

WYMAGANIA EDUKACYJNE DLA KLASY II B (GRUPA POLITECHNICZNA) W ROKU SZKOLNYM 2026/26

Poszerzone wymagania wynikają z braku realizacji materiału w kl. I w roku szkolnym 2025/26

NA OCENĘ DOPUSZCZAJĄCĄ UCZEŃ:

- opisuje oddziaływania, posługując się pojęciem siły (jako wielkości wektorowej) wraz z jej jednostką; przedstawia siłę za pomocą wektora
- rozróżnia siły wypadkową i równoważącą; posługuje się pojęciem siły ciężkości; stosuje w obliczeniach związek między siłą, masą i przyspieszeniem grawitacyjnym
- wyznacza i rysuje siłę wypadkową dla sił o jednakowych kierunkach; opisuje i rysuje siły, które się równoważą
- analizuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki; doświadczalnie ilustruje pierwszą zasadę dynamiki; posługuje się pojęciem masy jako miary bezwładności ciał; wskazuje w otoczeniu przykłady bezwładności ciał
- rozpoznaje i nazywa siły oporów ruchu (tarcia, oporu powietrza)
- analizuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki; stosuje w obliczeniach związek między siłą i masą a przyspieszeniem
- opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki oraz pojęciem siły jako wielkości wektorowej; wskazuje w otoczeniu przykłady wzajemnego oddziaływania ciał
- doświadczalnie ilustruje trzecią zasadę dynamiki, korzystając z opisu doświadczenia
- opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie); wskazuje w otoczeniu przykłady szkodliwości i użyteczności tarcia
- wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu, określa jej zwrot; wskazuje przykłady sił pełniących funkcję siły dośrodkowej
- opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości i prędkości liniowej wraz z ich jednostkami; stosuje drugą i trzecią zasadę dynamiki do opisu ruchu po okręgu
- przeprowadza doświadczenia:
 - badanie skutków oddziaływań, wyznaczanie wartości siły,
 - badanie równoważenia się sił,
 - obserwacje ruchu po okręgu,korzystając z ich opisu; przedstawia wyniki doświadczeń i formułuje wnioski
- rozwiązuje proste zadania lub problemy związane z:
 - dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
 - wykorzystaniem pierwszej i drugiej zasady dynamiki,
 - wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
 - ruchem jednostajnym po okręgu,
 - siłami bezwładności,

w szczególności: wyodrębnia z tekstów, tabel, wykresów i rysunków informacje kluczowe, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności; wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania

- posługuje się pojęciami pracy mechanicznej i mocy wraz z ich jednostkami; stosuje w obliczeniach związek pracy z siłą i drogą, na jakiej ta praca została wykonana, oraz związek mocy z pracą i czasem, w jakim została wykonana; opisuje dżul i wat za pomocą jednostek podstawowych
- posługuje się pojęciem energii, w tym energii potencjalnej grawitacji wraz z jej jednostką; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii; wyznacza zmianę energii potencjalnej grawitacji
- wymienia różne formy energii, podaje ich przykłady z otoczenia
- posługuje się pojęciem energii kinetycznej wraz z jej jednostką, oblicza energię kinetyczną; opisuje wykonaną pracę jako zmianę energii; wyznacza zmianę energii kinetycznej
- wykorzystuje zasadę zachowania energii do opisu zjawisk

- wskazuje w otoczeniu przykłady przemian energii
- posługuje się pojęciem energii potencjalnej sprężystości wraz z jej jednostką
- posługuje się pojęciem pędu i jednostką pędu
- rozróżnia zderzenia sprężyste i zderzenia niesprężyste; wskazuje w otoczeniu przykłady zderzeń
- analizuje artykuł popularnonaukowy; wyodrębnia informacje kluczowe i posługuje się nimi
- rozwiązuje proste zadania lub problemy:
 - związane z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
 - związane z energią potencjalną,
 - korzystając ze wzoru na energię kinetyczną i zasady zachowania energii,
 - związane wykorzystaniem zasady zachowania pędu i drugiej zasady dynamiki w postaci $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$
 - dotyczące zderzeń niesprężystych,
- 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 Archimedesesa dla cieczy i gazów
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:
 - związane z przenoszeniem ciśnienia
 - obserwuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych
 - demonstruje zależność ciśnienia hydrostatycznego od wysokości słupa cieczy; 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 Archimedesesa;
- 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 kąowego 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 fal 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:

- analizuje siły na przedstawionych ilustracjach (rysunkach, zdjęciach); wyjaśnia na przykładzie, że skutek działania siły zależy od punktu jej przyłożenia
- wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie
- wykonuje graficznie rozkładanie siły na składowe
- rysuje składowe siły ciężkości na równi pochyłej, działające równolegle i prostopadle do powierzchni równi; opisuje je
- stosuje zasady dynamiki pierwszą i drugą do opisu zachowania się ciał; wykorzystuje pojęcie siły jako wielkości wektorowej do opisu różnych możliwości ruchu ciał; opisuje ruch ciał na równi pochyłej, wyjaśnia niezależność ruchów
- doświadczalnie ilustruje trzecią zasadę dynamiki; opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu, przedstawia jego wyniki i formułuje wnioski
- stosuje trzecią zasadę dynamiki do opisu zachowania się ciał; opisuje na przykładzie skutki wzajemnego oddziaływania ciał
- rysuje (przedstawia za pomocą wektorów), oznacza i opisuje siły wzajemnego oddziaływania ciał; wyjaśnia na przykładzie, dlaczego siły wynikające z trzeciej zasady dynamiki się nie równoważą
- rozróżnia i opisuje tarcie statyczne i tarcie kinetyczne; rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego i tarcia statycznego, posługuje się tymi współczynnikami, wyjaśnia, od czego one zależą
- opisuje ruch ciał, posługując się pojęciem siły tarcia; zaznacza wektor siły tarcia i określa jego cechy; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach
- analizuje i opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem okręgu; wyjaśnia rolę siły tarcia na wybranych przykładach ruchu po okręgu
- opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: prędkości kątowej, przyspieszenia dośrodkowego i siły dośrodkowej wraz z ich jednostkami
- stosuje w obliczeniach związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową, przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową
- rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne
- posługuje się pojęciem siły bezwładności; wyjaśnia na przykładach przyczynę działania siły bezwładności, określa jej cechy, przedstawia na rysunku jej kierunek i zwrot; posługuje się pojęciem siły odśrodkowej
- stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza)

- opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia, podaje warunki i przykłady ich występowania
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących zasad dynamiki, [2]
- przeprowadza doświadczenia:
 - bada, jak przyspieszenie zależy od siły i masy,
 - bada zależność tarcia od przyłożonej siły i rodzaju powierzchni oraz siły nacisku,
 - doświadczalnie wyznacza wartość współczynnika tarcia na podstawie analizy ruchu ciała na równi,
 - doświadczalnie bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu,
 - doświadczalnie demonstruje *zachowanie ciał w układach poruszających się z przyspieszeniem* korzystając z ich opisu; przedstawia, analizuje i opracowuje uzyskane wyniki, formułuje wnioski
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy związane z:
 - dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
 - wykorzystaniem zasad dynamiki, pierwszej i drugiej,
 - wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
 - ruchem – z uwzględnieniem sił tarcia i wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki, ruchem jednostajnym po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową
 - siłami bezwładności,
- dokonuje syntezy wiedzy o ruchu i siłach; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
- analizuje zależność pracy od kąta między wektorem siły a kierunkiem ruchu ciała; wyjaśnia na przykładach, że skutek działania siły zależy od tego kąta; przedstawia rozkład sił podczas przesuwania ciała
- interpretuje pole pod wykresem zależności siły od drogi i pole pod wykresem zależności mocy od czasu jako wykonaną pracę
- wyjaśnia na przykładzie, że praca wykonana nad ciałem przez siłę równoważącą siłę ciężkości nie zależy od sposobu przemieszczania ciała
- wyjaśnia na wybranym przykładzie, że energia potencjalna ciała zależy od poziomu odniesienia; oblicza energię potencjalną ciała
- wyjaśnia, jak zmienia się energia, jeśli siła wykonuje pracę dodatnią, a jak, jeśli siła wykonuje pracę ujemną
- analizuje przemiany energii na wybranych przykładach
- stosuje w obliczeniach zasadę zachowania energii mechanicznej
- analizuje na wybranym przykładzie (np. skoku o tyczce) przemiany energii
- stosuje w obliczeniach zależność $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$
- interpretuje drugą zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu i popędem siły
- wykorzystuje zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał oraz wyjaśnienia zjawiska odrzutu; wskazuje przykłady zjawisk, w których spełniona jest zasada zachowania pędu
- analizuje zderzenia niesprężyste; stosuje zasadę zachowania pędu w opisach zderzeń niesprężystych i w obliczeniach
- analizuje zderzenia sprężyste na wybranych przykładach; stosuje zasadę zachowania energii kinetycznej i zasadę zachowania pędu w opisach zderzeń sprężystych i w obliczeniach
- przedstawia własnymi słowami główne tezy artykułu popularnonaukowego pt. *Czy można biegać po wodzie*; wykorzystuje informacje pochodzące z analizy tego tekstu do rozwiązywania zadań lub problemów
- doświadczalnie bada:
 - od czego zależy, a od czego nie zależy energia potencjalna ciała, korzystając z opisu doświadczenia,

- zderzenia ciał; wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał, korzystając z zasady zachowania pędu,
- zjawisko odrzutu oraz wyznacza prędkości ciał po odrzucie, przedstawia, analizuje i opracowuje wyniki doświadczenia, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
 - związane z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
 - związane z energią potencjalną,
 - korzystając ze wzoru na energię kinetyczną i zasady zachowania energii,
 - związane z wykorzystaniem zasady zachowania pędu oraz drugiej zasady dynamiki w postaci $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$
 - dotyczące zderzeń niesprężystych,
- dokonuje syntezy wiedzy o energii i pędzie; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
- 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 Archimidesa
- analizuje siły działające na ciało całkowicie i częściowo zanurzone w cieczy, opisuje warunki pływania ciał
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
 - związane z pojęciem ciśnienia oraz urządzeniami hydraulicznymi
 - związane z ciśnieniem hydrostatycznym i atmosferycznym
 - związane z siłą wyporu, wykorzystując prawo Archimidesa
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności:
 - ciśnienia
 - siły wyporu
- dokonuje syntezy wiedzy z hydrostatyki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
- 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:
 - 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 cieplna działa odwrotnie niż silnik cieplny; opisuje schemat pompy cieplnej
- 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

dokonyuje 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,
- postępuje 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
- postępuje 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, postępując 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
- postępuje 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 punkтового 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
- postępuje się pojęciem *natężenia dźwięku* wraz z jego jednostką – ($\frac{W}{m^2}$), oraz pojęciem *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
- 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 światłowodów 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:

- wyznacza siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie; oblicza wartość tej siły
- wyznacza składowe siły ciężkości na równi pochytej, działające równoległe i prostopadle do powierzchni równi
- wyjaśnia na przykładach praktyczne wykorzystanie dodawania sił rozkładania ich na składowe
- analizuje wzajemne oddziaływanie i zachowanie się ciał; przewiduje i uzasadnia ich skutki, posługując się trzecią zasadą dynamiki
- analizuje ruch ciała na równi pochytej; wykonuje graficznie rozkład sił, wyznacza składowe siły ciężkości i siłę tarcia oraz wartość współczynnika tarcia
- wyjaśnia mikroskopową przyczynę występowania sił tarcia
- wyprowadza i interpretuje związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową, przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową
- omawia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych
- stosuje pojęcie sił bezwładności do opisu ruchu ciał w układach nieinercjalnych
- Dopisuje stan niedociążenia
- planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń:
 - badania równoważenia się sił,
 - badania, jak przyspieszenie zależy od siły i masy,
 - doświadczenia ilustrujące trzecią zasadę dynamiki,
 - badania zależności tarcia od przyłożonej siły i rodzaju powierzchni oraz siły nacisku, formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji
- sporządza i interpretuje wykresy zależności:
 - przyspieszenia od siły $a(F)$ i masy $a(m)$ oraz odwrotności masy $a\left(\frac{1}{m}\right)$,
 - tarcia od siły nacisku (wyznacza współczynnik tarcia),
 - siły dośrodkowej od kwadratu prędkości liniowej,na podstawie wyników doświadczeń; uwzględnia niepewności pomiarów i opory ruchu; dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu, interpretuje jej nachylenie i punkty przecięcia z osiami, wyznacza, określa i interpretuje jej współczynnik kierunkowy
- opracowuje wyniki doświadczenia – badania związku między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu
- doświadczalnie ilustruje stan nieważkości i działanie siły odśrodkowej
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy związane z:
 - dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
 - wykorzystaniem zasad dynamiki pierwszej i drugiej oraz równań ruchu,
 - wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
 - ruchem – z uwzględnieniem sił tarcia i wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki,
 - ruchem po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową,
 - siłami bezwładności oraz opisem zjawisk (ruchu ciał) w układach inercjalnych i nieinercjalnych
- realizuje i prezentuje projekt związany z badaniem siły Coriolisa, opisany w podręczniku
- oblicza pracę na podstawie wykresów zależności $F(s)$ i $P(t)$
- wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez siłę równoważącą siłę ciężkości jest równa przyrostowi energii potencjalnej ciała
- wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez stałą siłę podczas rozpędzania ciała jest równa przyrostowi jego energii kinetycznej
- posługuje się pojęciem sprawności urządzeń mechanicznych; stosuje w obliczeniach pojęcie

sprawności

- analizuje przemiany energii na przykładach innych niż opisane w podręczniku
- wykazuje zależność $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$
- uzasadnia zasadę zachowania pędu, korzystając z zależności oraz trzeciej zasady dynamiki
- wyjaśnia, dlaczego w przypadku zderzenia niesprężystego suma energii kinetycznych zderzających się ciał przed zderzeniem jest większa niż po zderzeniu
- rozróżnia zderzenia centralne i zderzenia niecentralne, ilustruje je graficznie; opisuje je na przykładach (np. z różnych dyscyplin sportu)
- analizuje i opisuje zderzenia sprężyste ciał o różnych masach, ilustruje je na rysunkach schematycznych; wykazuje doświadczalnie i wyznacza zmiany prędkości
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi:
 - mocy i sprawności różnych urządzeń,
 - form energii
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
 - związane z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
 - związane z wykorzystaniem zasad dynamiki i zasady zachowania energii,
 - związane z wykorzystaniem zasady zachowania pędu oraz zależności $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$
 - dotyczące zderzeń sprężystych.
- planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń dotyczących:
 - badania, od czego zależy, a od czego nie zależy energia potencjalna ciała,
 - badania zjawiska odrzutu,
 - badania zderzeń ciał oraz wyznaczania masy lub prędkości jednego z ciał, z wykorzystaniem zasady zachowania pędu,
- samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści rozdziału *Energia i pęd*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów
- 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
- planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formuluje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji) związanych z przenoszeniem ciśnienia
- 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 Archimedesesa
- realizuje i prezentuje projekt Fontanna Herona opisany w podręczniku
- samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Hydrostatyka*, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów
- 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 związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego; podaje związek między C_V a stałą R dla gazów jedno- i dwuatomowych
- 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 harmonicznym
 - 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 harmonicznego (poprzecznej i podłużnej)
- wyjaśnia różnice prędkości dźwięku w gazach, cieczach i ciałach stałych oraz zależność prędkości dźwięku w powietrzu od temperatury
- wyjaśnia zależności natężenia harmonicznego 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 rozwiązywania 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 logarymiczną; analizuje i objaśnia skalę poziomu natężenia dźwięku i skalę muzyczną; podaje inne przykłady skal logarymicznych, 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 piskalcie 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 miraży
- 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 (formuluje 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 związane z:
 - dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
 - wykorzystaniem zasad dynamiki pierwszej i drugiej oraz równań ruchu,
 - wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
 - ruchem, z uwzględnieniem sił tarcia i wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki,
 - ruchem po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową,
 - siłami bezwładności oraz opisem zjawisk (ruchu ciał) w układach inercjalnych i nieinercjalnych
- realizuje i prezentuje własny projekt związany z ruchem i siłami
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy związane:
 - z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
 - z energią potencjalną,
 - z wykorzystaniem zasad dynamiki i zasady zachowania energii,
 - z energią potencjalną sprężystości,
 - z wykorzystaniem zasady zachowania pędu oraz zależności $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$
 - ze zderzeniami sprężystymi
- realizuje i prezentuje własny projekt związany z energią i pędem
- rozwiązuje 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 Archimedesesa
- projektuje, wykonuje i demonstruje działający model fontanny Herona; formułuje i weryfikuje hipotezy
 - realizuje i prezentuje własny projekt związany z treścią rozdziału *Hydrostatyka*
- 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 *Bryłaskrzytna*
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy:
 - związane z ruchem drgającym
 - dotyczące opisu drgań harmoniczych
 - 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 związane z:
 - dodawaniem sił i rozkładaniem ich na składowe,
 - wykorzystaniem zasad dynamiki pierwszej i drugiej oraz równań ruchu,
 - wykorzystaniem trzeciej zasady dynamiki,
 - ruchem, z uwzględnieniem sił tarcia i wykorzystaniem drugiej zasady dynamiki,
 - ruchem po okręgu, z wykorzystaniem związków między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym i siłą dośrodkową,
 - siłami bezwładności oraz opisem zjawisk (ruchu ciał) w układach inercjalnych i nieinercjalnych
- rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy związane:
 - z obliczaniem pracy mechanicznej i mocy,
 - z energią potencjalną,
 - z wykorzystaniem zasad dynamiki i zasady zachowania energii,

- z energią potencjalną sprężystości,
- z wykorzystaniem zasady zachowania pędu oraz zależności $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$
- ze zderzeniami sprężystymi
- rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy:
 - związane z pojęciem ciśnienia oraz urządzeniami hydraulicznymi
 - związane z ciśnieniem hydrostatycznym i ciśnieniem atmosferycznym
 - związane z siłą wyporu, z wykorzystaniem prawa Archimedesesa
- 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 harmonicznym
 - 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