**4 Przedmiotowy system oceniania – klasa 3, fizyka**

**Uwaga!** Szczegółowe warunki i sposób oceniania określa statut szkoły.

**Przedmiotowy system nauczania uwzględnia zmiany z 2024 r. wynikające z uszczuplenia podstawy programowej. Szarym kolorem oznaczono treści, o których realizacji decyduje nauczyciel.**

W związku z uszczupleniem przez MEN podstawy programowej, w rozkładzie materiału zmniejszyła się liczba godzin na realizację obowiązkowych zagadnień. Uzyskane w ten sposób dodatkowe godziny pozostają do dyspozycji nauczyciela w trakcie roku szkolnego. Zgodnie z założeniami MEN: *Ograniczony zakres treści nauczania – wymagań szczegółowych – da nauczycielom i uczniom więcej czasu na spokojniejszą i bardziej dogłębną realizację programów nauczania*.

# Zasady ogólne

1. Na **podstawowym** poziomie wymagań uczeń powinien wykonać zadania **obowiązkowe** (na stopień dopuszczający - łatwe; na stopień dostateczny - umiarkowanie trudne); niektóre czynności ucznia mogą być **wspomagane** przez nauczyciela (np. wykonywanie doświadczeń, rozwiązywanie problemów, przy czym na stopień dostateczny uczeń wykonuje je pod kierunkiem nauczyciela, na stopień dopuszczający - przy pomocy nauczyciela lub innych uczniów).
2. Czynności wymagane na poziomach wymagań **wyższych** niż poziom podstawowy uczeń powinien wykonać **samodzielnie** (na stopień dobry niekiedy może jeszcze korzystać z niewielkiego wsparcia nauczyciela).
3. W wypadku wymagań na stopnie **wyższe** niż dostateczny uczeń wykonuje zadania **dodatkowe** (na stopień dobry - umiarkowanie trudne; na stopień bardzo dobry - trudne).

# Wymagania ogólne – uczeń:

* wykorzystuje pojęcia i wielkości fizyczne do opisu zjawisk i wskazuje ich przykłady w otoczeniu,
* rozwiązuje problemy, wykorzystując prawa i zależności fizyczne,
* planuje i przeprowadza obserwacje i doświadczenia, wnioskuje na podstawie ich wyników,
* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.

Ponadto:

* + sprawnie się komunikuje i stosuje terminologię właściwą dla fizyki,
  + kreatywnie rozwiązuje problemy z dziedziny fizyki, **świadomie** wykorzystując metody i narzędzia wywodzące się z informatyki,
  + posługuje się nowoczesnymi technologiami informacyjno-komunikacyjnymi,
  + samodzielnie dociera do informacji, dokonuje ich selekcji, syntezy i wartościowania; rzetelnie korzysta z różnych źródeł informacji, w tym z internetu,
  + uczy się systematycznie, buduje prawidłowe związki przyczynowo-skutkowe, porządkuje i pogłębia zdobytą wiedzę,
  + współpracuje w grupie i realizuje projekty edukacyjne z dziedziny fizyki lub astronomii.

# Szczegółowe wymagania na poszczególne oceny

(wymagania na kolejne oceny się **kumulują** – obejmują również wymagania na oceny niższe)

**Uwagi:** D – treści spoza podstawy programowej; doświadczenia obowiązkowe wyróżniono pogrubioną czcionką.

| Ocena | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **dopuszczająca** | dostateczna | dobra | bardzo dobra | celująca |
| 7. Termodynamika | | | | |
| **Uczeń:**   * informuje, czym zajmuje się termodynamika; porównuje właściwości substancji w różnych stanach skupienia wynikające z ich budowy mikroskopowej; analizuje jakościowo związek między temperaturą a średnią energią kinetyczną cząsteczek * informuje, że energię układu można zmienić, wykonując nad nim pracę lub przekazując mu energię w postaci ciepła * posługuje się pojęciem *ciepła właściwego* wraz z jego jednostką; porównuje ciepła właściwe różnych substancji * posługuje się skalami temperatur Celsjusza i Kelvina oraz pojęciem *mocy* * rozróżnia i nazywa zmiany stanów skupienia; analizuje i opisuje zjawiska: topnienia, krzepnięcia, wrzenia, skraplania, sublimacji i resublimacji jako procesy, w których dostarczanie energii w postaci ciepła nie powoduje zmiany temperatury; wskazuje przykłady przemian fazowych w otaczającej rzeczywistości * informuje, że topnienie i parowanie wymagają dostarczenia energii, natomiast podczas krzepnięcia i skraplania wydziela się energia * wymienia szczególne własności wody oraz ich konsekwencje dla życia na Ziemi, wskazuje odpowiednie przykłady w otaczającej rzeczywistości * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: * bada jakościowo szybkość topnienia lodu * bada proces topnienia lodu, obserwuje szybkość wydzielania gazu, wykazuje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia zewnętrznego;   przedstawia, opisuje i analizuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski   * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + dotyczące energii wewnętrznej   + dotyczące rozszerzalności cieplnej   + z wykorzystaniem pojęcia *ciepła właściwego*   + związane z przemianami fazowymi   + związane z wykorzystaniem ciepła przemiany fazowej   + dotyczące szczególnych własności wody;   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, przelicza jednostki, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących; ustala odpowiedzi; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy * posługuje się pojęciem *energii wewnętrznej*; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii * opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy; wskazuje przykłady tego zjawiska w otaczającej rzeczywistości * omawia znaczenie rozszerzalności cieplnej ciał stałych; wskazuje przykłady wykorzystania rozszerzalności objętościowej gazów i cieczy oraz jej skutków * interpretuje pojęcie *ciepła właściwego* i stosuje je do obliczeń oraz do wyjaśniania zjawisk * wykorzystuje pojęcie *ciepła właściwego* do obliczania energii potrzebnej do ogrzania ciała lub do obliczania energii oddanej przez stygnące ciało; uzasadnia równość tych energii na podstawie zasady zachowania energii * opisuje przykłady przemian fazowych w otaczającej rzeczywistości * odróżnia ciała o budowie krystalicznej od ciał bezpostaciowych; ilustruje na schematach zależność temperatury od dostarczanego ciepła dla obu rodzajów * posługuje się pojęciem *ciepła przemiany fazowe*j (ciepła topnienia i ciepła parowania) wraz z jego jednostką, interpretuje to pojęcie oraz stosuje je do obliczeń; wskazuje przykłady wykorzystania przemian fazowych * analizuje i wyznacza energię przekazaną podczas zmiany temperatury i zmiany stanu skupienia * wykorzystuje pojęcia *ciepła właściwego* oraz *ciepła przemiany fazowej* do obliczeń * omawia szczególne własności wody oraz ich konsekwencje dla życia na Ziemi; uzasadnia, że woda łagodzi klimat * opisuje nietypową rozszerzalność cieplną wody * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: * **demonstruje rozszerzalność cieplną ciał stałych** * wyznacza sprawność czajnika elektrycznego o znanej mocy * bada wpływ soli na topnienie lodu * **doświadczalnie wyznacza ciepło właściwe substancji**; opracowuje wyniki pomiarów;   przedstawia, opisuje i analizuje wyniki pomiarów, wskazuje przyczyny niepewności pomiarowych; formułuje wnioski   * wyjaśnia wyniki przeprowadzonego doświadczenia jakościowego badania szybkości topnienia lodu * rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Termodynamika*, w szczególności: * energii wewnętrznej * rozszerzalności cieplnej * pojęcia *ciepła właściwego* * przemian fazowych * szczególnych własności wody;   posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych oraz kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi   * dokonuje syntezy wiedzy z termodynamiki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności * analizuje przedstawione materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe lub z internetu, dotyczące treści rozdziału *Termodynamika*, w szczególności: energii wewnętrznej, zjawiska rozszerzalności cieplnej i jego wykorzystania, historii poglądów na naturę ciepła, przemian fazowych; przedstawia własnymi słowami główne tezy; posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań | **Uczeń:**   * analizuje na przykładach rozszerzalność cieplną gazu * Dopisuje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia zewnętrznego * stosuje pojęcie *ciepła przemiany fazowej* (ciepła topnienia i ciepła parowania) do wyjaśniania zjawisk * opisuje i wyjaśnia zmiany energii wewnętrznej podczas przemian fazowych na podstawie mikroskopowej budowy ciał * Dopisuje działanie lodówki * szkicuje wykres zależności objętości i/lub gęstości danej masy wody od temperatury * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada rozszerzalność cieplną cieczy i powietrza; opisuje wyniki obserwacji; formułuje wnioski * wyjaśnia wyniki przeprowadzonych doświadczeń lub obserwacji: * badania procesu topnienia lodu * obserwacji szybkości wydzielania gazu * wykazania zależności temperatury wrzenia od ciśnienia zewnętrznego * ocenia wynik **doświadczalnie wyznaczonego ciepła właściwego substancji**; planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia, formułuje hipotezę * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Termodynamika*, w szczególności: * energii wewnętrznej * rozszerzalności cieplnej * przemian fazowych z wykorzystaniem pojęć: *ciepła właściwego*, *ciepła przemiany fazowej* * szczególnych własności wody;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia; analizuje otrzymany wynik   * wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści tego rozdziału, w szczególności niezwykłych własności wody; posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów * realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Ruchy Browna*; prezentuje wyniki doświadczeń domowych | **Uczeń:**   * rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Termodynamika*, w szczególności: * energii wewnętrznej * rozszerzalności cieplnej * przemian fazowych z wykorzystaniem pojęć: *ciepła właściwego*, *ciepła przemiany fazowej* * szczególnych własności wody;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką tego rozdziału(inny niż opisany w podręczniku); planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń domowych, formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Termodynamika*, w szczególności: * energii wewnętrznej * rozszerzalności cieplnej * przemian fazowych z wykorzystaniem pojęć: *ciepła właściwego*, *ciepła przemiany fazowej* * szczególnych własności wody |
| **8. Drgania i fale** | | | | |
| **Uczeń:**   * posługuje się pojęciem *siły ciężkości*, stosuje do obliczeń związek między tą siłą i masą; rozpoznaje i nazywa siłę sprężystości * opisuje ruch drgający jako ruch okresowy; podaje przykłady takiego ruchu; wskazuje położenie równowagi i amplitudę drgań * rysuje i opisuje siły działające na ciężarek na sprężynie; wyznacza amplitudę i okres drgań na podstawie przedstawionego wykresu zależności położenia ciężarka od czasu * analizuje, opisuje i rysuje siły działające na ciężarek na sprężynie (wahadło sprężynowe) wykonujący ruch drgający w różnych jego położeniach * posługuje się pojęciami *energii kinetycznej*, *energii potencjalnej grawitacji* i *energii potencjalnej sprężystości*; analizuje jakościowo przemiany energii w ruchu drgającym * opisuje jakościowo zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od jego masy * opisuje rozchodzenie się fali mechanicznej jako proces przekazywania energii bez przenoszenia materii; posługuje się pojęciem *prędkości fali*; wskazuje impuls falowy * posługuje się pojęciami: *amplitudy fali*, *okresu fali*, *częstotliwości fali* i *długości fali*, wraz z ich jednostkami, do opisu fal * opisuje mechanizm powstawania i rozchodzenia się fal dźwiękowych w powietrzu; podaje przykłady źródeł dźwięków * wymienia rodzaje fal elektromagnetycznych i podaje przykłady ich zastosowania * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: * obserwuje fale na wodzie * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + z wykorzystaniem prawa Hooke’a   + związane z opisem ruchu drgającego i analizą przemian energii w tym ruchu   + związane z okresem drgań wahadła sprężynowego   + dotyczące zjawiska rezonansu   + dotyczące dźwięków   + Ddotyczące dźwięków instrumentów muzycznych   + dotyczące fal elektromagnetycznych,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, przelicza jednostki, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących, ustala odpowiedzi, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * podaje i omawia prawo Hooke’a, wskazuje jego ograniczenia; stosuje prawo Hooke’a do obliczeń * opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia sprężyny; * analizuje ruch drgający pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami: *wychylenia*, *amplitudy* oraz *okresu drgań*; szkicuje wykres *x*(*t*) * wyznacza i rysuje siłę wypadkową działającą na wahadło sprężynowe, które wykonuje ruch drgający w różnych położeniach ciężarka * wykorzystuje zasadę zachowania energii do opisu przemian energii w ruchu drgającym; * opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach; porównuje zależność *x*(*t*) w przypadku rezonansu; wskazuje przykłady wykorzystania rezonansu oraz jego negatywnych skutków * opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody na podstawie obrazu powierzchni falowych * stosuje do obliczeń związki między prędkością, długością, okresem i częstotliwością fali * opisuje jakościowo związki między wysokością dźwięku a częstotliwością fali oraz między głośnością dźwięku a amplitudą fali; omawia zależność prędkości dźwięku od rodzaju ośrodka i temperatury * opisuje światło jako falę elektromagnetyczną * omawia związek między elektrycznością i magnetyzmem; wyjaśnia, czym jest fala elektromagnetyczna * omawia widmo fal elektromagnetycznych * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: * bada rozciąganie sprężyny, sporządza wykres zależności wydłużenia sprężyny od siły ciężkości * tworzy wykres zależności *x*(*t*) w ruchu drgającym ciężarka za pomocą programu Tracker, wyznacza okres drgań * **bada jakościową zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od jego masy** * **demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego**; * obserwuje fale w układzie ciężarków i sprężyn * obserwuje rozchodzenie się fali podłużnej w układzie ciężarków i sprężyn oraz oscylogramy dźwięków   przedstawia, analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji; opracowuje wyniki pomiarów, formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * z wykorzystaniem prawa Hooke’a * związane z opisem ruchu drgającego oraz analizą przemian energii w ruchu drgającym * związane z okresem drgań wahadła sprężynowego * dotyczące zjawiska rezonansu   + - Ddotyczące dźwięków instrumentów muzycznych * dotyczące fal mechanicznych * dotyczące dźwięków oraz Ddźwięków instrumentów muzycznych * dotyczące fal elektromagnetycznych;   posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi   * dokonuje syntezy wiedzy o drganiach i falach; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, które dotyczą treści rozdziału *Drgania i fale*, w szczególności: osiągnięć Roberta Hooke’a, zjawiska rezonansu, fal dźwiękowych | **Uczeń:**   * stosuje prawo Hooke’a do wyjaśniania zjawisk * sporządza wykres zależności wydłużenia sprężyny od siły ciężkości z uwzględnieniem niepewności pomiaru; interpretuje nachylenie prostej; wyznacza współczynnik sprężystości * Dopisuje i analizuje ruch wahadła matematycznego; ilustruje graficznie siły działające na wahadło, wyznacza siłę wypadkową * opisuje, jak zmieniają się prędkość i przyspieszenie drgającego ciężarka w wahadle sprężynowym * Dinterpretuje podane wzory na okres drgań ciężarka o pewnej masie zawieszonego na sprężynie oraz wahadła matematycznego * szkicuje wykresy zależności *x*(*t*) w przypadku rezonansu * wyjaśnia wyniki obserwacji zjawiska rezonansu * wyjaśnia zależność prędkości dźwięku od rodzaju ośrodka i temperatury; uzasadnia, że podczas przejścia fali do innego ośrodka nie zmienia się jej częstotliwość; analizuje wykres zależności gęstości powietrza od czasu dla tonu * Dwyjaśnia, że w muzyce taki sam interwał oznacza taki sam stosunek częstotliwości dźwięków * Dpodaje warunek harmonijnego współbrzmienia dźwięków; Domawia strój równomiernie temperowany oraz drgania struny; Dwyjaśnia, od czego zależy barwa dźwięku instrumentu * Domawianadawanie i odbiór fal radiowych * Dwyjaśnia naukowe znaczenie słowa *teoria*; posługuje się informacjami nt. roli Maxwella w badaniach nad elektrycznością i magnetyzmem * planuje i przeprowadza doświadczenie w celu zbadania, czy gumka recepturka spełnia prawo Hooke’a * planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia związanego z tworzeniem wykresu zależności *x*(*t*) w ruchu drgającym ciężarka za pomocą programu Tracker * Dbada zależność okresu drgań wahadła matematycznego od jego długości; planuje i modyfikuje przebieg badania, formułuje i weryfikuje hipotezy * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące treści tego rozdziału, w szczególności: * z wykorzystaniem prawa Hooke’a * związane z opisem ruchu drgającego i analizą przemian energii w ruchu drgającym * związane z okresem drgań wahadła (sprężynowego i Dmatematycznego) * dotyczące zjawiska rezonansu * dotyczące fal mechanicznych * dotyczące dźwięków oraz Ddźwięków instrumentów muzycznych * dotyczące fal elektromagnetycznych;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności ruchu drgającego i wahadeł (np. wahadła Foucaulta) * realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Ten zegar stary...*; prezentuje wyniki doświadczeń domowych | **Uczeń:**   * rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Drgania i fale*, w szczególności: * z wykorzystaniem prawa Hooke’a * związane z opisem ruchu drgającego i analizą przemian energii w ruchu drgającym * związane z okresem drgań wahadła (sprężynowego i Dmatematycznego) * dotyczące zjawiska rezonansu * dotyczące fal mechanicznych * dotyczące dźwięków * Ddotyczące dźwięków instrumentów muzycznych * dotyczące fal elektromagnetycznych;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką tego rozdziału(inny niż opisany w podręczniku); planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń domowych, formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Drgania i fale*, w szczególności: * z wykorzystaniem prawa Hooke’a * związane z opisem ruchu drgającego i analizą przemian energii w ruchu drgającym * związane z okresem drgań wahadła (sprężynowego i Dmatematycznego) * dotyczące zjawiska rezonansu * dotyczące fal mechanicznych * dotyczące dźwięków * Ddotyczące dźwięków instrumentów muzycznych * dotyczące fal elektromagnetycznych |
| **9. Zjawiska falowe** | | | | |
| **Uczeń:**   * rozróżnia fale płaskie, koliste i kuliste; wskazuje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości * opisuje zjawisko odbicia od powierzchni płaskiej i od powierzchni sferycznej * opisuje zjawisko rozproszenia światła przy odbiciu od powierzchni chropowatej; wskazuje jego przykłady w otaczającej rzeczywistości * opisuje jakościowo zjawisko załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; wskazuje kierunek załamania; podaje przykłady wykorzystania zjawiska załamania światła w praktyce * opisuje światło białe jako mieszaninę barw, ilustruje to rozszczepieniem światła w pryzmacie * ilustruje prostoliniowe rozchodzenie się światła w ośrodku jednorodnym * podaje zasadę superpozycji fal * rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: * demonstruje fale koliste i płaskie * **demonstruje rozpraszanie się światła w ośrodku**;   przedstawia (ilustruje na schematycznym rysunku) i opisuje obserwacje, formułuje wnioski   * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + związane z opisem fal i zjawiskiem ich odbicia oraz rozpraszaniem światła   + dotyczące załamania fal   + dotyczące odbicia i załamania światła   + związane z opisem tęczy i halo   + związane z dyfrakcją i interferencją fal   + dotyczące polaryzacji światła   + związane z efektem Dopplera,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, przedstawia je w różnych postaciach, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących, ilustruje i ustala odpowiedzi, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych * stosuje prawo odbicia do wyjaśniania zjawisk i wykonywana obliczeń * opisuje zjawisko rozproszenia światła na niejednorodnościach ośrodka; wskazuje jego przykłady w otaczającej rzeczywistości * opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła: błękitny kolor nieba, czerwony kolor zachodzącego słońca * wskazuje i opisuje przykłady zjawisk związanych z załamaniem światła, np.: złudzenia optyczne, fatamorgana * opisuje zjawiska jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia; posługuje się pojęciem *kąta granicznego* * opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia, wskazuje jego zastosowania * opisuje rozszczepienie światła przez kroplę wody; opisuje widmo światła białego jako mieszaninę fal o różnych częstotliwościach * opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie i atmosferze, powstających dzięki rozszczepieniu światła (tęcza, halo) * opisuje jakościowo dyfrakcję fali na szczelinie – związek pomiędzy dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny i długością fali * podaje warunki, w jakich może zachodzić dyfrakcja fal, wskazuje jej przykłady w otaczającej rzeczywistości * opisuje zjawisko interferencji fal i przestrzenny obraz interferencji; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal * wskazuje przykłady zjawisk optycznych obserwowanych dzięki dyfrakcji i interferencji światła w przyrodzie (barwy niektórych organizmów żywych, baniek mydlanych) i Dw atmosferze (wieniec, iryzacja chmury, widmo Brockenu, gloria) * opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną oraz polaryzację światła wynikającą z poprzecznego charakteru fali i działanie polaryzatora * wskazuje przykłady wykorzystania polaryzacji światła, np.: ekrany LCD, niektóre gatunki zwierząt, które widzą światło spolaryzowane, okulary polaryzacyjne * analizuje jakościowo efekt Dopplera; podaje przykłady występowania zjawiska Dopplera * omawia efekt Dopplera dla fal elektromagnetycznych * podaje przykłady wykorzystania efektu Dopplera * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: * demonstrujerozproszenie fal przy odbiciu od powierzchni nieregularnej * demonstruje zjawisko załamania światła na granicy ośrodków * demonstruje odbicie i załamanie światła * obserwuje zjawisko dyfrakcji fal na wodzie * obserwuje interferencję fal dźwiękowych i interferencję światła * obserwuje interferencję światła na siatce dyfrakcyjnej * **obserwuje wygaszanie światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione prostopadle**, opisuje, ilustruje na schematycznym rysunku, analizuje i wyjaśnia obserwacje; formułuje wnioski * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * związane z opisem fal i zjawiskiem ich odbicia oraz rozpraszaniem światła * dotyczące załamania fal * dotyczące odbicia i załamania światła * związane z opisem tęczy i halo * związane z dyfrakcją i interferencją fal * dotyczące polaryzacji światła * związane z efektem Dopplera;   posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych; ilustruje, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi   * dokonuje syntezy wiedzy o zjawiskach falowych; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; prezentuje efekty własnej pracy, np. wyniki doświadczeń domowych * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności: zjawiska załamania fal, historii falowej teorii fal elektromagnetycznych, polaryzacji światła, zjawisk optycznych, historii badań efektu Dopplera | **Uczeń:**   * wyjaśnia przyczyny zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła: błękitny kolor nieba, czerwony kolor zachodzącego Słońca * Dopisuje zależność między kątami podania i załamania – prawo Snelliusa * wyjaśnia wyniki obserwacji zjawiska załamania światła na granicy ośrodków * wyjaśnia przyczyny zjawisk związanych z załamaniem światła, np.: złudzenia optyczne, fatamorgana (miraże) * Dzapisuje prawo Snelliusa dla kąta granicznego * omawia inne niż światłowód przykłady wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia (np. fal dźwiękowych) * opisuje drugą tęczę jako przykład zjawiska optycznego powstającego dzięki rozszczepieniu światła * doświadczalnie obserwuje zjawisko dyfrakcji światła * omawia praktyczne znaczenie dyfrakcji światła i dyfrakcji dźwięku * stosuje zasadę superpozycji fal do wyjaśniania zjawisk * wyjaśnia wyniki obserwacji interferencji fal dźwiękowych i interferencji światła * wyjaśnia) zjawisko interferencji fal i przestrzenny obraz interferencji; opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami fal * Drozróżnia światło spójne i światło niespójne * wyjaśnia wyniki obserwacji interferencji światła na siatce dyfrakcyjnej * Dopisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; Danalizuje jakościowo zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy * opisuje przykłady zjawisk optycznych obserwowanych dzięki dyfrakcji i interferencji światła: w przyrodzie (barwy niektórych organizmów żywych, baniek mydlanych) i Dw atmosferze (wieniec, iryzacja chmury, widmo Brockenu, gloria) * wyjaśnia obserwacjęwygaszania światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawioneprostopadle oraz Dobserwację polaryzacji przy odbiciu * opisuje przykłady występowania polaryzacji światła, np.: ekrany LCD, niektóre gatunki zwierząt, które widzą światło spolaryzowane, okulary polaryzacyjne * interpretuje wzór opisujący efekt Dopplera; stosuje go do wyjaśniania zjawisk * Domawia na wybranych przykładach powstawanie fali uderzeniowej * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące treści tego rozdziału, w szczególności: * związane z opisem fal i zjawiskiem ich odbicia oraz rozpraszaniem światła * dotyczące załamania fal * dotyczące odbicia i załamania światła * związane z dyfrakcją i interferencją fal * dotyczące polaryzacji światła * związane z efektem Dopplera;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności zjawiska odbicia fal (np. lustra weneckie, barwy ciał), * prezentuje efekty własnej pracy, np. projekty dotyczące treści rozdziału *Zjawiska falowe*; planuje i modyfikuje przebieg wybranych doświadczeń domowych, formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Zjawiska falowe*, w szczególności: * związane z opisem fal i zjawiskiem ich odbicia oraz rozpraszaniem światła * dotyczące załamania fal * dotyczące odbicia i załamania światła * związane z opisem tęczy i halo * związane z dyfrakcją i interferencją fal * dotyczące polaryzacji światła * związane z efektem Dopplera;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką tego rozdziału; planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń domowych, formułuje i weryfikuje hipotezy; projektuje okulary polaryzacyjne | **Uczeń:**   * rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Zjawiska falowe*, w szczególności: * związane z opisem fal i zjawiskiem ich odbicia oraz rozpraszaniem światła * dotyczące załamania fal * dotyczące odbicia i załamania światła * związane z opisem tęczy i halo * związane z dyfrakcją i interferencją fal * dotyczące polaryzacji światła * związane z efektem Dopplera |
| **10. Fizyka atomowa** | | | | |
| **Uczeń:**   * informuje, na czym polega zjawisko fotoelektryczne; posługuje się pojęciem *fotonu* * Dwskazuje przyczyny efektu cieplarnianego * posługuje się pojęciem *widma* * opisuje jakościowo uproszczony model budowy atomu * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: * obserwuje promieniowanie termiczne * obserwuje widma żarówki i świetlówki;   przedstawia wyniki obserwacji, formułuje wnioski   * rozwiązuje proste zadanialub problemy dotyczące:   + zjawisk fotoelektrycznego   + promieniowania termicznego ciał   + powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących, ustala odpowiedzi, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * opisuje zjawisko fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej; wskazuje i opisuje przykłady tego zjawiska * opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; wyjaśnia pojęcie *fotonu* oraz jego energii; interpretuje wzór na energię fotonu, stosuje go do obliczeń * posługuje się pojęciami *elektronowoltu* i *pracy wyjścia* * Dinterpetuje podany wzór na długość fali de Broglie’a, stosuje go do obliczeń * opisuje wynik obserwacji promieniowania termicznego, formułuje wniosek * analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury, wskazuje przykłady wykorzystania tej zależności * Dposługuje się pojęciem *ciała doskonale czarnego*; wskazuje ciała, które w przybliżeniu są jego przykładami i omawia ich promieniowanie * Domawia skutki efektu cieplarnianego w przypadku przyrody i ludzi * Dwymienia główne źródła emisji gazów cieplarnianych; porównuje je pod względem stopnia przyczyniania się do efektu cieplarnianego * Domawia sposoby ograniczania efektu cieplarnianego * porównuje widma żarówki i świetlówki * rozróżnia widma ciągłe i liniowe oraz widma emisyjne i absorpcyjne; opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów * analizuje i porównuje widma emisyjne i absorpcyjne tej samej substancji, opisuje je jakościowo * posługuje się pojęciem *orbit dozwolonych*; informuje, że energia elektronu w atomie nie może być dowolna, opisuje jakościowo jej zależność od odległości elektronu od jądra * rozróżnia stan podstawowy atomu i jego stany wzbudzone; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach w związku z emisją lub absorpcją kwantu światła * opisuje zjawisko jonizacji jako wywoływane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej; posługuje się pojęciem *energii jonizacji* * Dpodaje postulaty Bohra; opisuje model atomu Bohra, wskazuje jego ograniczenia; wykazuje, że promień *n*-tej orbity elektronu w atomie wodoru jest proporcjonalny do kwadratu numeru tej orbity * opisuje widmo wodoru na podstawie zdjęcia * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * dotyczące zjawisk fotoelektrycznego i promieniowania termicznego ciał * Dzwiązane z falami materii * Ddotyczące efektu cieplarnianego i jego ograniczania * związane z analizą oraz opisem widm emisyjnych i absorpcyjnych * dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji * Ddotyczące modelu atomu Bohra oraz widm atomu wodoru;   wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe; posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych; stosuje do obliczeń związek gęstości z masą i objętością; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi   * dokonuje syntezy wiedzy z rozdziału *Fizyka atomowa*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności: Defektu cieplarnianego, historii odkryć kluczowych dla rozwoju mechaniki kwantowej * prezentuje efekty własnej pracy, np.: doświadczeń domowych i obserwacji | **Uczeń:**   * wyjaśnia na przykładach mechanizm zjawiska fotoelektrycznego * stosuje do wyjaśniania zjawisk wzór na energię fotonu * wykorzystuje pojęcia *energii fotonu* oraz *pracy wyjścia* w analizie bilansu energetycznego zjawiska fotoelektrycznego, wyznacza energię kinetyczną wybitego elektronu * Dopisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek, podaje przykłady ich wykorzystania * Dposługuje się pojęciem *fal materii* (fal de Broglie’a); stosuje podany wzór na długość fali de Broglie’a do wyjaśniania zjawisk * Duzasadnia, że pomiędzy mikroświatem a makroświatem nie ma wyraźnej granicy; uzasadnia, dlaczego w życiu codziennym nie obserwujemy falowej natury ciał * Danalizuje zależność mocy ich promieniowania od jego częstotliwości w przypadku Słońca i włókna żarówki * Dwyjaśnia, na czym polega efekt cieplarniany; opisuje jego powstawanie * wyjaśnia, dlaczego prążki w widmach emisyjnych i absorpcyjnych dla danego gazu przy tych samych częstotliwościach znajdują się w tych samych miejscach * Dwyznacza promień *n*-tej orbity elektronu w atomie wodoru * Danalizuje i opisuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widma atomu wodoru; Dposługuje się wzorami Balmera i Rydberga, stosuje je do obliczeń * Dposługuje się wzorem na energię elektronu w atomie wodoru na *n*-tej orbicie, interpretuje ten wzór * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * dotyczące zjawisk fotoelektrycznego i  promieniowania termicznego ciał * Dzwiązane z falami materii * Ddotyczące efektu cieplarnianego i jego ograniczania * związane z analizą oraz opisem widm emisyjnych i absorpcyjnych * dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji * Ddotyczące modelu atomu Bohra oraz widm atomu wodoru;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, które dotyczą treści tego rozdziału, w szczególności: zjawisk fotoelektrycznego i  natury światła, historii odkryć kluczowych dla rozwoju kwantowej teorii promieniowania (założenie Plancka), wykorzystania analizy promieniowania (widm) podczas poznawania budowy gwiazd i jako metody współczesnej kryminalistyki * planuje przebieg wybranych doświadczeń domowych i obserwacji, formułuje i weryfikuje hipotezy; prezentuje przedstawiony projekt związany z tematyką tego rozdziału | **Uczeń:**   * rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Fizyka atomowa*, w szczególności: * dotyczące zjawisk fotoelektrycznego * Dzwiązane z falami materii * dotyczące promieniowania termicznego ciał * dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji oraz Dwidm atomu wodoru;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką tego rozdziału; planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń domowych oraz obserwacji, formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * Dwykazuje, że model Bohra wyjaśnia wzór Rydberga; Danalizuje różne modele wybranego zjawiska * rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Fizyka atomowa*, w szczególności: * dotyczące zjawisk fotoelektrycznego * Dzwiązane z falami materii * dotyczące promieniowania termicznego ciał * dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji oraz Dwidm atomu wodoru |
| **11. Fizyka jądrowa. Gwiazdy i Wszechświat** | | | | |
| **Uczeń:**   * posługuje się pojęciami: *pierwiastek*, *jądro atomowe*, *izotop*, *proton*, *neutron* i *elektron* do opisu składu materii * informuje, że w niezjonizowanym atomie liczba elektronów poruszających się wokół jądra jest równa liczbie protonów w jądrze * obserwuje wykrywanie promieniotwórczości różnych substancji; przedstawia wyniki obserwacji * odróżnia reakcje chemiczne od reakcji jądrowych * podaje przykłady wykorzystania reakcji rozszczepienia * podaje warunki, w jakich może zachodzić reakcja termojądrowa przemiany wodoru w hel * podaje reakcje termojądrowe przemiany wodoru w hel jako źródło energii Słońca oraz podaje warunki ich zachodzenia * podaje przybliżony wiek Słońca * wskazuje początkową masę gwiazdy jako czynnik warunkujący jej ewolucję * podaje przybliżony wiek Wszechświata * rozwiązuje proste zadanialub problemy:   + związane z opisem składu jądra atomowego; ilustruje na schematycznych rysunkach jądra wybranych izotopów   + związane z właściwościami promieniowania jądrowego   + dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na organizmy żywe   + dotyczące reakcji jądrowych   + związane z czasem połowicznego rozpadu   + związane z energią jądrową   + dotyczące równoważności energii i masy   + związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, przelicza jednostki, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących, ustala odpowiedzi, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej * posługuje się pojęciem *sił przyciągania jądrowego* * wyjaśnia, na czym polega promieniotwórczość naturalna; wymienia wybrane metody wykrywania promieniowania jądrowego * opisuje obserwacje związane z wykrywaniem promieniotwórczości różnych substancji; podaje przykłady substancji emitujących promieniowanie jądrowe w otaczającej rzeczywistości * wymienia właściwości promieniowania jądrowego; rozróżnia promieniowanie: alfa (α), beta (β) i gamma (γ) * podaje przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie * odróżnia promieniowanie jonizujące od promieniowania niejonizującego; informuje, że promieniowanie jonizujące wpływa na materię oraz na organizmy żywe * podaje przykłady wykorzystywania promieniowania jądrowego w medycynie * opisuje powstawanie promieniowania gamma * opisuje rozpady alfa (α) i beta (β); zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku * opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem *czasu połowicznego rozpadu*, podaje przykłady zastosowania prawa połowicznego rozpadu * opisuje zależność liczby jąder lub masy izotopu promieniotwórczego od czasu, szkicuje wykres tej zależności * opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu 235U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu, uzupełnia zapis takiej reakcji; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej; informuje, co to jest masa krytyczna * opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej * opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel – reakcję syntezy termojądrowej – zachodzącą w gwiazdach; zapisuje i omawia reakcję termojądrową na przykładzie syntezy jąder trytu i deuteru * wymienia ograniczenia i perspektywy wykorzystania energii termojądrowej * stwierdza, że ciało emitujące energię traci masę; interpretuje i stosuje do obliczeń wzór wyrażający równoważność energii i masy * posługuje się pojęciami *energii wiązania* i *deficytu masy*; oblicza te wielkości dla dowolnego izotopu * stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych * opisuje, jak Słońce będzie produkować energię, gdy wodór się skończy – reakcję przemiany helu w węgiel * opisuje elementy ewolucji Słońca (czerwony olbrzym, mgławica planetarna, biały karzeł) * opisuje elementy ewolucji gwiazd: najlżejszych, o masie podobnej do masy Słońca, oraz gwiazd masywniejszych od Słońca; omawia supernowe i czarne dziury * opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; opisuje jakościowo rozszerzanie się Wszechświata – ucieczkę galaktyk * wymienia najważniejsze metody badania kosmosu * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * związane z opisem składu jądra atomowego i właściwościami promieniowania jądrowego * dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na organizmy żywe * dotyczące reakcji jądrowych * związane z czasem połowicznego rozpadu * związane z energią jądrową i z reakcją oraz energią syntezy termojądrowej * dotyczące równoważności energii i masy * związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy * dotyczące życia Słońca * dotyczące Wszechświata;   wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe; posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych; uzupełnia zapisy reakcji jądrowych; wykonuje obliczenia szacunkowe, posługuje się kalkulatorem, analizuje otrzymany wynik; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi   * dokonuje syntezy wiedzy z rozdziału *Fizyka jądrowa. Gwiazdy i Wszechświat*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności: historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki jądrowej, historii badań promieniotwórczości naturalnej, energii jądrowej, reakcji jądrowych, równoważności masy-energii, ewolucji gwiazd * prezentuje efekty własnej pracy, np.: analizy wskazanego tekstu, wybranych obserwacji | **Uczeń:**   * omawia doświadczenie Rutherforda * opisuje wybrane metody wykrywania promieniowania jądrowego * opisuje przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie * opisuje wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe * opisuje przykłady wykorzystania promieniowania jądrowego w medycynie * wykorzystuje do obliczeń wykres zależności liczby jąder izotopu promieniotwórczego od czasu * Dopisuje zasadę datowania substancji – skał, zabytków, szczątków organicznych – na podstawie zawartości izotopów promieniotwórczych; stosuje ją do obliczeń * omawia budowę reaktora jądrowego * wyjaśnia, dlaczego żelazo jest pierwiastkiem granicznym w możliwościach pozyskiwania energii jądrowej * Dposługuje się pojęciem *energii spoczynkowej*; * oblicza energię wyzwoloną podczas reakcji jądrowych przez porównanie mas substratów i produktów reakcji * opisuje powstawanie pierwiastków we Wszechświecie oraz ewolucję i dalsze losy Wszechświata * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na organizmy żywe * dotyczące reakcji jądrowych * związane z czasem połowicznego rozpadu * związane z energią jądrową * związane z reakcją i energią syntezy termojądrowej * dotyczące równoważności energii i masy * związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy * dotyczące życia Słońca * dotyczące Wszechświata;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności: skutków i zastosowań promieniowania jądrowego, występowania oraz wykorzystania izotopów promieniotwórczych (np. występowanie radonu, pozyskiwanie helu), reakcji jądrowych, równoważności masy-energii, ewolucji gwiazd, historii badań dziejów Wszechświata * prezentuje efekty własnej pracy, np. analizy samodzielnie wyszukanego tekstu, wybranych obserwacji, realizacji przedstawionego projektu | **Uczeń:**   * rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Fizyka jądrowa. Gwiazdy i Wszechświat*, w szczególności: * dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na materię i na organizmy żywe * dotyczące reakcji jądrowych * związane z czasem połowicznego rozpadu * związane z energią jądrową i energią syntezy termojądrowej * dotyczące równoważności energii i masy * związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy;   ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia; formułuje hipotezy   * realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką tego rozdziału; planuje i modyfikuje przebieg wskazanych obserwacji, formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Fizyka jądrowa. Gwiazdy i Wszechświat*, w szczególności: * dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na materię i na organizmy żywe * dotyczące reakcji jądrowych * związane z czasem połowicznego rozpadu * związane z energią jądrową i energią syntezy termojądrowej * dotyczące równoważności energii i masy * związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy |