

WYMAGANIA EDUKACYJNE NA POSZCZEGÓLNE OCENY

FIZYKA KLASA II POZIOM ROZSZERZONY

NA OCENĘ DOPUSZCZAJĄCĄ UCZEŃ:

- 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:
 - 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:
 - 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,
- 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,
- wyjaśnia i stosuje pojęcie bryły sztywnej; wskazuje na przykładach granice stosowania modeli punktu materialnego i bryły sztywnej

- rozróżnia ruchy postępowy i obrotowy bryły sztywnej, wskazuje w otoczeniu ich przykłady
- rozróżnia pojęcia masy i momentu bezwładności
- posługuje się pojęciem przyspieszenia kątownego wraz z jego jednostką
- podaje zasadę zachowania momentu pędu
- przeprowadza doświadczenia polegające na:
 - demonstrowaniu lub badaniu ruchu bryły sztywnej,
 - badaniu zachowania się ciał w zależności od sposobu przyłożenia sił,
 - wyznaczaniu środka ciężkości ciał płaskich,
 - badaniu ruchu ciał o różnych momentach bezwładności,
 korzystając z opisu doświadczeń; analizuje i przedstawia wyniki doświadczeń, formułuje wnioski
- rozwiązuje proste zadania lub problemy związane z:
 - opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
 - wyznaczaniem momentów sił i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
 - energią ruchu bryły sztywnej,
 - wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu,
- 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,
- 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
- wskazuje zmianę pola elektrycznego lub magnetycznego jako źródło fali elektromagnetycznej
- wymienia rodzaje fali elektromagnetycznych; wskazuje przykłady ich zastosowania
- opisuje światło białe jako mieszaninę barw
- 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
 - 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
 - związane z opisywaniem dźwięków
 - związane z efektem Dopplera,
- stosuje zasadę superpozycji fal, podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal
- opisuje zjawisko odbicia światła
- opisuje jakościowo załamanie światła przy przejściu do innego ośrodka, wskazuje kierunek załamania
- opisuje jakościowo i ilustruje na schematycznym rysunku częściowe i całkowite wewnętrzne odbicie światła; posługuje się pojęciem kąta granicznego
- rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
 - powstawania i rozchodzenia się fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - związku między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła

DOTYCZY WSZYSTKICH DZIAŁÓW

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 oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania

NA OCENĘ DOSTATECZNĄ UCZEŃ:

- 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 żywej 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:
 - 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,
 - posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności:
 - przemian fazowych
 - dokonuje syntezy wiedzy z wiadomości o zjawiskach cieplnych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 - 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 $C_p > C_v$
 - 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 ciepła działa odwrotnie niż silnik cieplny; opisuje schemat pompy ciepłej
 - opisuje i analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w pompach cieplnych
 - podaje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy; oblicza 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
 - związane z drugą zasadą termodynamiki,
 - posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności silników cieplnych
 - analizuje tekst *Ciepło i energia*, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązywania zadań
- dokonuje syntezy wiedzy z termodynamiki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności

- opisuje na wybranym przykładzie ruch złożony bryły sztywnej jako sumę ruchów prostych
- opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi, stosując pojęcia: prędkości kątowej, przyspieszenia kątowego, okresu i częstotliwości
- posługuje się pojęciem środka masy; wyznacza i ilustruje na rysunkach schematycznych położenie środka masy bryły lub układu ciał; wskazuje środek masy dla brył jednorodnych mających środek symetrii
- posługuje się pojęciem momentu siły wraz z jego jednostką; wyznacza i rysuje wektor momentu siły, określa jego cechy (kierunek i zwrot); oblicza momenty sił działające na ciało lub układ ciał (bryłę sztywną)
- stosuje warunki statyki bryły sztywnej; wykorzystuje w obliczeniach warunki równowagi momentów sił
- formułuje i stosuje pierwszą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego; analizuje równowagę brył sztywnych w sytuacji, kiedy siły działają w jednej płaszczyźnie
- posługuje się pojęciem środka ciężkości; rozróżnia środek masy i środek ciężkości; wyjaśnia, kiedy znajdują się one w tym samym punkcie
- odróżnia energię potencjalną grawitacji ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciała, którego wymiarów nie można pominąć
- analizuje warunki równowagi ciała stojącego na podłożu
- stosuje w obliczeniach pojęcie momentu siły i warunki statyki bryły sztywnej oraz związek zmiany energii potencjalnej z wykonaną pracą
- posługuje się pojęciem momentu bezwładności – jako wielkości zależnej od rozkładu mas – wraz z jego jednostką; interpretuje moment bezwładności jako miarę bezwładności ciała w ruchu obrotowym
- wyjaśnia, od czego zależy energia kinetyczna w ruchu obrotowym; stosuje w obliczeniach wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej
- opisuje na wybranym przykładzie ruch złożony bryły sztywnej jako sumę ruchów prostych
- opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi, stosując pojęcia: prędkości kątowej, przyspieszenia kątowego, okresu i częstotliwości
- posługuje się pojęciem środka masy; wyznacza i ilustruje na rysunkach schematycznych położenie środka masy bryły lub układu ciał; wskazuje środek masy dla brył jednorodnych mających środek symetrii
- posługuje się pojęciem momentu siły wraz z jego jednostką; wyznacza i rysuje wektor momentu siły, określa jego cechy (kierunek i zwrot); oblicza momenty sił działające na ciało lub układ ciał (bryłę sztywną)
- stosuje warunki statyki bryły sztywnej; wykorzystuje w obliczeniach warunki równowagi momentów sił
- formułuje i stosuje pierwszą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego; analizuje równowagę brył sztywnych w sytuacji, kiedy siły działają w jednej płaszczyźnie
- posługuje się pojęciem środka ciężkości; rozróżnia środek masy i środek ciężkości; wyjaśnia, kiedy znajdują się one w tym samym punkcie
- odróżnia energię potencjalną grawitacji ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciała, którego wymiarów nie można pominąć
- analizuje warunki równowagi ciała stojącego na podłożu
- stosuje w obliczeniach pojęcie momentu siły i warunki statyki bryły sztywnej oraz związek zmiany energii potencjalnej z wykonaną pracą
- posługuje się pojęciem momentu bezwładności – jako wielkości zależnej od rozkładu mas – wraz z jego jednostką; interpretuje moment bezwładności jako miarę bezwładności ciała w ruchu obrotowym
- wyjaśnia, od czego zależy energia kinetyczna w ruchu obrotowym; stosuje w obliczeniach wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej
- oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy
- analizuje dane zawarte w tabeli *Momenty bezwładności dla kilku brył*; porównuje wzory na moment bezwładności dla brył o jednorodnej gęstości i wybranych kształtach; formułuje wnioski
- wyjaśnia, od czego zależy przyspieszenie kątowe bryły poruszającej się ruchem obrotowym wokół stałej osi
- stosuje drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego do opisu ruchu obrotowego wybranej bryły; stosuje w obliczeniach związek między momentem siły i momentem bezwładności a przyspieszeniem kątowym
- doświadczalnie wyznacza moment bezwładności brył sztywnych, korzystając z opisów doświadczeń
- posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego wraz z jego jednostką
- posługuje się pojęciem momentu pędu bryły i układu ciał wraz z jego jednostką; stosuje w obliczeniach związek między momentem pędu i prędkością kątową
- stosuje zasadę zachowania momentu pędu do wyjaśniania zjawisk i obliczeń; wyjaśnia, z czego ta zasada wynika
- doświadczalnie demonstruje zasadę zachowania momentu pędu; przedstawia, opisuje i wyjaśnia wyniki

doświadczenia oraz formułuje wnioski

- analizuje na wybranych przykładach ruch obrotowy układu ciał wokół ustalonej osi na podstawie zasady zachowania momentu pędu (wyjaśnia zmiany prędkości kątowej przy zmianach momentu bezwładności)
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy związane z:
 - opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
 - wyznaczaniem momentów sił oraz stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej i pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
 - energią ruchu bryły sztywnej,
 - wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu,
- 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 przyspieszenia od 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
- przedstawia i interpretuje wykres zależności siły sprężystości od wydłużenia sprężyny
- zna zakres stosowalności prawa Hooke'a
- rozróżnia siłę działającą na sprężynę od siły sprężystości
- 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,
- 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
- 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 jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych
- opisuje widmo fal elektromagnetycznych oraz wymienia źródła i własności fal z poszczególnych zakresów widma
- omawia schemat nadawania, rozchodzenia się i odbierania fal radiowych
- opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach
- opisuje zastosowania fal elektromagnetycznych z poszczególnych zakresów
- opisuje rozchodzenie się fal, posługując się pojęciami: *powierzchnia falowa*, *promień fali*; rozróżnia fale płaskie, kuliste 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 ($\frac{W}{m^2}$) oraz proporcjonalnością natężenia fali do kwadratu amplitudy drgań ośrodka; opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła
- wyjaśnia zmiany długości fali przy jej przejściu do innego ośrodka
- 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 – ($\frac{W}{m^2}$), oraz pojęciem *poziomego 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
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
 - związane z ruchem falowym i opisem fal
 - dotyczące fal dźwiękowych
 - związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
 - związane z opisywaniem dźwięków
 - związane z efektem Dopplera,
- opisuje zjawisko dyfrakcji fal elektromagnetycznych na przykładzie światła
- opisuje doświadczenie Younga oraz jego wyniki
- opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji
- od długości fali i odległości między źródłami; stosuje wzory opisujące wzmocnienie i wygaszenie fali do obliczeń
- opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali do obliczeń
- analizuje jakościowo zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy
- wskazuje przykłady interferencji światła w przyrodzie
- wskazuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z załamania światła

- opisuje ilościowo załamanie światła przy przejściu do innego ośrodka; stosuje prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków
- oraz prawo Snelliusa do wyjaśniania zjawisk i/lub obliczeń
- posługuje się pojęciem współczynnika załamania światła (n) w danym ośrodku
- stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu wewnętrznego odbicia światła
- oblicza kąt graniczny z prawa Snelliusa, interpretuje jego związek z współczynnikiem n
- opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia
- opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach
- stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu rozszczepienia światła przez kroplę wody
- przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisów:
- obserwuje wytwarzanie fali elektromagnetycznej
 - obserwuje dyfrakcję światła na krawędzi przeszkody, obserwuje zjawisko interferencji fal
 - obserwuje obraz interferencyjny uzyskany za pomocą siatki dyfrakcyjnej
 - demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku
 - wyznacza współczynnik załamania światła w danej substancji
 - wyznacza wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego
 - demonstruje rozszczepienie światła w pryzmacie
 - i połączenie barw w światło białe
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
 - powstawania i rozchodzenia się fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - związku między kątem dyfrakcji, stałą siatki
 - i długością fali
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
 - dokonuje syntezy wiedzy z działu *Zjawiska falowe*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności

DOTYCZY WSZYSTKICH DZIAŁÓW

Posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje wynik analizie, wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora, uzasadnia swoje odpowiedzi i/lub ilustruje je na schematycznych rysunkach

NA OCENĘ DOBRĄ UCZEŃ:

- opisuje związek między temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek, stosuje go w obliczeniach
- wyjaśnia, na czym polegało odkrycie Smoluchowskiego i Einsteina
- doświadczalnie wyznacza ciepło parowania wody, analizuje i opracowuje wyniki, demonstruje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego
- opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych; wyjaśnia mechanizm przemian fazowych z mikroskopowego punktu widzenia
- opisuje i wyjaśnia zależność temperatury wrzenia od ciśnienia atmosferycznego; podaje przykłady skutków i wykorzystania tej zależności
- wyjaśnia przyczynę rozszerzalności cieplnej, odwołując się do cząsteczkowej budowy materii (budowy mikroskopowej ciał stałych, cieczy i gazów)
- planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji):
 - 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:
 - 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 *Jak łatwiej zaobserwować rozszerzalność cieplną* opisany w podręczniku samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Wstęp do zjawisk cieplnych*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów

- 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 związki 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
- uzasadnia, że dla przemiany izobarycznej zachodzi zależność $W = p\Delta V$
- 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
- posługuje się pojęciem *współczynnika efektywności pompy cieplnej*
- analizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego, formułuje i uzasadnia wnioski
- 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
 - 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

- projektuje i przeprowadza doświadczenie obrazujące ruch bryły sztywnej; modyfikuje jego przebieg
- opisuje ruch wokół ruchomej osi – precesję – na wybranym przykładzie (np. ruchu bączka); wskazuje przykłady zjawiska precesji
- stosuje w obliczeniach wzór na wektor położenia środka masy układu ciał
- wyznacza wypadkowy moment siły; wskazuje i opisuje przykłady zastosowania dodawania momentów sił (np. dźwignie); analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod działaniem momentu siły
- opisuje na przykładzie (np. skoku o tyczce) wykorzystanie związku energii potencjalnej ciała z położeniem środka ciężkości
- wyznacza i oblicza energię potencjalną bryły sztywnej z uwzględnieniem położenia jej środka ciężkości
- analizuje zmiany energii potencjalnej ciała podczas jego obracania
- opisuje na wybranym przykładzie wpływ położenia środka ciężkości na stabilność ciała; rozróżnia równowagi: obojętną, trwałą i chwiejną

- wskazuje w otoczeniu i opisuje przykłady sytuacji, w których równowaga bryły sztywnej decyduje o bezpieczeństwie (np. stabilność konstrukcji) oraz sposoby zwiększania stabilności ciała
- wyprowadza wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego
- wykazuje związek między momentem siły i momentem bezwładności a przyspieszeniem kątowym
- analizuje (na przykładzie kulki staczającej się z równi pochyłej) zachowanie się bryły pod działaniem momentu siły na podstawie drugiej zasady dynamiki; ilustruje graficznie rozkład sił
- wyprowadza wzór na moment pędu bryły
- wskazuje w otoczeniu i opisuje przykłady wykorzystania zasady zachowania momentu pędu (np. w sporcie, urządzeniach technicznych); ilustruje je na rysunkach schematycznych
- opisuje i ilustruje doświadczalnie efekt żyroskopowy
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi ruchu brył sztywnych
- planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń:
 - badanie zachowania się ciał w zależności od sposobu przyłożenia sił,
 - wyznaczanie środka ciężkości ciał płaskich,
 - badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności,
 - wyznaczanie momentu bezwładności brył sztywnych,
 - demonstracja zasady zachowania momentu pędu,
 formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji
- samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści rozdziału *Bryła sztywna*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy związane z:
 - opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
 - wyznaczaniem momentów sił i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
 - energią ruchu bryły sztywnej,
 - wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu
 – realizuje i prezentuje projekt *Analiza ruchu: jo-jo* opisany w podręczniku
- ilustruje graficznie i wyjaśnia wynik obserwacji ruchu rzutu punktu poruszającego się po okręgu
- wyprowadza wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu harmonicznym, wykorzystując funkcje trygonometryczne
- wykazuje, że ruch harmoniczny jest wywołany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność $F = m\omega^2 x$
- 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
- analizuje 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
- 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
- analizuje tekst *Infradźwięki informują o katastrofach* lub inny; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązania zadań lub problemów
- 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
- podaje i stosuje w obliczeniach wzór na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku
- posługuje 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
 - związane z opisywaniem dźwięków
 - związane z efektem Dopplera
 - związane 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*, w szczególności:
 - fal (np. na temat tsunami, rozchodzenia się fal sejsmicznych w głębi Ziemi)
 - posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów
- opisuje praktyczne znaczenie zjawiska dyfrakcji fal elektromagnetycznych

- stosuje wzory opisujące wzmocnienie i wygaszenie fali do wyjaśniania zjawisk
- stosuje związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali do wyjaśniania zjawisk oraz udowadnia ten związek
- wyjaśnia zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy
- opisuje przykłady interferencji światła w przyrodzie
- opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła
- udowadnia, że prawo Snelliusa można zapisać:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

- wyjaśnia powstawanie mirażu
- opisuje mechanizm powstawania okna Snelliusa
- wykazuje, że

$$n_{\text{fiolet}} > n_{\text{czerw}}$$

- wyjaśnia wyniki przeprowadzonych obserwacji, opracowuje wyniki wykonanych pomiarów oraz planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące:
 - powstawania i rozchodzenia się fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - interferencji światła
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
- oraz: ilustruje lub uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania, ustala i/lub uzasadnia podane stwierdzenia
- wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści działu *Zjawiska falowe*, zwłaszcza dotyczące:
 - własności i zastosowań fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - wykorzystania światłowodów
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązania zadań i problemów
- prezentuje wyniki własnych obserwacji i doświadczeń domowych

NA OCENĘ BARDZO DOBRĄ UCZEŃ:

- rozwiązuje złożone zadania lub problemy:
 - 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 realizuje i prezentuje własny projekt związany z treścią rozdziału *Wstęp do zjawisk cieplnych*
- 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 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 wyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej
 - związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych
 - dotyczące pomp cieplnych

- 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*
- uzasadnia wzór na wektor położenia środka masy układu ciał
- analizuje (na wybranym przykładzie, innym niż opisany w podręczniku) zachowanie się bryły pod działaniem momentu siły na podstawie drugiej zasady dynamiki; wyznacza moment bezwładności bryły
- wyjaśnia na przykładach zastosowania żyroskopu, posługując się informacjami wynikającymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych
- rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy związane z:
 - opisywaniem ruchu brył sztywnych i wyznaczaniem położenia środka masy układu ciał,
 - wyznaczaniem momentów sił i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz pierwszej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wyznaczaniem środka ciężkości i stosowaniem warunków statyki bryły sztywnej oraz wyznaczaniem jej energii potencjalnej,
 - energią ruchu bryły sztywnej,
 - wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego,
 - wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu
- planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia z zastosowaniem jo-jo – według projektu opisanego w podręczniku (*Analiza ruchu: jo-jo*); formułuje i weryfikuje hipotezy
- realizuje projekt związany ze statyką ciał, np. projektuje wybrany przedmiot i bada jego stabilność, korzystając z informacji pochodzących z analizy materiałów źródłowych lub internetu
- realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Bryła sztywna*
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy:
 - związane z ruchem drgającym
 - dotyczące opisu drgań harmoniczných
 - 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
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Ruch drgający*; formułuje i weryfikuje hipotezy
- uzasadnia (wyprowadza) wzory na częstotliwość fali dźwiękowej odbieranej przez obserwatora w sytuacji, gdy źródło fali lub obserwator się poruszają
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy:
 - związane z ruchem falowym i matematycznym opisem fal
 - dotyczące fal dźwiękowych
 - związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
 - związane z opisywaniem dźwięków
 - związane z efektem Dopplera
 - z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku oraz sporządza wykresy; udowadnia podane zależności, wyprowadza wzory ilustrujące zależności fizyczne
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału *Fale*; formułuje i weryfikuje hipotezy
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące:
 - fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - interferencji światła
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
- oraz uzasadnia swoje rozwiązania i/lub podane stwierdzenia, wykazuje lub udowadnia podane związki oraz zależności
- projektuje i przeprowadza obserwacje oraz doświadczenia, formułuje i weryfikuje hipotezy
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Zjawiska falowe*

NA OCENĘ CELUJĄCĄ UCZEŃ:

- rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy:
 - 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
 - rozwiązuje nietypowe 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 wyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej
 - związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych
 - dotyczące pomp cieplnych
 - związane z drugą zasadą termodynamiki
 - rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy:
 - dotyczące ruchu bryły sztywnej
 - dotyczące sił powodujących ruch obrotowy
 - dotyczące momentu sił
 - związane z siłą ciężkości działającą na bryłę
 - dotyczące energii kinetycznej w ruchu obrotowym
 - wykorzystujące zasady dynamiki w ruchu obrotowym dotyczące momentu pędu
 - wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną poruszającego się w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie
 - analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu w ruchu obciążnika zawieszonego na sprężynie
 - rozwiązuje nietypowe 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
 - analizuje i opisuje mechanizm powstawania fali uderzeniowej
 - rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy:
 - związane z ruchem falowym i matematycznym opisem fal
 - dotyczące fal dźwiękowych
 - związane z rozchodzeniem się fal i natężeniem fali
 - związane z opisywaniem dźwięków
 - związane z efektem Dopplera
 - związane z wykorzystaniem wzoru na przeliczanie natężenia dźwięku na poziom natężenia dźwięku
 - rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy:
 - dotyczące odbicia i rozproszenia fali
 - dotyczące załamania fali
 - związane z całkowitym wewnętrznym odbiciem
 - dotyczące dyfrakcji fal
 - związane z interferencją fal
- wykorzystujące związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali