**FIZYKA KLASA 2 (zakres rozszerzony)**

**Wymagania programowe na poszczególne oceny przygotowane na podstawie treści zawartych w podstawie programowej (załącznik nr 1 do rozporządzenia, Dz.U. 2024 r, poz. 1019), programie nauczania oraz w części 1. podręcznika dla liceum i technikum  *Zrozumieć fizykę,* zakres rozszerzony**

| **Ocena** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** | **Stopień celujący** |
| **7. Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych** | | | |  |
| **Uczeń:**   * posługuje się pojęciem *ciśnienia* wraz z jednostką oraz prawem Pascala; rozróżnia parcie i ciśnienie, stosuje w obliczeniach związek między parciem a ciśnieniem * posługuje się pojęciem *gęstości* wraz z jej jednostką; stosuje w obliczeniach związek gęstości z masą i objętością * posługuje się pojęciami *ciśnienia hydrostatycznego* i *ciśnienia atmosferycznego* * posługuje się pojęciem *siły wyporu* oraz prawem Archimedesa dla cieczy i gazów * posługuje się pojęciami: *energia kinetyczna*, *temperatura*, *energia wewnętrzna*, *zero bezwzględne* * posługuje się skalami temperatury Kelvina i Celsjusza oraz zależnością między nimi * rozróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy; wyjaśnia, kiedy ciała znajdują się w stanie równowagi termodynamicznej * posługuje się pojęciem *ciepła właściwego* wraz z jego jednostką * rozróżnia i opisuje formy przekazywania energii w postaci ciepła: przewodnictwo cieplne i konwekcję * analizuje zjawiska topnienia, krzepnięcia, wrzenia, skraplania, sublimacji i resublimacji jako procesy, w których dostarczanie energii w postaci ciepła nie powoduje zmiany temperatury * posługuje się pojęciami: *ciepło* *właściwe*, *ciepło przemiany fazowej*, *bilans cieplny*; wyjaśnia, co nazywamy bilansem cieplnym, i wskazuje jego zastosowania * wyodrębnia z tabel wartości ciepła właściwego i ciepła przemiany fazowej różnych substancji i porównuje je, wykorzystuje pojęcia *ciepła właściwego* i *ciepła przemiany fazowej* w jakościowej analizie bilansu cieplnego, wykonuje obliczenia szacunkowe * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:   + związane z przenoszeniem ciśnienia   + obserwuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych   + demonstruje zależność ciśnienia hydrostatycznego od wysokości słupa cieczy   + **demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej**   + bada rozszerzalność cieplną cieczy (wody) i gazu (powietrza)   + **demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych**;   formułuje wnioski   * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + związane z pojęciem ciśnienia oraz prostymi urządzeniami hydraulicznymi   + związane z ciśnieniem hydrostatycznym i atmosferycznym   + związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesa   + wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą   + związane z pojęciami *ciepła właściwego*   + związane z przemianami fazowymi   + związane z bilansem cieplnym   + związane z rozszerzalnością cieplną   + związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń:**   * stosuje pojęcie *ciśnienia* do wyjaśniania zjawisk, wyjaśnia zjawiska za pomocą prawa Pascala * podaje przykłady praktycznych zastosowań prawa Pascala * stosuje w obliczeniach związek między ciśnieniem hydrostatycznym a wysokością słupa cieczy i jej gęstością * podaje prawo naczyń połączonych i analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych * stosuje pojęcia *ciśnienia hydrostatycznego* i *ciśnienia atmosferycznego* do wyjaśniania zjawisk * stosuje w obliczeniach prawo Archimedesa * analizuje siły działające na ciało całkowicie i częściowo zanurzone w cieczy, opisuje warunki pływania ciał * przedstawia podstawy kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii, posługuje się założeniami tej teorii * wyjaśnia, od czego zależy energia wewnętrzna i jaki ma ona związek z temperaturą; wskazuje różnice między tymi pojęciami * wykorzystuje pojęcie *ciepła właściwego* w analizie bilansu cieplnego * opisuje przekazywanie energii w postaci ciepła przez promieniowanie * opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej; szkicuje i objaśnia wykres *T*(*Q*) dla wody w trzech stanach skupienia * posługuje się pojęciami *ciepła parowania* i *ciepła topnienia* wraz z ich jednostką, wykorzystuje te pojęcia w analizie bilansu cieplnego * odróżnia parowanie powierzchniowe od wrzenia * wykorzystuje pojęcia *ciepła właściwego* oraz *ciepła przemiany fazowej* w analizie bilansu cieplnego * opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy, wskazuje jego przykłady w otaczającej rzeczywistości * omawia na przykładach znaczenie praktyczne rozszerzalności cieplnej ciał stałych; opisuje i wyjaśnia nietypową rozszerzalność cieplną wody i jej znaczenie dla życia na Ziemi * wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi; wyjaśnia znaczenie wartości ciepła właściwego i ciepła parowania wody * podaje i omawia przykłady zjawisk cieplnych w przyrodzie ożywionej i nieożywionej * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * bada, od czego zależy, a od czego nie zależy energia potencjalna ciała, korzystając z opisu doświadczenia * **bada proces wyrównywania temperatury ciał**, wyznacza ciepło właściwe cieczy, sporządza i interpretuje wykresy *T*(*t*) * **bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym**;   przedstawia, analizuje i opracowuje wyniki, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * związane z pojęciem *ciśnienia* oraz urządzeniami hydraulicznymi * związane z ciśnieniem hydrostatycznym i atmosferycznym * związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimedesa * wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą * związane z pojęciami *ciepła właściwego* * związane z przemianami fazowymi * związane z bilansem cieplnym * związane z rozszerzalnością cieplną * związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie,   w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, sporządza i interpretuje wykresy   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności: * ciśnienia * siły wyporu * przemian fazowych * dokonuje syntezy wiedzy z hydrostatyki i wiadomości o zjawiskach cieplnych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * opisuje zasadę działania wybranych urządzeń hydraulicznych * doświadczalnie wyznacza ciśnienie atmosferyczne * wyprowadza wzór na ciśnienie hydrostatyczne; opisuje i wyjaśnia paradoks hydrostatyczny * wyjaśnia, od czego i jak zależy ciśnienie atmosferyczne; porównuje zmiany ciśnienia w słupie cieczy i słupie powietrza, wyjaśnia różnicę * uzasadnia (wyprowadza) wzór na siłę wyporu * Dwyjaśnia, od czego zależy stabilność łodzi * opisuje związek między temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek, stosuje go w obliczeniach * Dwyjaśnia, na czym polegało odkrycie Smoluchowskiego i Einsteina * doświadczalnie wyznacza ciepło parowania wody, analizuje i opracowuje wyniki, Ddemonstruje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego * opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych; wyjaśnia mechanizm przemian fazowych z mikroskopowego punktu widzenia * Dopisuje i wyjaśnia zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego; podaje przykłady skutków i wykorzystania tej zależności * Dwyjaśnia przyczynę rozszerzalności cieplnej, odwołując się do cząsteczkowej budowy materii (budowy mikroskopowej ciał stałych, cieczy i gazów) * opisuje wpływ konwekcji na klimat Ziemi, porównuje obieg powietrza wynikający z konwekcji, gdyby Ziemia się nie obracała, i na obracającej się Ziemi, uwzględniając siłę Coriolisa; opisuje wykorzystywanie promieniowania cieplnego przez organizmy żywe * planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji): * związanych z przenoszeniem ciśnienia * dotyczących **badania procesu wyrównywania temperatury ciał i posługiwania się bilansem cieplnym** * dotyczących badania rozszerzalności cieplnej cieczy i gazu oraz **demonstracji rozszerzalności cieplnej wybranych ciał stałych** * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * związane z pojęciem *ciśnienia* oraz urządzeniami hydraulicznymi * związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym * związane z siłą wyporu, z wykorzystaniem prawa Archimedesa * wykorzystując związek między energią kinetyczną a temperaturą * związane z pojęciami *ciepła właściwego* * związane z przemianami fazowymi * związane z bilansem cieplnym * związane z rozszerzalnością cieplną * związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie * realizuje i prezentuje projekt *Fontanna Herona* opisany w podręczniku * samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów | **Uczeń:**   * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: * związane z pojęciem *ciśnienia* oraz urządzeniami hydraulicznymi * związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym * związane z siłą wyporu, z wykorzystaniem prawa Archimedesa * z wykorzystaniem związku między energią kinetyczną a temperaturą * związane z pojęciem *ciepła właściwego* * związane z przemianami fazowymi * związane z bilansem cieplnym * związane z rozszerzalnością cieplną * związane ze zjawiskami cieplnymi w przyrodzie * projektuje, wykonuje i demonstruje działający model fontanny Herona; formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * realizuje i prezentuje własny projekt związany z treścią rozdziału *Hydrostatyka i wstęp do zjawisk cieplnych* |
| **8. Termodynamika** | | | | |
| **Uczeń:**   * podaje wielkości opisujące gaz oraz przyczynę wytwarzania ciśnienia przez gaz; posługuje się pojęciami: *mol*, *stała Avogadra*, *przemiany gazu* * opisuje model gazu doskonałego; posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego * podaje pierwszą zasadę termodynamiki i analizuje ją jako zasadę zachowania energii * posługuje się pojęciem *energii wewnętrznej*; przedstawia związek między temperaturą a średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego * informuje, że wartość bezwzględna pracy wykonanej przez gaz w każdej przemianie gazowej jest liczbowo równa polu pod wykresem przemiany w układzie (*V*, *p*) * podaje definicję silnika cieplnego, omawia jego schemat, rozróżnia grzejnik i chłodnicę, podaje przykłady wykorzystania silników cieplnych * podaje przykłady wykorzystywania pomp cieplnych * określa kierunek przekazu energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach; rozróżnia zjawiska odwracalne i nieodwracalne , podaje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości * wykonuje doświadczenie, korzystając z jego opisu – sprawdza temperaturę różnych elementów tylnej części lodówki, wyjaśnia wynik swoich obserwacji i formułuje wniosek * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + dotyczące przemian gazu   + dotyczące przemian gazu doskonałego   + związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej   + związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych   + związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych   + dotyczące pomp cieplnych,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń:**   * rozróżnia przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną; wskazuje przykłady przemian gazu w otaczającej rzeczywistości * stosuje pierwszą zasadę termodynamiki w analizie przemian gazowych; omawia zależności opisujące przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną, stosuje je w obliczeniach; opisuje zjawisko rozszerzalności objętościowej gazów * identyfikuje, interpretuje i analizuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej * podaje oraz objaśnia i interpretuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona); posługuje się pojęciem *stałej gazowej*, podaje jej wartość wraz z jednostką * stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu i wyjaśniania zjawisk fizycznych oraz w obliczeniach * stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych, zapisuje ją, uwzględniając w szczególnych przypadkach znaki ciepła i pracy (*Q* i *W*), zgodnie z przyjętą konwencją posługuje się pojęciem *ciepła molowego gazu* wraz z jednostką; rozróżnia ciepło molowe przy stałym ciśnieniu i ciepło molowe w stałej objętości, uzasadnia, że dla danego gazu *Cp* > *CV* * oblicza zmiany energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej * oblicza pracę jako pole pod wykresem *p*(*V*) przedstawiającym przemianę izobaryczną; wykazuje, że w przemianie izochorycznej praca jest równa zero * oblicza ciepło pobrane i ciepło oddane przez gaz na podstawie wykresu przemiany tego gazu i pierwszej zasady termodynamiki * analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach cieplnych * wyjaśnia na wybranym przykładzie, co to jest cykl termodynamiczny * posługuje się pojęciem *sprawności silnika cieplnego*, oblicza i porównuje sprawność silników cieplnych, krytycznie ocenia obliczoną sprawność i wskazuje przyczyny strat energii * wyjaśnia na przykładzie lodówki, że pompa cieplna działa odwrotnie niż silnik cieplny; opisuje schemat pompy cieplnej * opisuje i analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w pompach cieplnych * Dpodaje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy; Doblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego * podaje drugą zasadę termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych * interpretuje drugą zasadę termodynamiki * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów – bada przemiany izotermiczną i izobaryczną, przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki, sporządza oraz interpretuje wykresy odpowiednio *p*(*V*) i *V*(*T*), formułuje wnioski * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * dotyczące przemian gazu * dotyczące przemian gazu doskonałego * związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej * związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych * związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych * dotyczące pomp cieplnych * Ddotyczące silników spalinowych; analizuje wykresy cykli pracy silników spalinowych w układzie (*V*, *p*), a na tej podstawie wyznacza ciepło pobrane, ciepło oddane, wykonaną pracę i sprawność cyklu * związane z drugą zasadą termodynamiki,   w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, analizuje i interpretuje wykresy   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności silników cieplnych * analizuje tekst *Fizyka nie tylko na lekcjach*, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązywania zadań * dokonuje syntezy wiedzy z termodynamiki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * porównuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej, dla różnych parametrów – stałych w danej przemianie * wyprowadza równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) * porównuje przemiany izotermiczną i adiabatyczną na wybranych przykładach i wykresach zależności *p*(*V*) * analizuje i opisuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej, w układzie (*V*, *p*), przedstawia te przemiany na wykresach zależności *p*(*V*), *p*(*T*) i *V*(*T*) * wykazuje (wyprowadza) i interpretuje oraz stosuje w obliczeniach związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego; podaje związek między *CV* a stałą *R* dla gazów jedno- i dwuatomowych * uzasadnia, że dla przemiany izobarycznej zachodzi zależność * wyjaśnia możliwość wyznaczenia pracy w przemianach izotermicznej i adiabatycznej metodą graficzną * interpretuje wykresy przemian gazowych z uwzględnieniem kolejności przemian; wykazuje, że praca zależy, a zmiana energii wewnętrznej nie zależy od kolejności przemian * wykazuje, że w cyklu termodynamicznym uzyskana praca jest równa polu wewnątrz figury ograniczonej przez wykresy przemian *p*(*V*); analizuje przedstawione cykle termodynamiczne * wyjaśnia zasadę działania wybranych pomp cieplnych, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu * Dposługuje się pojęciem *współczynnika efektywności pompy cieplnej* * Danalizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego, formułuje i uzasadnia wnioski * Dopisuje działanie silników spalinowych: czterosuwowego benzynowego oraz Diesla, wskazuje skutki ich użytkowania dla środowiska; wyjaśnia i porównuje wykresy cyklu Otta i cyklu Diesla * uzasadnia równoważność sformułowania drugiej zasady termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych * wykazuje statystyczny charakter drugiej zasady termodynamiki, odwołując się do modelu rozprężania gazu * planuje i modyfikuje przebieg badania przemian gazu, izotermicznej i izobarycznej * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona * dotyczące przemian gazu doskonałego * związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej * związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych * związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych * dotyczące pomp cieplnych * Ddotyczące silników spalinowych * związane z drugą zasadą termodynamiki   oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności   * samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Termodynamika*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów | **Uczeń:**   * wyjaśnia i analizuje trójwymiarowy wykres równania Clapeyrona i jego przekroje: izotermę, izobarę i izochorę * rozróżnia i oblicza współczynniki efektywności pompy cieplnej w przypadku chłodzenia i w przypadku ogrzewania za pomocą pompy cieplnej * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: * dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona * dotyczące przemian gazu doskonałego * związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej * związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych oraz Dwyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej * związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych * dotyczące pomp cieplnych * Ddotyczące silników spalinowych * związane z drugą zasadą termodynamiki   oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności   * realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Termodynamika* | **Uczeń:**   * realizuje i prezentuje własny projekt |
| **9. Ruch drgający** | | | | |
| **Uczeń:**   * posługuje się pojęciami: *amplitudy*, *okresu* i *częstotliwości* wraz z ich jednostkami do opisu ruchu okresowego; podaje przykłady zjawisk okresowych w otaczającej rzeczywistości * opisuje ruch drgający ciała pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami: *położenia* *równowagi*, *wychylenia* i *amplitudy*; podaje przykłady takiego ruchu * wyznacza amplitudę i okres drgań na podstawie przedstawionego wykresu zależności położenia od czasu * definiuje ruch harmoniczny * identyfikuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego * opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem *współczynnika sprężystości* i jego jednostką * posługuje się pojęciem *wahadła matematycznego*, wyjaśnia, czym jest to wahadło, i wskazuje przykład, który jest jego dobrym przybliżeniem * rozróżnia energię potencjalną grawitacji, energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną; podaje zasadę zachowania energii i stosuje ją do jakościowej analizy przemian energii * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + związane z ruchem drgającym   + dotyczące drgań harmonicznych   + dotyczące ruchu ciała na sprężynie   + dotyczące wahadła matematycznego   + dotyczące energii w ruchu harmonicznym   + dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń:**   * analizuje ruch drgający ciała pod wpływem siły sprężystości * analizuje zależność *x*(*t*) dla ciała w ruchu drgającym i interpretuje wykres tej zależności; opisuje sposób zmniejszania niepewności wyznaczania (pomiaru lub odczytu z wykresu *x*(*t*)) okresu drgań * posługuje się pojęciem *ruchu harmonicznego*; rozróżnia ruch harmoniczny i ruch nieharmoniczny; podaje przykłady takich ruchów * podaje i stosuje w obliczeniach wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszeniaod czasu w ruchu harmonicznym * opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami: *wychylenia,* *amplitudy*, *częstości kołowej*, *fazy* i *przesunięcia fazowego*; rozróżnia drgania o fazach zgodnych i fazach przeciwnych * analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym, interpretuje wykresy tych zależności * analizuje ruch wózka na sprężynie pod wpływem siły sprężystości –drgania w poziomie * podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach wzór na okres wahadła sprężynowego – zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od masy ciężarka i współczynnika sprężystości sprężyny * porównuje, analizuje i interpretuje wykresy opisujące ruch harmoniczny ciężarka na sprężynie: *x*(*t*), *v*(*t*), *a*(*t*), *F*(*t*) * opisuje ruch wahadła matematycznego jako ruch harmoniczny; analizuje siły działające na wahadło matematyczne, przedstawia je graficznie i opisuje * podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach zależność okresu drgań wahadła matematycznego o małej amplitudzie od jego długości * stosuje w obliczeniach zasadę zachowania energii * oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii * analizuje przemiany energii w ruchu harmonicznym ciała na sprężynie – ruch w poziomie, oraz w ruchu wahadła matematycznego; interpretuje wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną w ruchu harmonicznym * opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego, posługując się pojęciem *częstotliwości drgań własnych*; ilustruje to zjawisko na wybranych przykładach, szkicuje wykres zależności *x*(*t*) w przypadku rezonansu * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * bada ruch ciężarka na sprężynie; sporządza i interpretuje wykres *x*(*t*) * obserwuje i opisuje ruch rzutu punktu poruszającego się po okręgu * **demonstruje niezależność okresu drgań wahadła sprężynowego** **od amplitudy**; **bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny** * **demonstruje niezależność okresu małych drgań wahadła od amplitudy**; **bada zależność okresu drgań od masy** i **długości wahadła**; **wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego** * **demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego**;   przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * związane z ruchem drgającym * dotyczące drgań harmonicznych * dotyczące ruchu ciała na sprężynie * dotyczące wahadła matematycznego * dotyczące energii w ruchu harmonicznym * dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego,   w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, prowadzi obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, tworzy, analizuje i interpretuje wykresy   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących treści rozdziału *Ruch drgający*, w szczególności: * ruchu drgającego i zjawisk okresowych * wahadeł i ich zastosowań * zjawiska rezonansu mechanicznego, jego przykładów i skutków * dokonuje syntezy wiedzy o ruchu drgającym; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * ilustruje graficznie i wyjaśnia wynik obserwacji ruchu rzutu punktu poruszającego się po okręgu * wyprowadza wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszeniaod czasu w ruchu harmonicznym, wykorzystując funkcje trygonometryczne * wykazuje, że ruch harmoniczny jest wywoływany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność * rysuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego * analizuje ruch wahadła sprężynowego – drgania w pionie * porównuje opis matematyczny ruchu wahadła sprężynowego z wynikami doświadczenia – jego badania * wyznacza współczynnik sprężystości na podstawie wykresu zależności wydłużenia sprężyny od ciężaru obciążnika, z uwzględnieniem niepewności pomiaru * wyprowadza wzór na okres wahadła sprężynowego; szkicuje wykresy zależności *T*(*m*) dla danego współczynnika *k* i *T*(*k*) dla danej masy *m* * wyznacza przyspieszenie ziemskie na podstawie wykresu zależności *l*(*T*2), wraz z niepewnością maksymalną pomiaru * wyprowadza wzór na okres drgań wahadła matematycznego * wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną w ruchu harmonicznym * szkicuje, analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii ciała w ruchu harmonicznym od czasu i wychylenia * Danalizuje przemiany energii podczas ruchu w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie * planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji): * demonstracji niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy * badania zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny * badania zależności okresu drgań od długości wahadła * demonstracji zjawiska rezonansu mechanicznego * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * związane z ruchem drgającym * dotyczące opisu drgań harmonicznych * dotyczące ruchu ciała na sprężynie * dotyczące wahadła matematycznego * związane z wykorzystaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym * dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego   oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; uzasadnia stwierdzenia i zależności   * realizuje i prezentuje projekt *Figury Lissajous* opisany w podręczniku * samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Ruch drgający*, w szczególności dotyczące: * ruchu drgającego i zjawisk okresowych * wahadeł i ich zastosowań * zjawiska rezonansu mechanicznego – jego przykładów i skutków;   posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązywania zadań lub problemów | **Uczeń:**   * Dwyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną poruszającego się w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie * Danalizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu w ruchu obciążnika zawieszonego na sprężynie * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: * związane z ruchem drgającym * dotyczące opisu drgań harmonicznych * dotyczące ruchu ciała na sprężynie * dotyczące wahadła matematycznego * z wykorzystaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym * dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego   oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności | **Uczeń:**   * realizuje i prezentuje własny projekt |
| **10. Fale mechaniczne** | | | | |
| **Uczeń:**   * wyjaśnia, czym jest fala mechaniczna; opisuje rozchodzenie się fali mechanicznej jako proces przekazywania energii bez przenoszenia materii; posługuje się pojęciami *prędkości* i *energii fali* * posługuje się pojęciami: *amplitudy*, *okresu*, *częstotliwości* i *długości fali* wraz z ich jednostkami; stosuje te wielkości oraz związki między nimi do opisu fal i w obliczeniach * opisuje mechanizm powstawania i rozchodzenia się fal dźwiękowych w powietrzu; podaje przykłady źródeł dźwięku * opisuje dźwięk jako falę mechaniczną, posługując się pojęciami: *długości*, *częstotliwości* i *okresu fali*; rozróżnia dźwięki słyszalne, ultradźwięki i infradźwięki; wymienia przykłady ich źródeł i zastosowań * opisuje jakościowo związek między natężeniem dźwięku a energią fali i amplitudą fali * opisuje jakościowo i przedstawia schematycznie zjawisko odbicia i zjawisko załamania na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali; wskazuje kierunek załamania * podaje zasadę Huygensa oraz przykłady dyfrakcji i interferencji fal w otaczającej rzeczywistości * opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali oraz między natężeniem dźwięku (głośnością) a energią fali i amplitudą fali * rozróżnia dźwięki proste i złożone, wskazuje ich źródła * wyjaśnia na wybranym przykładzie, na czym polega efekt Dopplera * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:   + obserwuje i ilustruje graficznie rozchodzenie się fal na powierzchni wody   + obserwuje i opisuje zjawisko załamania fali na granicy ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali;   formułuje wnioski   * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + związane z ruchem falowym i opisem fal   + dotyczące fal dźwiękowych   + związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali   + dotyczące odbicia i załamania fal   + dotyczące interferencji i dyfrakcji fal   + związane z opisywaniem dźwięków   + związane z efektem Dopplera,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń:**   * posługuje się pojęciami: *źródło fali*, *impuls falowy*, *fala harmoniczna*; uzasadnia, że fala przenosi energię * wymienia i omawia podstawowe właściwości fal mechanicznych * rozróżnia i porównuje fale poprzeczne i fale podłużne, podaje ich przykłady, opisuje mechanizm ich powstawania; wyjaśnia rozchodzenie się fali poprzecznej i fali podłużnej za pomocą schematu; * zaznacza na rysunku długość fali dla fal poprzecznych i fal podłużnych * wyjaśnia mechanizm powstawania, rozchodzenia się i odbioru fali dźwiękowej w powietrzu jako fali podłużnej * demonstruje i obserwuje oscylogramy dźwięków o różnych częstotliwościach z wykorzystaniem komputera i strunowego instrumentu muzycznego * opisuje rozchodzenie się dźwięku w różnych ośrodkach sprężystych * opisuje rozchodzenie się fal, posługując się pojęciami: *powierzchnia falowa*, *promień fali*; rozróżnia fale płaskie, koliste i kuliste, wskazuje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości * analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych * posługuje się pojęciem *natężenia fali* wraz z jego jednostką oraz proporcjonalnością natężenia fali do kwadratu amplitudy drgań ośrodka; opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła * wyjaśnia zmiany długości fali przy jej przejściu do innego ośrodka * podaje i interpretuje prawo załamania fal; posługuje się pojęciem *współczynnika załamania ośrodka* * stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do wyjaśniania zjawisk i w obliczeniach; opisuje i ilustruje graficznie całkowite wewnętrzne odbicie fali, zaznacza na rysunku i oblicza kąt graniczny * formułuje zasadę superpozycji fal i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk; opisuje falę stojącą * opisuje interferencję fal pochodzących z dwóch źródeł; wyjaśnia mechanizm zjawiska interferencji fal; podaje warunki wzmacniania oraz wygaszania się fal * stosuje zasadę Huygensa do wyjaśniania zjawiska dyfrakcji; opisuje jakościowo związek pomiędzy dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny i długością fali * Dposługuje się pojęciami: *barwa* i *widmo dźwięku*, *częstotliwość podstawowa*, *składowe harmoniczne*; podaje różnicę proporcji składowych harmonicznych jako przyczynę różnej barwy dźwięków * stosuje zasadę superpozycji fal do wyjaśniania związku dźwięku instrumentów muzycznych z falami stojącymi wytwarzanymi na strunach lub w słupie powietrza; opisuje powstawanie fal stojących w instrumentach muzycznych jako przykład zjawiska rezonansu * opisuje przykłady występowania i wykorzystania zjawiska Dopplera w przyrodzie i technice * opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła dźwięku i nieruchomego obserwatora oraz w przypadku poruszającego się obserwatora i nieruchomego źródła dźwięku * posługuje się pojęciem *natężenia dźwięku* wraz z jego jednostką – , oraz Dpojęciem *poziomu natężenia dźwięku* wraz z jego jednostką – dB * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * bada (demonstruje) fale poprzeczne i fale podłużne oraz rozchodzenie się fali w ciele stałym * obserwuje: superpozycję fal, zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie, zjawisko interferencji fal * bada widmo dźwięku oraz dźwięk powstający w wyniku drgań słupa powietrza w piszczałce zamkniętej;   opisuje, ilustruje graficznie, analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji i doświadczeń, formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * związane z ruchem falowym i opisem fal * dotyczące fal dźwiękowych * związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali * dotyczące odbicia i załamania fal * dotyczące interferencji i dyfrakcji fal * związane z opisywaniem dźwięków * związane z efektem Dopplera,   w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; rysuje, analizuje i interpretuje wykresy; uwzględnia niepewności pomiarów; uzasadnia odpowiedzi   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczącymi treści rozdziału *Fale mechaniczne*, w szczególności fal dźwiękowych * analizuje tekst *Muzykalne owady i biologiczny termometr*; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania prostych zadań lub problemów * dokonuje syntezy wiedzy o falach mechanicznych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody jako przykład fal będących złożeniem fal poprzecznych i podłużnych; wyjaśnia, że fala mechaniczna może się rozchodzić tylko w ośrodku sprężystym * analizuje i objaśnia wykres zależności wychylenia (*y*) od położenia mierzonego wzdłuż kierunku rozchodzenia się fali (osi *x*) dla fali harmonicznej (poprzecznej i podłużnej) * wyjaśnia różnice prędkości dźwięku w gazach, cieczach i ciałach stałych oraz zależność prędkości dźwięku w powietrzu od temperatury * wyjaśnia zależności natężenia harmonicznej fali kulistej od odległości od źródła i amplitudy drgań cząsteczek ośrodka * uzasadnia prawo załamania fal – wyznacza zależność między kątem załamania a kątem padania * wyznacza kąt graniczny * Dwyprowadza (uzasadnia) wzór na częstotliwość fal stojących powstających na sznurze umocowanym na jednym końcu * uzasadnia (wyprowadza wzory) warunki wzmacniania oraz wygaszania się fal * opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami; stosuje w obliczeniach wzory na zależność między długością fali a położeniem miejsc wzmocnienia i wygaszenia; szkicuje obraz interferencyjny * opisuje fale stojące na strunie i w słupie powietrza – w piszczałce zamkniętej i piszczałce otwartej; przedstawia i objaśnia schemat ich powstawania; Dpodaje wzory na częstotliwość wytwarzanych fal * analizuje efekt Dopplera dla fal w sytuacji, gdy źródło fali lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala * podaje i interpretuje wzory na częstotliwość fali dźwiękowej odbieranej przez obserwatora w sytuacji, gdy źródło fali lub obserwator się poruszają; stosuje te wzory do wyjaśniania zjawisk i w obliczeniach * Dpodaje i stosuje w obliczeniach wzór na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku * Dposługuje się skalą logarytmiczną; analizuje i objaśnia skalę poziomu natężenia dźwięku i skalę muzyczną; podaje inne przykłady skal logarytmicznych, uzasadnia ich użyteczność * doświadczalnie wyznacza częstotliwość dźwięku i drgań struny, opracowuje i analizuje wyniki z uwzględnieniem niepewności pomiarów * planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) dotyczących: * badania (demonstracji) fal poprzecznych i fal podłużnych oraz rozchodzenia się fali w ciele stałym * obserwacji: superpozycji fal, zjawiska dyfrakcji fali na szczelinie, zjawiska interferencji fal * badania widma dźwięku oraz dźwięku powstającego w wyniku drgań słupa powietrza w piszczałce zamkniętej * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * związane z ruchem falowym i matematycznym opisem fal * dotyczące fal dźwiękowych * związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali * dotyczące odbicia i załamania fal * dotyczące interferencji i dyfrakcji fal * związane z opisywaniem dźwięków * związane z efektem Dopplera * Dzwiązane z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku   oraz sporządza i interpretuje wykresy; uzasadnia podane stwierdzenia i zależności   * samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Fale mechaniczne*, w szczególności: * fal (np. na temat tsunami, rozchodzenia się fal sejsmicznych w głębi Ziemi) * superpozycji fal;   + posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów | **Uczeń:**   * wyprowadza wzory na zależność między długością fali a położeniem miejsc wzmocnienia i wygaszenia fal w obrazie interferencji * uzasadnia (wyprowadza) wzory na częstotliwość fal stojących wytwarzanych na strunie i w słupie powietrza (w piszczałce zamkniętej) i piszczałce otwartej * uzasadnia (wyprowadza) wzory na częstotliwość fali dźwiękowej odbieranej przez obserwatora w sytuacji, gdy źródło fali lub obserwator się poruszają * Danalizuje i opisuje mechanizm powstawania fali uderzeniowej * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: * związane z ruchem falowym i matematycznym opisem fal, wykorzystując wzór na funkcją falową * dotyczące fal dźwiękowych * związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali * dotyczące odbicia i załamania fal * dotyczące interferencji i dyfrakcji fal * związane z opisywaniem dźwięków * związane z efektem Dopplera * Dzwiązane z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku   oraz sporządza wykresy; udowadnia podane zależności, wyprowadza wzory ilustrujące zależności fizyczne | **Uczeń:**   * realizuje i prezentuje własny projekt |