, 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 |  |  |  |
| 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 adiabatyczną  |  | X |  |  |
| porównuje przemiany izotermiczną i adiabatyczną 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 |  |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące przemiangazu doskonałego; rysuje wykresy (wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacjekluczowe); 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 *energii wewnętrznej*; opisuje związek temperatury ze średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciem *ciepła molowego gazu* wraz z jednostką; rozróżnia ciepło molowe przy stałym ciśnieniu i ciepło molowe w stałej objętości oraz uzasadnia, że dla danego gazu *Cp*>*CV* |  | 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 *CV* a stałą *R* dla gazów jedno- i dwuatomowych.  |  |  | X |  |
| oblicza zmiany energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej |  | X |  |  |
| 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:$W=p∆V$) | 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 problemyzwiązane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych (Rwyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej) |  |  | X | (X) |
| **8.6. Silniki cieplne** | 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 |  |  |  |
| 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) |
| wyjaśnia, na przykładzie lodówki, że zasada działania pompy cieplnej jest odwrotna do zasady działania silnika cieplnego; omawia schemat pompy cieplnej | 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 | X |  | (X) |  |
| Rposługuje się pojęciem współczynnika efektywności pompy cieplnej (rozróżnia ten współczynnik w przypadku chłodzenia i w przypadku ogrzewania za pomocą pompy cieplnej; 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** | Rpodaje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy  |  | X |  |  |
| Ranalizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego, formułuje wnioski i uzasadnia je |  |  | X |  |
| Roblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego |  | X |  |  |
| Ropisuje 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 |  |  |
| 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) |  |
| 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 Termodynamika, 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 Termodynamika; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności |  |  | X | (X) |
| Rozdział 9. Ruch drgający |
| **9.1. Badanie ruchu drgającego** | posługuje się pojęciami: *amplitudy*, *okresu* i *częstotliwości* 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 *położenia równowagi*, *wychylenia* i *amplitudy*; 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, 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 *ruchu harmonicznego* (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 przyspieszeniaod czasu w ruchu harmonicznym (wyprowadza te wzory, stosując funkcje trygonometryczne) | X |  | (X) |  |
| wykazuje, że ruch harmoniczny jest wywoływany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność$F=-mω^{2}x$ |  |  | X | X |
| opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami: *wychylenia*,*amplitudy*, *częstości kołowej*, *fazy* i *przesunięcia fazowego*; 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 |  |  |
| identyfikuje (i rysuje) wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego | X |  | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące drgań harmonicznych; 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 harmonicznych |  |  | X | (X) |
| **9.3. Drgania sprężyn** | opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem *współczynnika sprężystości* 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 informacjekluczowe); 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*wahadła matematycznego*, definiuje to pojęcie i wskazuje jego dobre przybliżenie (opisuje ruch tego wahadła jako ruch harmoniczny; analizuje siły działająca na wahadło matematyczne, przedstawia je graficznie i opisuje) | X | (X) |  |  |
| **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 ziemskiena podstawie wykresu zależności *l*(*T*2) wraz z maksymalną niepewnością pomiaru; planuje i modyfikuje przebieg tych doświadczeń; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) |  | 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 wahadeł 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** | rozróżnia energię potencjalną grawitacji, energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną; podaje zasadę zachowania energii i wykorzystuje ją do jakościowej analizy przemian energii (i obliczeń) | 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 |  |
| analizuje przemiany energii podczas ruchu w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie (wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną) |  |  | X | (X) |
| analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu w ruchu obciążnika zawieszonego 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 |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z zastosowaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym |  |  | X | (X) |
| **9.6. Drgania tłumione i wymuszone. Rezonans** | rozróżnia i opisuje drgania wymuszone oraz drgania słabo tłumione; przedstawia i porównuje wykresy *x*(*t*) dla drgań harmonicznych bez tłumienia i z tłumieniem |  | X |  |  |
| opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego, posługując się pojęciem *częstotliwości drgań własnych*; 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 (wyodrębnia 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 Figury Lissajous opisany w podręczniku (planuje, realizuje i prezentuje projekt związany z treściami rozdziału Ruch drgający; formułuje i weryfikuje hipotezy) |  |  | X | (X) |
| dokonuje syntezy wiedzy o ruchu drgającym; przedstawia najważniejszepojęcia, 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 Ruch drgający, w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności jednostek wybranych wielkości fizycznych, wyodrębnia 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 Ruch drgający; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności  |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści rozdziału Ruch drgający; 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 *fali mechanicznej*; opisuje rozchodzenie się fali mechanicznej jako proces przekazywania energii bez przenoszenia materii; posługuje się pojęciem *prędkości* i *energii fali* | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciami: *źródło fali*, *impuls falowy*, *fala harmoniczna*; 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) |  |
| rozróżnia i porównuje fale poprzeczne i podłużne, podaje ich przykłady, opisuje mechanizm ich powstawania; objaśnia schemat rozchodzenia się fali poprzecznej i fali podłużnej; wymienia i omawia podstawowe właściwości fal mechanicznych | 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: *amplitudy*, *okresu*, *częstotliwości* i *długości fali* 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 |  |
| 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 funkcją 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: *długości,częstotliwości i okresu fali*; 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) |  |
| Ropisuje 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 informacjekluczowe); 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 |  |  |  |
| opisuje rozchodzenie się fal, posługując się pojęciami: *powierzchnia falowa*, *promień fali*; 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 *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 |  | 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 sięprędkością 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 sięprędkością 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) |
| **10.6. Interferencja i dyfrakcja fal** | formułuje zasadę superpozycji fal i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk; opisuje falę stojącą (Rwyprowadza – 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 dodatkowyR) | opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali i między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i jej amplitudą | X |  |  |  |
| rozróżnia dźwięki proste i złożone, wskazuje ich źródła(Rposługuje się pojęciami: barwa i widmo dźwięku, częstotliwość podstawowa, składowe harmoniczne; podaje różnicę proporcji składowych harmonicznych jako przyczynę różnej barwy dźwięków) | X | (X) |  |  |
| 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; Rpodaje (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  |  | 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) |
| Ranalizuje 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 |  |  |  |
| posługuje się pojęciem *natężenia dźwięku* wraz z jego jednostką – $(\frac{W}{m^{2}})$oraz Rpojęciem *poziomu natężenia dźwięku*wraz z jego jednostką – dB (Rpodaje i stosuje w obliczeniach wzór na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku) |  | X | (X) |  |
| Rposługuje się skalą logarytmiczną; analizuje i objaśnia skalę poziomu natężenia dźwięku i skalę muzyczną; podaje inne przykłady skal logarytmicznych, uzasadnia ich użyteczność |  |  | X |  |
| analizuje tekst Muzykalne owady i biologiczny termometr (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 |  |  |
| Rrozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziomu natężenia dźwięku |  |  | X | (X) |
| **Powtórzenie** i **sprawdzian** (powtórzenie wiedzy o falach mechanicznych; sprawdzian z fal mechanicznych)  | dokonuje syntezy wiedzy o falach mechanicznych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, lub z internetu, dotyczące treści rozdziału Fale mechaniczne, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów) |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału Fale mechaniczne, w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe), 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 Fale mechaniczne; uzasadnia lub udowadnia podane zależności (wyprowadza wzory ilustrujące zależności fizyczne) |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści rozdziałuFale mechaniczne; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski; ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć (jeśli to konieczne) | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) |