

6 Plan wynikowy (propozycja – 68 godzin*)

5 Ruch drgający (15 godzin)

*W tym godzinie przeznaczona na realizację tematów poza podstawy programowej.

**W nawiasie podano alternatywny temat lekcji (jeśli nazwa zagadnienia jest zbyt długa) bądź tematy lekcji realizowane w ramach tego zagadnienia.

R Treści poza podstawy programowej.

Zagadnienie (temat lekcji)**	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	wymienia i demonstruje przykłady ruchu drgającego (ruch ciężarka na sprężynie)	X			
	wymienia przykłady zjawisk okresowych	X			
	rejestruje ruch drgający ciężarka na sprężynie za pomocą kamery	X			
	sporządza wykres zależności położenia ciężarka od czasu	X			
	opisuje ruch ciężarka na sprężynie	X			
	opisuje drgania, posługując się pojęciami amplitudy drgań, okresu i częstotliwości; wskazuje położenie równowagi i odczytuje amplitudę oraz okres z wykresu $x(t)$ dla drgającego ciała; sporządza wykresy $x(t)$	X			
5.1.	posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej		X		
Badanie	interpoluje (i ocenia orientacyjnie) wartość pośrednią między danymi na podstawie tabeli i wykresu		X		
ruchu drgającego	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe i nieobliczeniowe związane z ruchem drgającym: rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku		X		
	rozwiązuje bardziej złożone, ale typowe zadania obliczeniowe i nieobliczeniowe związane z ruchem drgającym: rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku			X	
	rozwiązuje złożone, nietypowe zadania obliczeniowe i problemowe nieobliczeniowe (problemowe) związane z ruchem drgającym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem)				X
	opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciem siły; wyjaśnia, że siła powodująca ten ruch jest wprost proporcjonalna do wychylenia	X			
5.2.	analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznym); podaje przykłady takiego ruchu		X		
Drgania	planuje i wykonuje doświadczenie obrazujące zależność między drganiami harmonicznymi a ruchem rzutu punktu poruszającego się po okręgu				X
harmoniczne	wyjaśnia, co to jest faza ruchu drgającego		X		
(Położenie,	interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym		X		
prędkość	posługuje się właściwościami funkcji trygonometrycznych sinus i cosinus do opisu ruchu harmonicznego	X			
i przyspieszenie	wyprowadza wzory: $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ dla drgań harmonicznym				X
w ruchu	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe oraz problemowe związane z ruchem harmonicznym		X		
drgającym.	rozwiązuje zadania obliczeniowe oraz problemowe związane z ruchem harmonicznym			X	
Siła w ruchu	rozwiązuje zadania obliczeniowe oraz problemowe związane z ruchem harmonicznym			X	
drgającym)	rozwiązuje nietypowe zadania obliczeniowe oraz problemowe związane z ruchem harmonicznym				X

Zagadnienie (temat lekcji)**	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania				
		podstawowe		ponadpodstawowe		
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające	
5.3. Drgania sprężyn (Okres i częstotliwość drgań ciała na sprężynie. Wykresy opisujące ruch harmoniczny ciężarka na sprężynie) 5.4. Wahadło matematyczne (Wahadło matematyczne. Okres drgań wahadła matematycznego)	demonstruje drgania wahadła sprężynowego	X				
	doświadczalnie bada zależność okresu drgań wahadła sprężynowego od masy ciężarka i współczynnika sprężystości: wykonuje pomiary i zapisuje wyniki w tabeli, opisuje i analizuje wyniki pomiarów, formułuje wnioski samodzielnie wykonuje wykres zależności okresu drgań wahadła sprężynowego od masy ciężarka (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych), interpretuje wykres, wykazuje słuszność wzoru: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$			X		X
	oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie	X				
	wyprowadza wzór na okres i częstotliwość drgań wahadła sprężynowego			X		
	posługuje się modelem i równaniem oscylatora harmonicznego		X			
	stosuje równanie oscylatora harmonicznego do wyznaczania okresu drgań wahadła sprężynowego			X		
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z ruchem wahadła sprężynowego (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)		X			
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności związane z ruchem wahadła sprężynowego (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)				X	
	rozwiązuje nietypowe złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem wahadła sprężynowego (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)					X
	opisuje ruch wahadła matematycznego	X				
wyjaśnia, od czego zależy okres drgań wahadła matematycznego; wyjaśnia, dlaczego wzór na okres drgań tego wahadła stosujemy dla małych wychyleń		X				
oblicza okres drgań wahadła matematycznego		X				
wyznacza doświadczalnie przyspieszenie ziemskie za pomocą wahadła matematycznego: wykonuje pomiary i zapisuje wyniki w tabeli, opisuje i analizuje wyniki pomiarów, szacuje niepewności pomiarowe, oblicza wartość średnią przyspieszenia ziemskiego, oblicza niepewność względną, wskazuje wielkości, których pomiar ma decydujący wpływ na niepewność otrzymanej wartości przyspieszenia ziemskiego				X		
planuje i przeprowadza doświadczenie dotyczące wyznaczenia przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego, z pomocą nauczyciela lub korzystając z podręcznika; wybiera właściwe narzędzia pomiaru, mierzy czas, długość	X					
bada doświadczalnie zależność długości wahadła od kwadratu okresu drgań wahadła matematycznego: wykonuje pomiary okresu drgań wahadła dla różnych jego długości, sporządza tabelę z wynikami pomiarów, formułuje wniosek, wykonuje wykres zależności (T^2) (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych), dopasowuje prostą $y = ax$ do wykresu, interpretuje wykres				X		
rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z ruchem wahadła matematycznego (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)		X				
rozwiązuje typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) o obniżonym stopniu trudności związane z ruchem wahadła matematycznego	X					
rozwiązuje typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z ruchem wahadła matematycznego		X				
rozwiązuje bardziej złożone typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z ruchem wahadła matematycznego			X			
rozwiązuje złożone, nietypowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z ruchem wahadła matematycznego					X	

Zagadnienie (temat lekcji)**	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	
5.5. Energia w ruchu harmonicznym (Energia kinetyczna i energia potencjalna oscylatora harmonicznego. Zasada zachowania energii dla oscylatora)	analizuje przemiany energii w ruchu wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie	X			
	stosuje zasadę zachowania energii do opisu ruchu drgającego, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu	X			
	stosuje funkcje trygonometryczne $\sin^2\alpha$ i $\cos^2\alpha$ do zobrazowania zmian energii potencjalnej i kinetycznej		X	X	
	analizuje zasadę zachowania energii oscylatora harmonicznego		X		
	udowadnia spełnienie zasady zachowania energii mechanicznej, posługując się wzorami na energię potencjalną i kinetyczną oscylatora harmonicznego				X
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z zasadą zachowania energii (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)		X		
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności związane z zasadą zachowania energii (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)			X	
	rozwiązuje złożone, nietypowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z zasadą zachowania energii (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem)				X
	wyjaśnia, dlaczego drgania są zanikające, wskazuje przyczyny tłumienia drgań	X			
	demonstruje drgania tłumione	X			
5.6. Drgania tłumione i wymuszone. Rezonans (Oscylator z tłumieniem. Drgania wymuszone i zjawisko rezonansu. Amplituda oscylatora z siłą wymuszającą. Rezonans w naszym otoczeniu)	opisuje drgania wymuszone		X		
	wskazuje przykłady rezonansu mechanicznego, wyjaśnia jego znaczenie, np. w budownictwie	X			
	opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach		X		
	z pomocą nauczyciela rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z ruchem harmonicznym (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)	X			
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z ruchem harmonicznym (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)		X		
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności związane z ruchem harmonicznym (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe związane z ruchem harmonicznym (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)				X
					X

6 Fale mechaniczne (17 godzin)

Zagadnienie (temat lekcji)**	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	ponadpodstawowe dopełniające
	opisuje mechanizm przekazywania drgań z jednego punktu ośrodka do drugiego na przykładzie układu wahadeł połączonych sprężynami posługuje się pojęciami: amplitudy, okresu i częstotliwości, prędkości i długości fali do opisu fal harmoniczných; stosuje w obliczeniach związku między tymi wielkościami stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem i prędkością opisuje falę poprzeczną i falę podłużną wskazuje ośrodki, w których rozchodzą się fale mechaniczne	X			
6.1. Ruch falowy	opisuje mechanizm przenoszenia energii przez falę posługując się kalkulatorem, rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z zastosowaniem pojęć: amplitudy, okresu, częstotliwości, prędkości i długości fali rozwiązuje graficznie i liczbowo typowe zadania, stosując równanie fali rozwiązuje graficznie i liczbowo typowe zadania o podwyższonym stopniu trudności, stosując równanie fali rozwiązuje graficznie i liczbowo nietypowe zadania związane z codziennym życiem, stosuje równanie fali, interpretuje to równanie	X	X	X	X
	wygłasza referat na temat występowania fali tsunami w przyrodzie, omawia mechanizm jej powstawania				X
	podaje ogólny wzór na funkcję falową fali harmonicznej $y(x, t) = A \sin[\omega(t - \frac{x}{v}) + \varphi_0]$	X			X
6.2. Matematyczny opis fali	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe, posługując się kalkulatorem; stosując funkcję falową fali harmonicznej i posługując się pojęciami: amplitudy, okresu, częstotliwości, prędkości i długości fali rozwiązuje graficznie i liczbowo zadania, stosując równanie fali; interpretuje to równanie, obliczając amplitudę, okres, częstotliwość, prędkość i długość tej fali rozwiązuje graficznie i liczbowo różne zadania, w tym także związane z codziennym życiem, stosując równanie fali rozwiązuje graficznie i liczbowo trudne zadania, w tym także związane z codziennym życiem, stosując równanie fali	X	X	X	X
	wymienia wielkości fizyczne, od jakich zależą wysokość i głośność dźwięku	X			
	opisuje fale dźwiękowe		X		
	opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych		X		
	przeprowadza pomiary częstotliwości drgań struny dla różnych długości struny: sporządza tabelę z wynikami pomiarów, samodzielnie wykonuje poprawny wykres (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych)				X
6.3. Fale dźwiękowe	podaje wzór na funkcję falową dla dźwięków rozwiązuje proste zadania obliczeniowe dotyczące fal dźwiękowych (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku) rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe dotyczące fal dźwiękowych (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku) rozwiązuje nietypowe zadania obliczeniowe dotyczące fal dźwiękowych (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)		X	X	X

Zagadnienie (temat lekcji)**	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	
	podaje prawo odbicia fali mechanicznej	X			
	opisuje załamanie fali na granicy ośrodków, podaje prawo załamania fali		X		
	rozwiązuje zadania konstrukcyjne i obliczeniowe z wykorzystaniem prawa odbicia i prawa załamania fali			X	
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe, stosując prawo odbicia i prawo załamania fali (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)	X			
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe, stosując prawo odbicia i prawo załamania fali (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)		X		
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności, stosując prawo odbicia i prawo załamania fali (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z prawami odbicia i załamania fali (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)				X
	demonstruje fale (także graficznie): kolistą, płaską i kulistą	X			
	rozróżnia pojęcia: grzbiet fali, dolina fali i promień fali	X			
	opisuje zjawiska odbicia i załamania fali mechanicznej	X			
	wyjaśnia przyczyny załamania fal		X		
	wyjaśnia, na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia		X		
	wyjaśnia, na czym polega superpozycja fal	X			
	ilustruje graficznie zasadę superpozycji fal	X			
	wyjaśnia mechanizm powstawania fali stojącej	X			
	opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwnie		X		
	wskazuje w modelu fali stojącej węzły jako miejsca, w których amplituda fali wynosi zero i strzałki jako miejsca, w których amplituda fali jest największa	X			
	podaje odległości między sąsiednimi węzłami i strzałkami fali stojącej jako wielokrotności długości fali	X			
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z superpozycją fal		X		
	rozwiązuje zadania obliczeniowe i graficzne o średnim poziomie trudności związane z superpozycją fal (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i graficzne związane z superpozycją fal (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)				X
6.4. Rozchodzenie się fal mechanicznych, odbicie i załamanie fali (Fala kolistą i fala płaska. Zjawisko odbicia i załamania fali)					
6.5. Superpozycja fal. Fale stojące					

Zagadnienie (temat lekcji)**	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
6.6. Dźwięki proste i złożone	demonstruje dźwięk prosty za pomocą kamertonu	X			
	przedstawia graficznie dźwięk prosty, wskazuje jego częstotliwość i amplitudę	X			
	opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych	X			
	rozróżnia dźwięki proste i złożone	X			
	wyznacza doświadczalnie prędkości dźwięku w powietrzu, sporządza tabelę pomiarów, a na jej podstawie rysuje wykres, znajduje prostą najlepszego dopasowania i wyznacza jej współczynnik kierunkowy, który odpowiada prędkości dźwięku w powietrzu		X		
	posługuje się programami komputerowymi przeznaczonymi m.in. do uzyskiwania charakterystyki dźwięku	X			
	planuje doświadczenie związane z pomiarem prędkości dźwięku, sporządza tabelę z wynikami pomiarów, analizuje błędy pomiarów, wyznacza błędy: względny i bezwzględny				X
	oblicza wartość średnią prędkości dźwięku		X		
	dopasowuje prostą do wyników pomiaru i odczytuje jej współczynnik kierunkowy, sprawdza za pomocą prostych przekształceń algebraicznych, czy wyraża on prędkość dźwięku w powietrzu				X
	wskazuje wielkości, których pomiar ma decydujący wpływ na wynik pomiaru prędkości dźwięku		X		
	przeprowadza pomiary częstotliwości drgań struny dla różnych jej długości, sporządza tabelę wyników pomiaru, samodzielnie wykonuje poprawny wykres (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych)		X		
	rozwiązuje zadania obliczeniowe i graficzne związane z mechanizmem wytwarzania dźwięków przez różne instrumenty muzyczne (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i graficzne związane z mechanizmem wytwarzania dźwięków przez różne instrumenty muzyczne (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)				X
6.7. Interferencja i dyfrakcja fal	opisuje zjawisko interferencji na dowolnie wybranym przykładzie fali		X		
	opisuje interferencję konstruktywną i destruktywną		X		
	wyjaśnia, co to są fale spójne		X		
	uzasadnia warunek spójności interferujących fal				X
	opisuje warunek wzmocnienia fali za pomocą kąta		X		
	podaje zasadę Huygensa		X		
	wyjaśnia mechanizm ugięcia fali, opierając się na zasadzie Huygensa			X	
	opisuje interferencję fal na dwóch szczelinach			X	
	wyjaśnia geometrycznie interferencję fal na dwóch szczelinach			X	
	^R wyprowadza wzór na wzmocnienie interferencyjne i wygaszenie interferencyjne				X
	odróżnia zjawisko dyfrakcji od zjawiska interferencji	X			
	wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego		X		
	ilustruje graficznie zasadę superpozycji fal				X

Zagadnienie (temat lekcji)**	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania				
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopełniające	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające		
6.8. Efekt Dopplera (Źródło poruszające się poruszający obserwator. ^R Poruszający się obserwator i nieruchome źródło. Fala uderzeniowa)	opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora		X			
	^R opisuje efekt Dopplera w przypadku ruchu obserwatora i źródła			X		
	wskazuje przykłady zastosowania zjawiska Dopplera, np. w medycynie		X			
	rozwiązuje zadania rachunkowe związane ze zjawiskiem Dopplera (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)			X		
	rozwiązuje złożone zadania rachunkowe i problemowe związane ze zjawiskiem Dopplera (przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem)				X	
	^R wyjaśnia, od czego zależy natężenie fali dźwiękowej			X		
	^R wyjaśnia, dlaczego poziom natężenia dźwięku określa się za pomocą skali logarytmicznej				X	
	^R wskazuje przykłady zastosowania skali logarytmicznej w różnych dziedzinach wiedzy			X		
	^R odczytuje poziom natężenia dźwięku szkodliwy dla człowieka i zagrażający uszkodzeniem słuchu			X		
	^R stosuje w obliczeniach wzory na natężenie i poziom natężenia dźwięku			X		
6.9. Jak człowiek ocenia natężenie bodźców słuchowych (Skala logarytmiczna, próg słyszalności, skala muzyczna)	^R rozwiązuje proste zadania obliczeniowe, stosując wzory na natężenie i poziom natężenia dźwięku (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawidłowość otrzymanego wyniku)			X		
	^R rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe, stosując wzory na natężenie i poziom natężenia dźwięku (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawidłowość otrzymanego wyniku)				X	
	^R rozwiązuje proste zadania obliczeniowe i problemowe, stosując wzory na natężenie i poziom natężenia dźwięku (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawidłowość otrzymanego wyniku)			X		
	^R rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe, stosując wzory na natężenie i poziom natężenia dźwięku (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawidłowość otrzymanego wyniku)				X	
	^R rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe, stosując wzory na natężenie i poziom natężenia dźwięku (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawidłowość otrzymanego wyniku)				X	
	^R rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe, stosując wzory na natężenie i poziom natężenia dźwięku (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawidłowość otrzymanego wyniku)				X	

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopelniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopelniające
	rozwiązuje złożone (wymagające zastosowania kilku wzorów lub zależności), ale typowe zadania obliczeniowe dotyczące przepływu energii: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku			X	
	rozwiązuje złożone, nietypowe zadania obliczeniowe i problemowe o podwyższonym stopniu trudności dotyczące przepływu energii: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku				X
	wyjaśnia mechanizm przemian fazowych z mikroskopowego punktu widzenia (uwzględniając pojęcie cząsteczki)		X		
	wyjaśnia zależność temperatury wrzenia cieczy od ciśnienia atmosferycznego		X		
	odróżnia wrzenie od parowania powierzchniowego; analizuje wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy		X		
	wykorzystuje pojęcia ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej do rozwiązywania zadań		X		
7.3. Przemiany fazowe (Mechanizm przemian fazowych z mikroskopowego punktu widzenia. Odróżnianie wrzenia od parowania powierzchniowego. Ciepło przemiany fazowej)	rozwiązuje z pomocą nauczyciela typowe zadania obliczeniowe związane z bilansem cieplnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje rząd wielkości spodziewanego wyniku, a na tej podstawie ocenia wartości obliczanych wielkości fizycznych, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem		X		
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z bilansem cieplnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje rząd wielkości spodziewanego wyniku, a na tej podstawie ocenia wartości obliczanych wielkości fizycznych, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem		X		
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności związane z bilansem cieplnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje rząd wielkości spodziewanego wyniku, a na tej podstawie ocenia wartości obliczanych wielkości fizycznych, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z bilansem cieplnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje rząd wielkości spodziewanego wyniku, a na tej podstawie ocenia wartości obliczanych wielkości fizycznych, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem				X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła	X			
	analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii		X		
	planuje doświadczenie dotyczące wyznaczenia ciepła topnienia lodu, opisuje i analizuje wyniki doświadczenia, posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej		X		
	stosuje poznane wzory do rozwiązywania prostych zadań rachunkowych		X		
	rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z bilansem cieplnym: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku		X		
7.4. Pierwsza zasada termodynamiki	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe i problemowe o podwyższonym stopniu trudności związane z bilansem cieplnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje rząd wielkości spodziewanego wyniku, a na tej podstawie ocenia wartości obliczanych wielkości fizycznych, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem			X	
	rozwiązuje złożone nietypowe zadania obliczeniowe związane z bilansem cieplnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje rząd wielkości spodziewanego wyniku, a na tej podstawie ocenia wartości obliczanych wielkości fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, opisuje przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną				X
	Opisuje efekt cieplarniany	X			
	Opisuje wpływ konwekcji na klimat na Ziemi		X		
7.5. Zjawiska ciepłe w przyrodzie	Romawia przykłady zjawisk cieplnych w przyrodzie ożywionej	X			
	R ₁ wykonuje eksperyment obrazujący zjawiska fizyczne dotyczące ciepła (np. efekt cieplarniany)			X	
	R ₂ interpretuje artykuł dotyczący zjawisk cieplnych występujących w przyrodzie w postaci pisemnej lub ustnej; wykonuje model danego zjawiska (lub plakat), stosując dowolną technikę				X
	z pomocą nauczyciela (lub korzystając z podręcznika) planuje doświadczenia dotyczące przemian gazu, opisuje i analizuje wyniki doświadczenia, sporządza i analizuje wykresy	X			
	korzystając z podręcznika, wykonuje doświadczenia dotyczące przemian gazu, opisuje i analizuje wyniki, sporządza i analizuje wykresy		X		
7.6. Badanie przemian gazu (Mol i liczba Avogadra. Przemiany: izotermiczna, izobaryczna i izochoryczna)	planuje samodzielnie doświadczenia dotyczące przemian gazu, proponuje sposoby przedstawienia i analizy wyników			X	
	samodzielnie planuje i wykonuje doświadczenia dotyczące przemian gazu, doбира przyrządy, ocenia metodę pomiaru, proponuje sposoby jej udoskonalenia, projektuje, opisuje i analizuje wyniki, sporządza i analizuje wykresy				X
	planuje doświadczenie dotyczące przemian gazu, opisuje i analizuje wyniki, sporządza i analizuje wykresy		X		
	interpretuje wykresy ilustrujące przemiany: izochoryczną, izobaryczną i izochoryczną		X		

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania				
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopełniające	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	podstawowe	dopełniające
	<p>wyjaśnia założenia gazu doskonałego; stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu</p> <p>wyprowadza równanie stanu gazu doskonałego</p> <p>posługuje się pojęciem ciśnienia jako makroskopowej wielkości fizycznej</p> <p>wyjaśnia znaczenie pojęcia ciśnienia w ujęciu mikroskopowym, obrazuje graficznie ciśnienie w ujęciu mikroskopowym</p> <p>interpretuje równanie stanu gazu doskonałego</p>		X			
7.7. Model gazu doskonałego	<p>rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z równaniem Clapeyrona: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku</p> <p>rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z równaniem Clapeyrona: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku</p> <p>rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności związane z równaniem Clapeyrona: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku</p> <p>rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z równaniem Clapeyrona: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku</p>	X	X		X	
	<p>analizuje wykresy przemian gazu w kontekście zależności wynikających z równania Clapeyrona</p> <p>omawia trójwymiarowy wykres równania Clapeyrona</p> <p>interpretuje wykresy przemian gazowych w układzie (V, p)</p>		X			
7.8. Przemiany gazu doskonałego	<p>omawia przebieg przemiany adiabatycznej oraz interpretuje wykres tej przemiany w układzie (V, p)</p> <p>rozwiązuje proste zadania obliczeniowe dotyczące przemian gazowych: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku</p> <p>rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe dotyczące przemian gazowych: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku</p> <p>rozwiązuje nietypowe zadania obliczeniowe dotyczące przemian gazowych: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku</p>		X		X	X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	<p>R₁ przedstawia ogólną zasadę działania silnika cieplnego</p> <p>R₂ rozwiązuje zadania dotyczące cykli termodynamicznych, analizuje i opisuje przedstawione cykle termodynamiczne</p> <p>R₃ oblicza sprawność silników cieplnych, opierając się na wymienianym cieple i wykonanej pracy</p> <p>R₄ podaje wzór na sprawność silnika termodynamicznego, wykorzystuje go w zadaniach</p> <p>R₅ opisuje i analizuje przemiany energii w silnikach cieplnych</p> <p>R₆ posługuje się pojęciem sprawności silnika cieplnego</p> <p>R₇ samodzielnie wyjaśnia zasadę działania lodówki, korzystając z infografiki</p> <p>R₈ omawia zasadę działania pompy ciepła na przykładzie lodówki</p>			X	X
7.11. Silniki cieplne					
	<p>R₉ wymienia inne zastosowania pomp ciepła (instalacja przydomowa w domach jednorodzinnych, klimatyzator)</p> <p>R₁₀ rozwiązuje proste zadania obliczeniowe dotyczące przemian gazowych (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p> <p>R₁₁ rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe dotyczące przemian gazowych (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p> <p>R₁₂ rozwiązuje nietypowe zadania obliczeniowe dotyczące przemian gazowych (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p> <p>R₁₃ oblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego</p>				X
7.12. Pompy ciepła					
	<p>R₁₄ opisuje działanie silników spalinowych (czterosuwowych lub dwusuwowych), benzynowego i Diesla</p> <p>R₁₅ wyjaśnia i opisuje cykl Otta jako przykład pracy silnika cieplnego</p> <p>R₁₆ podaje wzór na sprawność silnika termodynamicznego i stosuje go do rozwiązywania zadań</p> <p>R₁₇ rozwiązuje zadania dotyczące cykli termodynamicznych: analizuje wykres ilustrujący cykl, oblicza sprawność silników cieplnych na podstawie wymienionego ciepła i wykonanej pracy</p> <p>R₁₈ porównuje cykle pracy silników cieplnych</p> <p>R₁₉ interpretuje drugą zasadę termodynamiki</p> <p>R₂₀ podaje różne sformułowania drugiej zasady termodynamiki, uzasadnia ich równoważność</p> <p>R₂₁ wyjaśnia na przykładach statystyczny charakter drugiej zasady termodynamiki</p> <p>R₂₂ rozwiązuje zadania związane z drugą zasadą termodynamiki</p> <p>R₂₃ wskazuje kierunki procesów zachodzących w przyrodzie</p> <p>R₂₄ wskazuje przykłady procesów nieodwracalnych</p>	X			X
7.13. Silniki spalinowe (Silnik benzynowy i jego uproszczony model. Silnik Diesla. Cykl Otta)					
	<p>R₂₅ interpretuje drugą zasadę termodynamiki</p> <p>R₂₆ podaje różne sformułowania drugiej zasady termodynamiki, uzasadnia ich równoważność</p> <p>R₂₇ wyjaśnia na przykładach statystyczny charakter drugiej zasady termodynamiki</p> <p>R₂₈ rozwiązuje zadania związane z drugą zasadą termodynamiki</p> <p>R₂₉ wskazuje kierunki procesów zachodzących w przyrodzie</p> <p>R₃₀ wskazuje przykłady procesów nieodwracalnych</p>				X
7.14. Druga zasada termodynamiki (Statystyczne znaczenie drugiej zasady termodynamiki. Podstawy fizyki statystycznej)					

8 Grawitacja (15 godzin)

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
interpretuje zależności między wielkościami w prawie powszechnego ciążenia dla mas punktowych		X			
\vec{r} przedstawia wektorowy zapis prawa grawitacji				X	
zasadnia uniwersalność prawa powszechnego ciążenia		X			
wyjaśnia, jak wyznaczono stałą grawitacyjną G			X		
rozdziela pojęcia siły grawitacji i ciężaru		X			
wyznacza masę Ziemi, znając wartości okresu obiegu i promienia		X			
wyprowadza wzór na przyspieszenie grawitacyjne dla różnych planet i Ziemi			X		
wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi		X			
rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z prawem powszechnego ciążenia (z pomocą nauczyciela): rozdziela wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku		X			
rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z prawem powszechnego ciążenia: rozdziela wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku			X		
rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności związane z prawem powszechnego ciążenia: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku				X	
rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe związane z prawem powszechnego ciążenia: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku					X
wyjaśnia, co wpływa na ciężar ciała na obracającej się planecie			X		

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	dopełniające
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	
	<p>podaje treść pierwszego i drugiego prawa Keplera</p> <p>interpretuje drugie prawo Keplera, posługując się schematami</p> <p>oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi</p> <p>wyprowadza wzór na pierwszą prędkość kosmiczną</p> <p>oblicza prędkość satelity poruszającego się po kołowej orbicie wokół planety albo prędkość planety obiegającej gwiazdę</p>	X	X		
8.2. Pierwsze i drugie prawo Keplera (Pierwsza prędkość kosmiczna)	<p>oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie obserwacji ruchu jego satelity</p> <p>rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z ruchem planet i prawami Keplera z pomocą nauczyciela, posługując się kalkulatorem (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p> <p>rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z ruchem planet i prawami Keplera, posługując się kalkulatorem (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p> <p>rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe związane z ruchem planet i prawami Keplera, posługując się kalkulatorem (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p> <p>wskazuje położenie Słońca i planet na orbicie o kształcie elipsy</p> <p>podaje trzecie prawo Keplera; przedstawia związek odkryć Mikołaja Kopernika z osiągnięciami Jana Keplera</p> <p>wyprowadza wzór opisujący trzecie prawo Keplera</p> <p>oblicza okresy obiegu planet i wielkie półosie orbit, wykorzystując trzecie prawo Keplera dla orbit kołowych</p> <p>rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe związane z ruchem planet i prawami Keplera, posługując się kalkulatorem (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p> <p>rozwiązuje proste zadania problemowe związane z ruchem planet i prawami Keplera</p> <p>rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe związane z ruchem planet i prawami Keplera, posługując się kalkulatorem (szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku)</p>	X	X	X	X
8.3. Trzecie prawo Keplera			X		X

Zagadnienie (temat lekcji)*	Cele operacyjne Uczeń:	Wymagania			
		podstawowe		ponadpodstawowe	
		konieczne	podstawowe	rozszerzające	dopełniające
	rysuje linie pola grawitacyjnego, odróżnia pole jednorodne od pola centralnego	X			
	interpretuje graficznie pojęcie pola grawitacyjnego	X			
	wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem		X		
8.4. Pole grawitacyjne (Nateżenie pola grawitacyjnego. Pole grawitacyjne centralne i pole grawitacyjne jednorodne)	charakteryzując pole centralne i pole jednorodne, posługuje się pojęciami nateżenia pola grawitacyjnego i linii pola grawitacyjnego		X		
	oblicza wartość i kierunek nateżenia pola grawitacyjnego na zewnątrz kuli (ciała sferycznie symetrycznego)		X	X	
	sporządza wykres zależności nateżenia pola od odległości od środka ciała sferycznie symetrycznego (kuli)		X		
	wyjaśnia znaczenie pojęć przyspieszenia grawitacyjnego i nateżenia pola grawitacyjnego		X		
	interpretuje obraz linii pola grawitacyjnego dla kilku kulistych ciał		X	X	
	stosuje zasadę superpozycji pola grawitacyjnego		X		
	wyprowadza wzór na pracę w centralnym polu grawitacyjnym		X		X
	oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej		X		
	posługuje się pojęciem energii potencjalnej grawitacji	X			
8.5. Energia potencjalna w polu grawitacyjnym (Praca w polu grawitacyjnym centralnym. Druga prędkość kosmiczna. ^R Trzecia prędkość kosmiczna)	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe dotyczące pracy w polu grawitacyjnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2-3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku		X		
	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o podwyższonym stopniu trudności dotyczące pracy w polu grawitacyjnym: rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2-3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku			X	
	oblicza całkowitą energię ciała na orbicie stacjonarnej.			X	
	rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z wyznaczeniem energii potencjalnej ciała w polu grawitacyjnym, posługując się kalkulatorem: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku				X
	stosuje pojęcie drugiej prędkości kosmicznej, oblicza wartość drugiej prędkości kosmicznej dla różnych ciał niebieskich	X			
	wyjaśnia przyczynę powstawania sił pływowych pochodzących od Księżyca i od Słońca		X		
	rozwiązuje nietypowe zadania obliczeniowe dotyczące sił pływowych: rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2-3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku			X	
8.6. Siły pływowe	rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe dotyczące sił pływowych: rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2-3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku		X		
	rozwiązuje nietypowe złożone zadania obliczeniowe związane m.in. z wyznaczeniem wartości siły pływowej: szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje prawdopodobieństwo otrzymanego wyniku				X