**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 skupiającą w 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 galaktyk  oraz 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 |