**WYMAGANIA EDUKACYJNE Z FIZYKI**

**KLASA 4, POZIOM ROZSZERZONY**

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

# 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).
4. Wymagania umożliwiające uzyskanie stopnia **celującego** obejmują wymagania na stopień bardzo dobry, uczeń jest twórczy, rozwiązuje zadania problemowe w sposób niekonwencjonalny; potrafi dokonać syntezy wiedzy, a na tej podstawie sformułować hipotezy badawcze i zaproponować sposób ich weryfikacji; samodzielnie prowadzi badania o charakterze naukowym; z własnej inicjatywy pogłębia wiedzę, korzystając z różnych źródeł; poszukuje zastosowań wiedzy w praktyce; dzieli się wiedzą z innymi uczniami; osiąga sukcesy w konkursach pozaszkolnych z dziedziny fizyki lub w olimpiadzie fizycznej.

# 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 stopnie

(wymagania na kolejne stopnie się **kumulują** - obejmują również wymagania na stopnie niższe)

Symbolem R oznaczono treści spoza podstawy programowej; doświadczenia obowiązkowe zapisano pogrubioną czcionką

| **Stopień dopuszczający** | Stopień dostateczny | Stopień dobry | Stopień bardzo dobry |
| --- | --- | --- | --- |
| **16. Fale elektromagnetyczne i optyka** |
| **Uczeń:*** wskazuje zmianę pola elektrycznego

lub magnetycznego jako źródło fali elektromagnetycznej* wymienia rodzaje fale elektromagnetycznych; wskazuje przykłady ich zastosowania
* opisuje światło białe jako mieszaninę barw
* 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* opisuje światło białe jako mieszaninę barw

i ilustruje to rozszczepieniem światła w pryzmacie; wymienia inne przykłady rozszczepienia światła* rozróżnia soczewki skupiające

i rozpraszające, stosuje ich schematyczne oznaczenia, opisuje bieg wiązki światła przez te soczewki; posługuje się pojęciami ogniska, ogniskowej* opisuje mechanizm tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą oraz podaje reguły jego konstruowania; rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewkę skupiającą
* opisuje rolę soczewek w korygowaniu wad wzroku: krótkowzroczności

i dalekowzroczności* rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone
* opisuje zasadę działania lupy; wskazuje zastosowanie lupy, Rlunety astronomicznej, Rlunety Galileusza, Rmikroskopu optycznego, Rteleskopu zwierciadlanego
* opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane
* objaśnia działanie filtrów polaryzacyjnych
* 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
	+ rozszczepienia światła
	+ soczewek
	+ tworzenia obrazu rzeczywistego

przez soczewkę skupiającą* + tworzenia obrazów pozornych

przez soczewki* + lupy
	+ polaryzacji światła,

w tym: 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 | **Uczeń:*** opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych
* stosuje zależność między długością, prędkością

i częstotliwością fali dla fal elektromagnetycznych* posługuje się pojęciem natężenia fali elektromagnetycznej wraz z jej jednostką
* 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 zjawisko dyfrakcji fal elektro-magnetycznych

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
* opisuje jakościowo obraz dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na kryształach
* wskazuje przykłady interferencji światła w przyrodzie: kolory na bańkach mydlanych, barwy strukturalne, wieniec wokół księżyca, iryzacja chmury, widmo Brockenu, gloria
* stosuje prawo odbicia na granicy dwóch ośrodków

do wyjaśniania zjawisk* wskazuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła: błękitny kolor nieba i czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla
* opisuje ilościowo załamanie światła przy przejściu

do innego ośrodka; stosuje prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków* opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; stosuje zasadę odwracalności biegu promienia światła

oraz prawo Snelliusa do wyjaśniania zjawisk i/lub obliczeń* posługuje się pojęciem współczynnika załamania światła (*n*) w danym ośrodku
* opisuje miraże (dolny i górny) jako przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z załamania światła
* stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu wewnętrznego odbicia światła
* oblicza kąt graniczny z prawa Snelliusa, interpretuje jego związek z współczynnikiem *n*
* opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia
* opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach
* wyjaśnia zjawisko rozszczepienia światła przy jego załamaniu; opisuje bieg światła przez pryzmat
* opisuje powstawanie tęczy i halo jako przykładu zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z rozszczepienia światła
* stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu rozszczepienia światła przez kroplę wody
* posługuje się pojęciem zdolności skupiającej wraz z jej jednostką, stosuje to pojęcie do obliczeń
* opisuje jakościowo zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania; stosuje przybliżenie cienkiej soczewki
* stosuje do obliczeń równanie soczewki przy obrazach rzeczywistych i pozornych; opisuje sposób pomiaru przybliżonej ogniskowej soczewki
* opisuje konstrukcję obrazów pozornych tworzonych przez soczewki oraz rysuje konstrukcyjnie te obrazy; określa cechy obrazu tworzonego przez soczewkę skupiającąw zależności od odległości przedmiotu

od soczewki* opisuje jakościowo zjawisko polaryzacji światła

przy przejściu przez polaryzator i podczas odbicia* wskazuje i opisuje zastosowania polaryzatorów
* 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* **bada związek między ogniskową soczewki**

**a położeniami przedmiotu i obrazu*** bada obrazy pozorne tworzone przez soczewki
* buduje i bada lunety: astronomiczną, Galileusza

oraz teleskop zwierciadlany* **obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle**

**i prostopadle** oraz polaryzację światła podczas jego odbicia; opisuje wyniki obserwacji, analizuje wyniki pomiarów, wyciąga wnioski* 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
* rozszczepienia światła
* soczewek i tworzenia obrazów przez soczewki

oraz wykorzystania równania soczewki* Rprzyrządów optycznych
* polaryzacji światła,

w tym: 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 * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących zwłaszcza: fal elektromagnetycznych, wykorzystania światłowodów, powstawania tęczy i halo, przyrządów optycznych, zastosowania polaryzatorów
* analizuje tekst: *O tym, do czego służą „odblaski”*

lub inny; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania prostych zadań lub problemów* dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** posługuje się wielkościami związanymi

z mocą światła* 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: kolory na bańkach mydlanych, barwy strukturalne, wieniec wokół księżyca, iryzacja chmury, widmo Brockenu, gloria* opisuje przykłady zjawisk optycznych

w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła: błękitny kolor nieba i czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla* udowadnia, że prawo Snelliusa można zapisać:
* wyjaśnia powstawanie miraży
* opisuje mechanizm powstawania okna Snelliusa
* wykazuje, że *n*fiol > *n*czerw
* wyjaśnia mechanizm powstawania tęczy
* Ropisuje ilościowo i interpretuje zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny

oraz współczynnika załamania* rozróżnia soczewki sferyczne i asferyczne; wyjaśnia, na czym polegają aberracje sferyczna i chromatyczna, wskazuje sposoby korygowania tych wad soczewek
* wyprowadza i interpretuje równanie soczewki
* Ropisuje zasady działania przyrządów optycznych: lunety astronomicznej, lunety Galileusza, mikroskopu optycznego, teleskopu zwierciadlanego; rysuje konstrukcyjnie obrazy tworzone przez

te przyrządy; posługuje się pojęciem powiększenia kątowego* analizuje zdolność rozdzielczą przyrządów optycznych w kontekście zjawiska dyfrakcji
* wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła

przy przejściu przez polaryzator i podczas jego odbicia* opisuje zmianę natężenia światła podczas przejścia przez polaryzator
* wyjaśnia wyniki przeprowadzonych obserwacji, opracowuje wyniki wykonanych pomiarów oraz planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania

lub problemy dotyczące:* powstawania i rozchodzenia się fal elektromagnetycznych
* dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
* interferencji światła
* odbicia i rozpraszania światła
* załamania światła
* wewnętrznego odbicia światła
* rozszczepienia światła
* soczewek
* tworzenia obrazu rzeczywistego
* przez soczewkę skupiającą
* tworzenia obrazów pozornych
* przez soczewki
* Rprzyrządów optycznych
* wykorzystania równania soczewki

i/lub równania zwierciadła* polaryzacji 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 *Fale elektromagnetyczne* *i optyka*, zwłaszcza dotyczące:* własności i zastosowań fal elektromagnetycznych
* dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
* wykorzystania światłowodów
* powstawania tęczy i halo
* przyrządów optycznych
* zastosowania polaryzatorów;

posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązania zadań i problemów* prezentuje wyniki własnych obserwacji

i doświadczeń domowych | **Uczeń:*** wykazuje, że pas tęczy widzimy pod kątem 42°, a tęcza jest kolorowa
* wyprowadza równanie soczewki przy obrazach pozornych
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące:
* fal elektromagnetycznych
* dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
* interferencji światła
* odbicia i rozpraszania światła
* załamania światła
* wewnętrznego odbicia światła
* rozszczepienia światła
* soczewek
* tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą
* tworzenia obrazów pozornych przez soczewki
* Rprzyrządów optycznych
* wykorzystania równania soczewki i/lub równania zwierciadła
* polaryzacji 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 *Fale elektromagnetyczne i optyka* |
| **17. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego** |
| **Uczeń:*** posługuje się pojęciem promieniowania termicznego
* przedstawia przyczyny oraz skutki globalnego ocieplenia
* rozróżnia smog i efekt cieplarniany
* objaśnia, na czym polega zjawisko fotoelektryczne
* opisuje światło jako strumień fotonów
* posługuje się pojęciem pędu fotonu
* wskazuje przykłady zjawisk ujawniających falowe albo cząsteczkowe własności światła
* wskazuje doświadczenia ujawniające falową naturę materii
* rozróżnia widma ciągłe i nieciągłe – dyskretne; wskazuje przykłady zastosowania analizy widm
* rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów
* rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu
* wskazuje zastosowania laserów
* opisuje promieniowanie rentgenowskie jako fale elektromagnetyczne
* wskazuje zastosowania promieniowania rentgenowskiego: zdjęcia rentgenowskie, tomografia komputerowa, obserwacje astronomiczne
* rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
	+ promieniowania termicznego
	+ efektu cieplarnianego
	+ zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
	+ falowej natury materii
	+ widm emisyjnych i absorpcyjnych
	+ Rmodelu Bohra
	+ promieniowania rentgenowskiego i jego widma,

w tym: 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 | **Uczeń:*** analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury
* porównuje promieniowanie termiczne Słońca i tradycyjnej żarówki
* przedstawia założenie Plancka dotyczące promieniowania termicznego jako kluczowe dla stworzenia mechaniki kwantowej; posługuje się pojęciem kwantu energii
* wyjaśnia, na czym polega i jak powstaje efekt cieplarniany w atmosferze, odwołując się do działania szklarni
* omawia przykłady sprzężenia zwrotnego efektu cieplarnianego
* przedstawia sposoby przeciwdziałania globalnemu ociepleniu
* porównuje smog i efekt cieplarniany
* opisuje zjawiska fotoelektryczne, fotochemiczne i jonizacji jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej
* stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii oraz zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do wyjaśniania zjawisk i obliczeń
* przedstawia bilans energetyczny zjawiska fotoelektrycznego oraz stosuje go do wyjaśniania tego zjawiska; posługuje się pojęciem pracy wyjścia wraz

z jej jednostką – elektronowoltem* stosuje zależność między pędem fotonu a jego częstotliwością i energią do wyjaśniania zjawisk

i obliczeń* opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła, stosuje zasadę zachowania energii i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy
* przedstawia mikroskopowy opis odbicia światła
* opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła
* opisuje doświadczenia ujawniające falową naturę materii; opisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek
* objaśnia hipotezę de Broglie’a o falowych własnościach materii; oblicza długość fali de Broglie’a poruszających się cząstek
* opisuje pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść elektronów między poziomami energetycznymi
* w atomach połączonych z emisją lub absorpcją kwantu światła
* analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widm atomowych wodoru
* Ropisuje model Bohra atomu wodoru
* schematycznie przedstawia poziomy energetyczne atomu wodoru i przejścia między tymi poziomami połączone z emisją lub absorpcją kwantu; posługuje się pojęciem energii jonizacji
* opisuje powstawanie promieniowania rentgenowskiego jako promieniowania hamowania; oblicza krótkofalową granicę widma promieniowania rentgenowskiego
* omawia wytwarzanie promieniowania rentgenowskiego w lampie rentgenowskiej; analizuje widmo tego promieniowania
* przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisów:
* bada promieniowanie termiczne
* bada rolę diody LED jako fotodiody
* obserwuje widma atomowe za pomocą siatki dyfrakcyjnej;

opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski* rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
* promieniowania termicznego
* efektu cieplarnianego
* zjawiska fotoelektrycznego i fotokomórki
* pędu fotonu
* falowej natury materii
* widm emisyjnych i absorpcyjnych
* Rmodelu Bohra
* promieniowania rentgenowskiego i jego widma,

w tym: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, ilustruje i/lub uzasadnia swoje odpowiedzi * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczących treści działu *Fizyka atomowa*, w tym: efektu cieplarnianego, falowej natury materii, widm, promieniowania rentgenowskiego
* dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fizyka atomowa*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** wyjaśnia, do czego służy model ciała doskonale czarnego
* podaje zależność wyrażającą prawo Wiena oraz stosuje ją do wyjaśniania zjawisk

i obliczeń* stosuje do obliczeń bilans energetyczny zjawiska fotoelektrycznego
* wyjaśnia, na czym polega zjawisko Comptona
* wyjaśnia, dlaczego zjawisk związanych

z odrzutem atomów nie obserwujemy w życiu codziennym* objaśnia założenia mechaniki kwantowej
* wyjaśnia budowę i zasadę działania mikroskopu elektronowego; uzasadnia ograniczoną zdolność rozdzielczą mikroskopu optycznego
* opisuje przykłady zastosowania analizy widm
* interpretuje układ linii widmowych atomu wodoru; stosuje do obliczeń wzór Rydberga
* Ropisuje wymuszoną emisję promieniowania oraz powstawanie światła laserowego; omawia zastosowania laserów
* Ruzasadnia założenia modelu Bohra atomu wodoru odnoszące się do falowej natury materii, wskazuje ograniczenia
* omawia wytwarzanie promieniowania rentgenowskiego w laserze na swobodnych elektronach oraz zastosowania tego lasera
* opisuje na przykładach zastosowania promieniowania rentgenowskiego
* wyjaśnia wyniki przeprowadzonych obserwacji oraz planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania

lub problemy dotyczące:* promieniowania termicznego i prawa Wiena
* efektu cieplarnianego
* zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
* falowej natury materii
* widm emisyjnych i absorpcyjnych
* Rmodelu Bohra
* promieniowania rentgenowskiego i jego widma

oraz: uzasadnia swoje rozwiązania oraz podane stwierdzenia lub zależności, ilustruje je graficznie* wyszukuje i analizuje materiały źródłowe,

w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści działu *Fizyka atomowa*, a w szczególności dotyczące:* efektu cieplarnianego
* falowej natury materii
* widm
* promieniowania rentgenowskiego;

posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązania zadań i problemów* realizuje i prezentuje opisany

w podręczniku projekt *Spektroskop* | **Uczeń:*** Rwyznacza *n*-ty promień orbity elektronowej w atomie wodoru oraz energię elektronu na tej orbicie; Rwyprowadza wzór Rydberga z modelu Bohra
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące:
* promieniowania termicznego i prawa Wiena
* efektu cieplarnianego
* zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
* falowej natury materii
* widm emisyjnych

i absorpcyjnych* Rmodelu Bohra
* promieniowania rentgenowskiego i jego widma

oraz wykazuje lub udowadnia podane zależności, ilustruje je graficznie* planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany

z treściami działu *Fizyka atomowa*; formułuje i weryfikuje hipotezy |
| **18. Fizyka jądrowa** |
| **Uczeń:*** posługuje się do opisu składu materii pojęciami: pierwiastek, jądro atomowe, nukleon, proton, neutron, elektron, izotop, cząstka elementarna
* posługuje się pojęciami: masa atomowa wraz jej jednostką, liczba masowa i liczba atomowa
* wyjaśnia różnice między reakcjami chemicznymi a jądrowymi; posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego
* wskazuje przykłady rozpadów alfa, beta
* wymienia właściwości promieniowania jądrowego
* rozróżnia promieniowanie jonizujące

i niejonizujące; wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe* wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice

i medycynie* opisuje jakościowo związek między zmianą energii ciała i zmianą jego masy
* wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej
* wskazuje łączenie się jąder pierwiastków lekkich jako reakcję syntezy termojądrowej; rozróżnia syntezę termojądrową i reakcję rozszczepienia
* posługuje się pojęciem galaktyki, rozróżnia galaktyki i gwiazdozbiory
* podaje przybliżony wiek Wszechświata
* rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
	+ składu jądra atomowego
	+ reakcji jądrowych
* promieniowania jądrowego
	+ rozpadu promieniotwórczego
	+ energii jądrowej
	+ reakcji syntezy termojądrowej
	+ ewolucji Słońca i innych gwiazd
	+ rozszerzania się Wszechświata

i ucieczki galaktyk,w tym: 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 | **Uczeń:*** opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej
* posługuje się pojęciami: antycząstka, antymateria, antyelektron (pozyton)
* opisuje kreację lub anihilację par cząstka-antycząstka; oblicza energię powstałą w wyniku anihilacji
* opisuje jakościowo oddziaływania jądrowe
* przedstawia wybrane informacje z historii odkrycia jądra atomowego, a w szczególności omawia doświadczenie Rutherforda
* opisuje rozpady alfa, beta plus i beta minus (β+ i β−) oraz zapisuje przykłady takich przemian jądrowych
* zapisuje reakcje jądrowe z zastosowaniem zasady zachowania liczby nukleonów i zasady zachowania ładunku
* opisuje powstawanie promieniowania gamma; opisuje właściwości promieniowania jądrowego
* doświadczalnie bada promieniowanie różnych substancji; przedstawia wyniki
* omawia wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe; wyjaśnia, dlaczego promieniowanie w dużych dawkach jest niebezpieczne dla zdrowia
* omawia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie
* opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych
* opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; analizuje

i szkicuje wykres zależności liczby jąder materiału promieniotwórczego od czasu* opisuje zasadę datowania substancji za pomocą węgla 14C
* opisuje ilościowo związek między zmianą energii ciała

i zmianą jego masy; stosuje do obliczeń wzór D*E* = D*mc*2 * wykazuje, że jednostkę współczynnika *c*2 można zapisać w postaci ; interpretuje wartość tego współczynnika
* posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; stosuje wzór *E* = *mc*2 do obliczeń
* posługuje się pojęciami deficytu masy i energii wiązania; stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych
* oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania
* opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu 235U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej
* opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej
* porównuje syntezę termojądrową z reakcją rozszczepienia
* wyjaśnia, dlaczego Słońce i inne gwiazdy świecą; opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach
* opisuje elementy ewolucji Słońca i innych gwiazd
* rozróżnia białe i czarne karły, czerwone olbrzymy, supernowe, gwiazdy neutronowe oraz czarne dziury
* opisuje miejsce Układu Słonecznego w Galaktyce; posługuje się pojęciami roku świetlnego i parseka
* opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; oblicza przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata zwane ucieczką galaktyk
* opisuje zależność między odległością do galaktyki

a prędkością jej oddalania się; stosuje do obliczeń prawo Hubble’a* rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
* składu jądra atomowego oraz anihilacji pary

cząstka–antycząstka* reakcji jądrowych
* promieniowania jądrowego
* rozpadu promieniotwórczego
* energii jądrowej
* reakcji syntezy termojądrowej
* ewolucji Słońca i innych gwiazd
* rozszerzania się Wszechświata i ucieczki galaktyk,

w tym: posługuje się tablicami fizycznymi lub chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, przeprowadza obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora, ilustruje i/lub uzasadnia swoje odpowiedzi, zapisuje równania reakcji jądrowych* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści działu *Fizyka jądrowa*, zwłaszcza: zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie, datowania substancji za pomocą węgla 14C, energetyki jądrowej i różnych rodzajów elektrowni, ewolucji gwiazd
* dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fizyka jądrowa*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** stosuje zasady zachowania energii

i pędu oraz zasadę zachowania ładunku do analizy kreacji lub anihilacji pary elektron-pozyton* omawia sposoby wykrywania promieniowania jądrowego oraz wyznaczania energii kwantów gamma; przedstawia stosowane obecnie

i Rdawniej wielkości i jednostki miar opisujące promieniowanie jądrowe* omawia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie
* wyjaśnia, że fizyka klasyczna jest deterministyczna, a fizyka współczesna – indeterministyczna
* stosuje prawo rozpadu promieniotwórczego do rozwiązywania zadań
* opisuje zastosowania czasu połowicznego rozpadu, gdy znamy jego wartość
* omawia problemy związane z budową elektrowni termojądrowych i plany przezwyciężenia tych problemów
* omawia cykl życia gwiazdy w zależności od jej masy
* omawia supernowe i czarne dziury
* omawia powstawanie pierwiastków

we Wszechświecie* opisuje obserwacje świadczące zarówno o słuszności teorii Wielkiego Wybuchu, jak i rozszerzaniu się Wszechświata
* stosuje do obliczeń wzory na częstotliwość i długość fali wynikające z efektu Dopplera dla światła
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące:
* składu jądra atomowego oraz anihilacji pary cząstka-antycząstka
* reakcji jądrowych
* promieniowania jądrowego
* rozpadu promieniotwórczego
* związku między masą a energią
* energii jądrowej
* reakcji syntezy termojądrowej
* ewolucji Słońca i innych gwiazd
* przesunięcia ku czerwieni i ucieczki galaktyk

oraz: ilustruje i/lub uzasadnia swoje rozwiązania lub podane stwierdzenia* wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści działu *Fizyka jądrowa*, dotyczące:
* zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice

i medycynie* zastosowania czasu połowicznego rozpadu
* energetyki jądrowej
* różnych rodzajów elektrowni
* ewolucji gwiazd
* rozszerzania się Wszechświata;

posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązania zadań i problemów* analizuje tekst: *Jod ze Świerka dla pół miliona pacjentów...* lub inny, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi

i wykorzystuje do rozwiązania zadań lub problemów | **Uczeń:*** rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące:
* składu jądra atomowego oraz anihilacji pary cząstka-antycząstka
* reakcji jądrowych
* promieniowania jądrowego
* rozpadu promieniotwórczego
* związku między masą

a energią* energii jądrowej
* reakcji syntezy termojądrowej
* ewolucji Słońca i innych gwiazd
* przesunięcia ku czerwieni

i ucieczki galaktykoraz wykazuje podane stwierdzenia* planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany

z treściami działu *Fizyka jądrowa*; formułuje i weryfikuje hipotezy |
| **19. Elementy fizyki relatywistycznej** |
| **Uczeń:*** stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza)
* wskazuje niezależność prędkości światła

w próżni od prędkości źródła i prędkości obserwatora* wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu informacji
* wskazuje, że równoczesność zdarzeń zależy od układu odniesienia
* rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
	+ czasoprzestrzeni
	+ względności równoczesności
	+ historii rozwoju teorii względności
	+ związku między masą a energią,

w tym: 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 | **Uczeń:*** opisuje i stosuje transformacje Galileusza
* posługuje się pojęciami: czasoprzestrzeń, zdarzenie, trajektoria
* analizuje trajektorie ciał spoczywających lub poruszających się
* stosuje zasadę względności Einsteina
* wyjaśnia, kiedy możemy stosować transformację Galileusza
* opisuje względność równoczesności
* wskazuje na diagramie czasoprzestrzennym przykłady zdarzeń, których kolejność czasowa zależy od układu odniesienia
* Ropisuje paradoks bliźniąt
* przedstawia wybrane informacje z historii rozwoju teorii względności
* posługuje się pojęciem energii całkowitej jako sumy energii spoczynkowej i kinetycznej; rozróżnia energię newtonowską i relatywistyczną
* posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; stosuje do obliczeń wzór na energię całkowitą
* wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu energii
* analizuje zależność energii od prędkości według fizyki newtonowskiej i relatywistycznej
* rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
* czasoprzestrzeni
* transformacji Lorentza
* względności równoczesności
* historii rozwoju teorii względności
* związku między masą a energią
* energii całkowitej,

w tym: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, uzasadnia swoje odpowiedzi* posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu *Elementy fizyki relatywistycznej*
* dokonuje syntezy wiedzy z działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 | **Uczeń:*** przedstawia transformacje Galileusza

w czasoprzestrzeni* stosuje pojęcia: czasoprzestrzeń, zdarzenie, trajektoria w rozwiązywaniu zadań
* rysuje trajektorie ciał spoczywających

lub poruszających się* wyjaśnia, dlaczego transformacji Galileusza nie można pogodzić z zasadą względności Einsteina; porównuje teorie Galileusza

i Einsteina* opisuje geometrycznie i przedstawia graficznie transformację Lorentza, wykorzystuje ją

do rozwiązywania zadań* wykazuje stałość prędkości światła
* wyjaśnia względność równoczesności zdarzeń

na podstawie diagramu czasoprzestrzennego * wyjaśnia, dlaczego istnienie zdarzeń,

których kolejność czasowa zależy od układu odniesienia, nie prowadzi do paradoksów* Ropisuje zjawiska: dylatację czasu i skrócenie Lorentza; ilustruje te zjawiska na diagramie czasoprzestrzennym
* Rwyjaśnia, dlaczego dylatacja czasu i skrócenie Lorentza nie prowadzą

do sprzeczności; wyjaśnia paradoks bliźniąt* Ropisuje obraz świata przy wielkich prędkościach oraz ideę ogólnej teorii względności
* porównuje wskazane teorie z historii rozwoju teorii względności
* porównuje energię spoczynkową z innymi formami energii
* wyjaśnia, że zasada zachowania energii obowiązuje także w fizyce relatywistycznej oraz, że są różne umowy, co do znaczenia słowa *masa*
* opisuje zależność energii całkowitej

od prędkości* wyjaśnia, dlaczego przez zwiększanie energii kinetycznej ciała nie da się przekroczyć prędkości światła
* porównuje) zależność energii od prędkości według fizyki newtonowskiej i relatywistycznej
* rozwiązuje złożone (typowe) zadania

lub problemy dotyczące:* czasoprzestrzeni
* transformacji Lorentza
* względności równoczesności
* Rdylatacji czasu i/lub skrócenia Lorentza
* energii całkowitej

oraz: uzasadnia swoje rozwiązania, ilustruje je graficznie; analizuje i ocenia podane informacje* analizuje tekst: *Świat zdrowo zafalował*

lub inny, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania zadań lub problemów* wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści tego działu; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów oraz wykorzystuje

do rozwiązania zadań i problemów | **Uczeń:*** Rzapisuje za pomocą wzorów transformację Lorentza, wykorzystuje te wzory do rozwiązywania złożonych problemów
* Ropisuje ruch plamki światła przesuwającej się po Księżycu
* Rwykazuje na wybranym przykładzie, że poruszające ciało skraca się w kierunku ruchu
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące:
* czasoprzestrzeni
* transformacji Lorentza
* względności równoczesności
* Rdylatacji czasu i skrócenia Lorentza
* energii całkowitej

oraz wykazuje lub udowadnia podane związki lub zależności* planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany

z treściami działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; formułuje i weryfikuje hipotezy |