

# WYMAGANIA EDUKACYJNE NAUCZANIA FIZYKI W KLASIE 2 LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCEGO W ZAKRESIE ROZSZERZONYM

Plan wynikowy uwzględnia zmiany z 2024 r. wynikające z uszczuplenia podstawy programowej. Doświadczenia obowiązkowe zapisano pogrubioną czcionką. Symbolem  $\square$  oznaczono treści spoza podstawy programowej. \*\*W kolumnie „Wymagania” nawiasami oznaczono wymagania odnoszące się do zapisów celów operacyjnych ujętych w nawias w kolumnie „Cele operacyjne”. W związku z uszczupleniem przez MEN podstawy programowej, w rozkładzie materiału zmniejszyła się liczba godzin na realizację obowiązkowych zagadnień. Uzyskane w ten sposób dodatkowe godziny pozostają do dyspozycji nauczyciela w trakcie roku szkolnego. Zgodnie z założeniami MEN: *Ograniczony zakres treści nauczania – wymagań szczegółowych – da nauczycielom i uczniom więcej czasu na spokojniejszą i bardziej dogłębną realizację programów nauczania.*

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
<b>Rozdział 7. Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych</b>					
<b>7.1. Ciśnienie</b>	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)
<b>7.2. Ciśnienie hydrostatyczne i ciśnienie atmosferyczne</b>	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)		

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	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)
<b>7.3. Siła wyporu</b>	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 ( <sup>D</sup> 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)
<b>7.4. Cząsteczki i temperatura</b>	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	

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	wyjaśnia, od czego zależy energia wewnętrzna i jaki ma ona związek z temperaturą; wskazuje różnice między tymi pojęciami		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)
<b>7.5. Ciepło</b>	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: <b>bada proces wyrównywania temperatury ciał</b> , 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)		
	rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z pojęciami <i>ciepła właściwego</i> ; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem	(X)	X		
	rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania związane z pojęciem ciepła właściwego			X	(X)
<b>7.6. Przemiany fazowe</b>	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: <b>demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej</b> (wyznacza ciepło parowania wody, analizuje i opracowuje wyniki, <sup>D</sup> 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		
	odróżnia parowanie powierzchniowe od wrzenia ( <sup>D</sup> opisuje i wyjaśnia zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego; podaje przykłady skutków tej zależności i jej wykorzystania)		X	(X)	

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	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)
<b>7.7. Bilans cieplny</b>	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		
	<b>doświadczalnie bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym</b> ; 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)
<b>7.8. Rozszerzalność cieplna</b>	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada rozszerzalność cieplną cieczy (wody) i gazu (powietrza); <b>demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych</b> (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		
	<sup>D</sup> 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		
	rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z rozszerzalnością cieplną			X	(X)

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
<b>7.9. Zjawiska cieplne w przyrodzie</b> (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 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)	X		
	rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie			X	(X)
<b>Powtórzenie i sprawdzian</b> (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)
	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 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)			
<b>Rozdział 8. Termodynamika</b>					
<b>8.1. Badanie przemian gazu</b>	podaje wielkości opisujące gaz oraz przyczynę wytwarzania ciśnienia przez gaz; posługuje się pojęciami: <i>mol, stała Avogadra, 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)
<b>8.2. Model gazu doskonałego</b>	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)
<b>8.3. Przemiany gazu doskonałego</b>	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		
	wyjaśnia i analizuje trójwymiarowy wykres równania Clapeyrona oraz jego przekroje: izotermę, 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)	
<b>8.4. Ciepło w przemianach gazowych</b>	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)
<b>8.5. Praca a wykresy przemian gazowych</b>	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 ( <sup>D</sup> wyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej)			X	(X)
<b>8.6. Silniki ciepłe</b>	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)
<b>8.7. Pompy ciepła</b>	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)	
	<sup>D</sup> 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)
<b>8.8. Silniki spalinowe – temat dodatkowy</b>	<sup>D</sup> podaje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy		X		
	<sup>D</sup> analizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego, formułuje wnioski i uzasadnia je			X	
	<sup>D</sup> oblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego		X		
	<sup>D</sup> opisuje działanie silników spalinowych czterosurowego 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)
<b>8.9. Druga zasada termodynamiki</b>	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)
<b>Powtórzenie i sprawdzian</b> (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)	
	dokonyuje 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
<b>Rozdział 9. Ruch drgający</b>					
<b>9.1. Badanie ruchu drgającego</b>	posługuje się pojęciami: <i>amplitudy</i> , <i>okresu</i> i <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</i> , <i>wychylenia</i> i <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)
<b>9.2. Drgania harmoniczne</b>	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 wywołwany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność $F = -m\omega^2 x$			X	
	opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami: <i>wychylenia</i> , <i>amplitudy</i> , <i>częstości kołowej</i> , <i>fazy</i> i <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 harmoniczných; 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 harmoniczných			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: <b>demonstruje niezależność okresu drgań wahadła sprężynowego od amplitudy; bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny</b> ; 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 małych drgań wahadła od amplitudy; bada zależność okresu drgań od masy i długości wahadła; wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego; przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki doświadczeń, uwzględnia niepewności pomiarów, formułuje wnioski (wyznacza przyspieszenie ziemskie na podstawie wykresu zależności $(T^2)$ 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)
<b>9.5. Energia w ruchu harmonicznym</b>	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	
	<sup>D</sup> analizuje przemiany energii podczas ruchu w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie (wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną)			X	(X)
	<sup>D</sup> 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)
<b>9.6. Drgania tłumione i wymuszone. Rezonans</b>	omawia 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: <b>demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego</b> ; 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)
<b>Powtórzenie i sprawdzian</b> (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)
	dokonuje syntezy wiedzy o ruchu drgającym; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału Ruch drgający, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów)		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, 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 <i>Ruch drgający</i> ; sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności			X	(X)
	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)			

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
<b>Rozdział 10. Fale mechaniczne</b>					
<b>10.1. Ruch falowy</b>	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)
<b>10.2. Matematyczny opis fal</b>	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	
	<sup>D</sup> 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)
<b>10.3. Fale dźwiękowe</b>	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)	
	<sup>D</sup> opisuje falę dźwiękową za pomocą funkcji falowej; interpretuje wzór na funkcję falową harmoniczną 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)
<b>10.4. Rozchodzenie się fal. Natężenie fali</b>	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: <i>powierzchnia falowa, promień fali</i> ; rozróżnia fale: płaskie, kuliste i kuliste, wskazuje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości		X		

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	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 harmonicznego 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)
<b>10.5. Odbicie i załamanie fali</b>	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 fal, 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)
<b>10.6. Interferencja i dyfrakcja fal</b>	formułuje zasadę superpozycji fal i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk; opisuje falę stojącą ( <sup>1</sup> wyprowadza – uzasadnia wzór na częstotliwość fal stojących powstających na sznurze umocowanym na jednym końcu)		X	(X)	

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów – <b>obserwuje</b> : superpozycję fal, <b>zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie, zjawisko interferencji fal</b> ; 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)
<b>10.7. Fizyka w muzyce – temat dodatkowy<sup>D</sup></b>	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 ( <sup>D</sup> 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 piszczałce zamkniętej; opisuje, opracowuje i wyjaśnia wyniki doświadczeń (planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)		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; <sup>D</sup> podaje (i uzasadnia – wyprowadza) wzory na częstotliwość wytwarzanych fal			X	(X)

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	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)
<b>10.8. Efekt Dopplera</b>	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)
	<sup>D</sup> 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)
<b>10.9. Jak człowiek odbiera bodźce słuchowe</b>	opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali oraz między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i amplitudą fali	X			
	posługuje się pojęciem <i>natężenia dźwięku</i> wraz z jego jednostką – $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ oraz <sup>D</sup> pojęciem <i>poziomu natężenia dźwięku</i> wraz z jego jednostką – dB ( <sup>D</sup> podaje i stosuje w obliczeniach wzór na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku)		X	(X)	
	<sup>D</sup> 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)	

Zagadnienie	Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)* Uczeń:	Wymagania**			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	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		
	<sup>D</sup> rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziomie natężenia dźwięku			X	(X)
<b>Powtórzenie i sprawdzian</b> (powtórzenie wiedzy o falach mechanicznych; sprawdzian z fal mechanicznych)	<i>dokonyuje 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)</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)			