**FIZYKA KLASA 4 (zakres rozszerzony)**

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

| **Stopień dopuszczający** | Stopień dostateczny | Stopień dobry | Stopień bardzo dobry | Stopień celujący |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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, Dlunety astronomicznej, Dlunety Galileusza, Dmikroskopu optycznego, Dteleskopu 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
* 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* 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
* 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
* 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* 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**; 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* Dprzyrządów 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* opisuje przykłady zjawisk optycznych

w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła* udowadnia, że prawo Snelliusa można zapisać:
* wyjaśnia powstawanie miraży
* opisuje mechanizm powstawania okna Snelliusa
* wykazuje, że *n*fiol > *n*czerw
* wyjaśnia mechanizm powstawania tęczy
* Dopisuje 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
* Dopisuje zasady działania przyrządów optycznych: lunety astronomicznej, lunety Galileusza, mikroskopu optycznego, teleskopu zwierciadlanego; rysuje konstrukcyjnie obrazy tworzone przez

te przyrządy; posługuje się pojęciem powiększenia kątowego* wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła

przy przejściu przez polaryzator* 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
* Dprzyrządów 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
* Dprzyrządów 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
 | **Uczeń:**planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |
| **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
* rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
	+ promieniowania termicznego
	+ efektu cieplarnianego
	+ zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
	+ falowej natury materii
	+ widm emisyjnych i absorpcyjnych
	+ Dmodelu Bohra

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
* posługuje się pojęciem kwantu energii;****przedstawia założenie Plancka dotyczące promieniowania termicznego jako kluczowe dla stworzenia mechaniki kwantowej
* 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 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
* Dopisuje 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
* 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
* Dmodelu Bohra

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
* 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;
* opisuje przykłady zastosowania analizy widm
* interpretuje układ linii widmowych atomu wodoru
* Dopisuje wymuszoną emisję promieniowania oraz powstawanie światła laserowego; omawia zastosowania laserów
* Duzasadnia założenia modelu Bohra atomu wodoru odnoszące się do falowej natury materii, wskazuje ograniczenia
* 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
* Dmodelu Bohra

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

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

w podręczniku projekt *Spektroskop* | **Uczeń:*** Dwyznacza *n*-ty promień orbity elektronowej w atomie wodoru oraz energię elektronu na tej orbicie;
* 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* Dmodelu Bohra

oraz wykazuje lub udowadnia podane zależności, ilustruje je graficznie | **Uczeń:**planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |
| **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 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, wskazuje Słońce jako jedną z wielu gwiazd w Galaktyce oraz Galaktykę jako jedną z wielu galaktyk we Wszechświecie; 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 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 Δ*E* = Δ*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
* 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 Ddawniej 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 | **Uczeń:**planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |
| **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
	+ 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
* Dopisuje względność równoczesności
* wskazuje na diagramie czasoprzestrzennym przykłady zdarzeń, których kolejność czasowa zależy od układu odniesienia
* Dopisuje 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
* 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
* Dopisuje zjawiska: dylatację czasu i skrócenie Lorentza; ilustruje te zjawiska na diagramie czasoprzestrzennym
* Dwyjaśnia, dlaczego dylatacja czasu i skrócenie Lorentza nie prowadzą

do sprzeczności; wyjaśnia paradoks bliźniąt* Dopisuje 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
* Ddylatacji 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:*** Dzapisuje za pomocą wzorów transformację Lorentza, wykorzystuje te wzory do rozwiązywania złożonych problemów
* Dopisuje ruch plamki światła przesuwającej się po Księżycu
* Dwykazuje na wybranym przykładzie, że poruszające ciało skraca się w kierunku ruchu
* rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące:
* czasoprzestrzeni
* transformacji Lorentza
* Ddylatacji czasu i skrócenia Lorentza
* energii całkowitej

oraz wykazuje lub udowadnia podane związki lub zależności | **Uczeń:**planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |