

## Wymagania edukacyjne dla uczniów klas 4 liceum ogólnokształcącego na poziomie rozszerzonym (Nowa Era)

### W każdym dziale uczeń:

rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z omawianym zagadnieniem; wykonuje obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora; ustala i/lub uzasadnia swoje odpowiedzi

rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z omawianym zagadnieniem; uzasadnia rozwiązania lub podane stwierdzenia

### Dział 16. Fale elektromagnetyczne i optyka

<b>16.1. Czym są fale elektromagnetyczne</b>	(wskazuje zmianę pola elektrycznego lub magnetycznego jako źródło fali elektromagnetycznej; wymienia cechy wspólne i różnice w rozchodzeniu się fal mechanicznych i elektromagnetycznych); opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych
	stosuje zależność między długością, prędkością i częstotliwością fali dla fal elektromagnetycznych
<b>16.2. Widmo fal elektromagnetycznych</b>	(wymienia rodzaje fal elektromagnetycznych; wskazuje przykłady ich zastosowania); opisuje widmo fal elektromagnetycznych oraz wymienia źródła i własności fal z poszczególnych zakresów widma
	opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego na przykładzie schematu nadawania, rozchodzenia się i odbierania fal radiowych
	(opisuje światło białe jako mieszaninę barw), opisuje widmo światła białego jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach

	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych i tekstów popularnonaukowych przy opisywaniu zastosowania fal elektromagnetycznych z poszczególnych zakresów widma
<b>16.3. Dyfrakcja i interferencja fal elektromagnetycznych</b>	opisuje zjawisko dyfrakcji fal elektromagnetycznych na przykładzie światła (oraz praktyczne znaczenie tego zjawiska)
	przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: obserwuje dyfrakcję światła na krawędzi przeszkody, <b>obserwuje zjawisko interferencji fal</b> ; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, wyciąga wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń, formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji)
	(stosuje zasadę superpozycji fal, podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal); 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 (wyjaśniania zjawisk) i obliczeń
	posługuje się informacjami związanymi z dyfrakcją i interferencją fal elektromagnetycznych pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych
<b>16.4. Siatka dyfrakcyjna</b>	przeprowadza doświadczenie na podstawie z jego opisu: obserwuje obraz interferencyjny uzyskany za pomocą siatki dyfrakcyjnej; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, wyciąga wnioski
	opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje do obliczeń (i wyjaśniania zjawisk) związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali, (udowadnia ten związek)

	<p>analizuje jakościowo (i wyjaśnia) zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy</p>
	<p>opisuje jakościowo obraz dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na kryształach</p>
	<p>wskazuje (i opisuje) przykłady interferencji światła w przyrodzie: kolory na bańkach mydlanych, barwy strukturalne, wieniec wokół księżyca, iryzację chmury, widmo Brockenu, glorię</p>
<b>16.5. Odbicie i rozproszenie światła</b>	<p>(opisuje zjawisko odbicia światła); stosuje prawo odbicia na granicy dwóch ośrodków do wyjaśniania zjawisk; (wyjaśnia różnicę pomiędzy odbiciem od zwierciadła a odbiciem od matowej powierzchni)</p>
	<p>przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: <b>demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku</b>; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje, wyciąga wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń)</p>
	<p>wskazuje (i opisuje) przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła: błękitny kolor nieba i czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla</p>
<b>16.6. Załamanie światła</b>	<p>opisuje (jakościowo) i ilościowo załamanie światła przy przejściu do innego ośrodka; (wskazuje kierunek załamania); stosuje prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków</p>
	<p>opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; stosuje zasadę odwracalności biegu promienia światła oraz prawo Snelliusa do wyjaśniania zjawisk i/lub obliczeń</p>
	<p>przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: wyznacza współczynnik załamania światła w danej substancji; analizuje i opracowuje wyniki pomiarów, przedstawia je na wykresie i wyciąga wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia)</p>

	<p>posługuje się pojęciem współczynnika załamania światła <math>n</math> w danym ośrodku; (udowadnia, że prawo Snelliusa można zapisać: <math>\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}</math>)</p>
	<p>opisuje miraż jako przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z załamania światła, (wyjaśnia ich powstawanie)</p>
<p><b>16.7. Częściowe i całkowite wewnętrzne odbicie</b></p>	<p>(opisuje jakościowo częściowe i całkowite wewnętrzne odbicie światła i ilustruje je na schematycznym rysunku; posługuje się pojęciem kąta granicznego); stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu wewnętrznego odbicia światła</p>
	<p>korzysta z prawa Snelliusa do obliczania kąta granicznego, interpretuje jego związek ze współczynnikiem <math>n</math>; (opisuje mechanizm powstawania okna Snelliusa)</p>
	<p>opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia; opisuje przykłady wykorzystania światłowodów, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych i tekstów popularnonaukowych</p>
	<p><b>doświadczalnie wyznacza wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego</b>; analizuje i opracowuje wyniki pomiarów; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje i weryfikuje hipotezy)</p>
<p><b>16.8. Rozszczepienie światła</b></p>	<p>(opisuje światło białe jako mieszaninę barw i ilustruje to rozszczepieniem światła w pryzmacie; wymienia inne przykłady rozszczepienia światła); opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach</p>
	<p>wykonuje doświadczenie na podstawie jego opisu: demonstruje rozszczepienie światła w pryzmacie i połączenie barw w światło białe; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje, wyciąga wnioski</p>

	<p>wyjaśnia zjawisko rozszczepienia światła przy jego załamaniu; opisuje bieg światła przez pryzmat; (wykazuje, że <math>n_{\text{fiolet}} &gt; n_{\text{czerw}}</math>)</p>
	<p>opisuje powstawanie tęczy i halo jako przykłady zjawisk optycznych występujących w przyrodzie i wynikających z rozszczepienia światła, do ich opisu posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych i tekstów popularnonaukowych; (wyjaśnia mechanizm powstawania tęczy)</p>
	<p>stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu rozszczepienia światła przez kroplę wody; (wykazuje, że pas tęczy widzimy pod kątem <math>42^\circ</math>, a tęcza jest kolorowa)</p>
<b>16.9. Soczewki</b>	<p>rozdziela soczewki skupiające i rozpraszające, stosuje ich schematyczne oznaczenia, opisuje bieg wiązki światła przez te soczewki; posługuje się pojęciami ogniska, ogniskowej (i zdolności skupiającej wraz z jej jednostką)</p>
	<p>opisuje jakościowo (i ilościowo) zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania, (interpretuje tę zależność); stosuje przybliżenie cienkiej soczewki</p>
	<p>rozdziela soczewki sferyczne i asferyczne; wyjaśnia na czym polega aberracja sferyczna i chromatyczna, wskazuje sposoby korygowania tych wad soczewek</p>
	<p>stosuje do obliczeń pojęcie zdolności skupiającej wraz z jej jednostką</p>
<b>16.10. Obraz rzeczywisty tworzony przez soczewkę wypukłą</b>	<p>opisuje mechanizm tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą oraz podaje reguły jego konstruowania; rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewkę skupiającą</p>
	<p><b>doświadczalnie bada związek między ogniskową soczewki i położeniami przedmiotu i obrazu;</b> opisuje, analizuje (i opracowuje) wyniki pomiarów; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia)</p>

	(wyprowadza, interpretuje) i stosuje do obliczeń równanie soczewki; opisuje sposób pomiaru przybliżonej ogniskowej soczewki
	opisuje rolę soczewek w korygowaniu wad wzroku: krótkowzroczności i dalekowzroczności
<b>16.11. Obrazy pozorne tworzone przez soczewki</b>	(rozdziela obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone); opisuje konstrukcję obrazów pozornych tworzonych przez soczewki oraz rysuje konstrukcyjnie te obrazy; określa cechy obrazu tworzonych przez soczewkę skupiającą w zależności od odległości przedmiotu od soczewki
	przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: bada obrazy pozorne tworzone przez soczewki; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń, formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji)
	(wyprowadza) oraz stosuje do obliczeń równanie soczewki przy obrazach pozornych
<b>16.12. Przyrządy optyczne – temat dodatkowy</b>	opisuje zasadę działania przyrządów optycznych: (lupy), <sup>R</sup> lunety astronomicznej, <sup>R</sup> lunety Galileusza, <sup>R</sup> mikroskopu optycznego, <sup>R</sup> teleskopu zwierciadlanego, (wskazuje ich zastosowania)
	rysuje konstrukcyjnie obrazy tworzonych przez soczewki i zwierciadła (oraz <sup>R</sup> poznane przyrządy optyczne), określa cechy tych obrazów; <sup>R</sup> posługuje się pojęciem powiększenia kąowego
	analizuje zdolność rozdzielczą przyrządów optycznych w kontekście zjawiska dyfrakcji
	posługuje się informacjami związanymi z przyrządami optycznymi pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych

	przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: buduje i bada lunety: astronomiczną, Galileusza oraz teleskop zwierciadlany; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń)
<b>16.13. Polaryzacja światła</b>	opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane
	doświadczalnie <b>obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równoległe i prostopadłe</b> oraz polaryzację światła przy odbiciu; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje, wyciąga wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń)
	opisuje jakościowo (i wyjaśnia) zjawisko polaryzacji światła przy przejściu przez polaryzator i podczas odbicia światła
	objaśnia działanie filtrów polaryzacyjnych; (opisuje zmianę natężenia światła przy przejściu przez polaryzator)
	wskazuje i opisuje zastosowania polaryzatorów, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych

## Dział 17. Fizyka atomowa

<b>17.1. Promieniowanie termiczne</b>	posługuje się pojęciem promieniowania termicznego; (analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury)
	porównuje promieniowanie termiczne Słońca i tradycyjnej żarówki; (wyjaśnia, do czego służy model ciała doskonale czarnego)

	<p>przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: bada promieniowanie termiczne, opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji; wyciąga wnioski</p> <p>podaje zależność wyrażającą prawo Wiena oraz stosuje ją do wyjaśniania zjawisk i obliczeń</p> <p>przedstawia założenie Plancka dotyczące promieniowania termicznego jako kluczowe dla stworzenia mechaniki kwantowej; posługuje się pojęciem kwantu energii</p>
<b>17.2. Efekt cieplarniany</b>	<p>wyjaśnia, na czym polega i jak powstaje efekt cieplarniany w atmosferze, odwołując się do działania szklarni</p> <p>przedstawia przyczyny oraz skutki globalnego ocieplenia; (omawia przykłady sprzężenia zwrotnego efektu cieplarnianego)</p> <p>przedstawia sposoby przeciwdziałania globalnemu ociepleniu na podstawie informacji pochodzących z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych</p> <p>rozdziela (oraz porównuje) smog i efekt cieplarniany</p>
<b>17.3. Zjawisko fotoelektryczne</b>	<p>(objaśnia, na czym polega zjawisko fotoelektryczne); opisuje zjawiska fotoelektryczne, fotochemiczne i jonizacji jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej</p> <p>(opisuje światło jako strumień fotonów); stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii oraz zależność między energią fotonu i częstotliwością oraz długością fali do wyjaśniania zjawisk i obliczeń</p> <p>przedstawia bilans energetyczny zjawiska fotoelektrycznego oraz stosuje go do wyjaśniania tego zjawiska (i obliczeń); posługuje się pojęciem pracy wyjścia wraz z jej jednostką – elektronowoltem</p> <p>rozdziela zjawiska fotoelektryczne zewnętrzne i wewnętrzne, wskazuje przykłady ich wykorzystania</p>
<b>17.4. Foton jako cząstka</b>	<p>(posługuje się pojęciem pędu fotonu); stosuje zależność między pędem fotonu i jego częstotliwością i energią do wyjaśniania zjawisk i obliczeń</p>



	<p>opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła, stosuje zasadę zachowania energii i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy</p>
	<p>przedstawia mikroskopowy opis odbicia światła; (wyjaśnia, na czym polega zjawisko Comptona)</p>
	<p>wyjaśnia, dlaczego zjawisk związanych z odrzutem atomów nie obserwujemy w życiu codziennym</p>
	<p>korzysta ze wzoru na pęd fotonu przy rozwiązywaniu typowych (prostych) zadań lub problemów; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi</p>
	<p>korzysta ze wzoru na pęd fotonu przy rozwiązywaniu złożonych (nietypowych) zadań lub problemów; uzasadnia swoje rozwiązania</p>
<b>17.5. Falowa natura materii</b>	<p>opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła, (wskazuje przykłady zjawisk ujawniających falowe albo cząsteczkowe jego własności)</p>
	<p>(wskazuje) i opisuje doświadczenia ujawniające falową naturę materii; opisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek</p>
	<p>objaśnia hipotezę de Broglie'a o falowych własnościach materii (oraz założenia mechaniki kwantowej); oblicza długość fali de Broglie'a poruszających się cząstek</p>
	<p>wyjaśnia budowę i zasadę działania mikroskopu elektronowego; uzasadnia ograniczoną zdolność rozdzielczą mikroskopu optycznego</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych, np. z internetu) materiałów źródłowych dotyczących falowej natury materii</p>
<b>17.6. Widma emisyjne i absorpcyjne gazu</b>	<p>rozdźnia widma ciągłe i nieciągłe – dyskretne; wskazuje (i opisuje przykłady zastosowania analizy widm)</p>

	<p>przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: <b>obserwuje widma atomowe za pomocą siatki dyfrakcyjnej</b>; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje i weryfikuje hipotezy)</p> <p>(rozdziela widma emisyjne i absorpcyjne gazów), opisuje ich pochodzenie; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść elektronu między poziomami energetycznymi w atomach połączony z emisją lub absorpcją kwantu światła; (rozdziela stan podstawowy i stany wzbudzone atomu)</p> <p>analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widm atomowych wodoru; (interpretuje układ linii widmowych atomu wodoru; posługuje się wzorem Rydberga, stosuje go do obliczeń)</p> <p>opisuje wymuszoną emisję promieniowania oraz powstawanie światła laserowego; (wskazuje) i omawia zastosowania laserów</p> <p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych, np. z Internetu) materiałów źródłowych dotyczących widm</p>
<p><b>17.7. Model atomu Bohra – temat dodatkowy</b></p>	<p>opisuje model Bohra atomu wodoru, (uzasadnia jego założenia odnoszące się do falowej natury materii, wskazuje ograniczenia)</p> <p>wyznacza <math>n</math>-ty promień orbity elektronowej w atomie wodoru oraz energię elektronu na tej orbicie; wyprowadza wzór Rydberga z modelu Bohra</p> <p>schematycznie przedstawia poziomy energetyczne atomu wodoru i przejścia między tymi poziomami związane z emisją lub absorpcją kwantu; posługuje się pojęciem energii jonizacji</p>
<p><b>17.8. Otrzymywanie promieni Röntgena</b></p>	<p>(opisuje promieniowanie rentgenowskie jako fale elektromagnetyczne) oraz powstawanie promieniowania rentgenowskiego jako promieniowania hamowania; oblicza krótkofalową granicę widma promieniowania rentgenowskiego</p>

	omawia wybrany sposób wytwarzania promieniowania rentgenowskiego: lampa rentgenowska, (laser na swobodnych elektronach, jego zastosowania); analizuje widmo tego promieniowania
	wskazuje (i opisuje na przykładach) zastosowania promieniowania rentgenowskiego: zdjęcia rentgenowskie, tomografia komputerowa, obserwacje astronomiczne
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych, np. z internetu) materiałów źródłowych dotyczących promieniowania rentgenowskiego

## Dział 18. Fizyka jądrowa

<b>18.1. Jądro atomowe</b>	posługuje się pojęciami: pierwiastek, jądro atomowe, nukleon, proton, neutron, elektron, izotop, cząstka elementarna, przy opisie składu materii
	posługuje się pojęciami: masa atomowa wraz jej jednostką, liczba masowa i liczba atomowa; (opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej)
	posługuje się pojęciami: antycząstka, antymateria, antyelektron; opisuje reakcję lub anihilację par cząstka–antycząstka; (stosuje zasady zachowania energii i pędu oraz zasadę zachowania ładunku do analizy reakcji lub anihilacji pary elektron–pozyton); oblicza energię powstałą w wyniku anihilacji; opisuje jakościowo oddziaływania jądrowe
	przedstawia wybrane informacje z historii odkrycia jądra atomowego, w tym omawia doświadczenie Rutherforda
<b>18.2. Reakcje jądrowe</b>	wyjaśnia różnice między reakcjami chemicznymi a jądrowymi; posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego

	opisuje rozpady alfa, beta plus i beta minus ( $\beta^+$ i $\beta^-$ ) oraz (wskazuje) i zapisuje przykłady takich przemian jądrowych
	stosuje zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku do zapisu reakcji jądrowych
<b>18.3. Promieniowanie jądrowe</b>	opisuje powstawanie promieniowania gamma; (wymienia) i opisuje właściwości promieniowania jądrowego
	(rozdziela promieniowanie jonizujące i niejonizujące; wskazuje) i omawia wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe; wyjaśnia, dlaczego promieniowanie w dużych dawkach jest niebezpieczne dla zdrowia
	omawia sposoby wykrywania promieniowania jądrowego oraz wyznaczania energii kwantów gamma; przedstawia stosowane obecnie i <sup>R</sup> dawniej wielkości i jednostki miar opisujące promieniowanie jądrowe
	przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: bada promieniowanie różnych substancji; przedstawia wyniki
	wymienia (i omawia) przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie na podstawie informacji pochodzących z analizy materiałów źródłowych
<b>18.4. Czas połowicznego rozpadu</b>	opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych; (wyjaśnia, że fizyka klasyczna jest deterministyczna, a fizyka współczesna – indeterministyczna)
	opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; analizuje i szkicuje wykres zależności liczby jąder materiału promieniotwórczego od czasu; (stosuje prawo rozpadu promieniotwórczego do rozwiązywania zadań)
	opisuje zasadę datowania substancji na podstawie węgla <sup>14</sup> C (oraz inne zastosowania czasu połowicznego rozpadu) na podstawie informacji pochodzących z analizy materiałów źródłowych

<b>18.5. Masa a energia</b>	opisuje (jakościowo) i ilościowo związek między zmianą energii ciała i zmianą jego masy; stosuje do obliczeń wzór $DE = Dmc^2$
	wykazuje, że jednostkę współczynnika $c^2$ można zapisać w postaci $\frac{J}{kg}$ ; interpretuje wartość tego współczynnika
	posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; stosuje wzór $E = mc^2$ do obliczeń; (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 <i>masa</i>
<b>18.6. Energia jądrowa</b>	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 $^{235}U$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej
	opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej (oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących energetyki jądrowej
<b>18.7. Energia syntezy termojądrowej</b>	wskazuje łączenie się jąder pierwiastków lekkich jako reakcję syntezy termojądrowej; (porównuje syntezę termojądrową z reakcją rozszczepienia), rozróżnia te reakcje
	wyjaśnia, dlaczego Słońce i inne gwiazdy świecą; opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach

	omawia problemy związane z budową elektrowni termojądrowych i plany ich przewyższenia
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, dotyczących różnych rodzajów elektrowni
<b>18.8. Ewolucja Słońca i innych gwiazd</b>	opisuje elementy ewolucji Słońca i innych gwiazd; (omawia cykl życia gwiazdy w zależności od jej masy)
	rozdziela białe i czarne karty, czerwone olbrzymy, supernowe, gwiazdy neutronowe oraz czarne dziury; (omawia supernowe i czarne dziury)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących ewolucji gwiazd
	omawia powstawanie pierwiastków we Wszechświecie
<b>18.9. Galaktyki i Wszechświat</b>	(posługuje się pojęciem galaktyka, rozdziela galaktyki i gwiazdozbiory); opisuje miejsce Układu Słonecznego w Galaktyce; posługuje się pojęciami roku świetlnego i parseka
	opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; (podaje) i oblicza przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata zwane ucieczką galaktyk
	opisuje obserwacje świadczące zarówno o słuszności teorii Wielkiego Wybuchu, jak i rozszerzaniu się Wszechświata
	opisuje zależność między odległością do galaktyki i prędkością jej oddalania się; stosuje do obliczeń prawo Hubble'a (oraz wzory na częstotliwość i długość fali wynikające z efektu Dopplera dla światła)

## Dział 19. Elementy fizyki relatywistycznej

<b>19.1. Czasoprzestrzeń</b>	stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza)
------------------------------	---

	opisuje i stosuje transformacje Galileusza, (przedstawia je w czasoprzestrzeni)
	posługuje się pojęciami: czasoprzestrzeń, zdarzenie, trajektoria, (stosuje je w rozwiązywaniu zadań)
	(rysuje i/lub) analizuje trajektorie ciał spoczywających lub poruszających się
	przedstawia wybrane informacje z historii rozwoju teorii względności, w szczególności prac Einsteina i Galileusza
<b>19.2. Czasoprzestrzeń w szczególnej teorii względności</b>	wskazuje niezależność prędkości światła w próżni od prędkości źródła i prędkości obserwatora; (stosuje zasadę względności Einsteina)
	wyjaśnia, dlaczego transformacji Galileusza nie można pogodzić z zasadą względności Einsteina (i kiedy możemy stosować transformację Galileusza); porównuje teorie Galileusza i Einsteina
	opisuje geometrycznie i przedstawia graficznie (oraz <sup>R</sup> zapisuje wzorami) transformację Lorentza, wykorzystuje ją do rozwiązywania zadań (oraz złożonych problemów)
<b>19.3. Względność równoczesności</b>	wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu informacji; (wykazuje stałość prędkości światła); wskazuje, że równoczesność zdarzeń zależy od układu odniesienia
	opisuje względność równoczesności; (wyjaśnia względność równoczesności zdarzeń na podstawie diagramu czasoprzestrzennego)
	wskazuje na diagramie czasoprzestrzennym przykłady zdarzeń, których kolejność czasowa zależy od układu odniesienia (oraz wyjaśnia, dlaczego istnienie takich zdarzeń nie prowadzi do paradoksów)
	opisuje ruch plamki światła przesuwaną się po Księżycu
<b>19.4. Więcej o teorii względności – temat dodatkowy</b>	opisuje zjawiska: dylatację czasu i skrócenie Lorentza; ilustruje te zjawiska na diagramie czasoprzestrzennym; (wykazuje na wybranym przykładzie, że poruszające ciało skraca się w kierunku ruchu)

	<p>wyjaśnia, dlaczego dylatacja czasu i skrócenie Lorentza nie prowadzą do sprzeczności; (opisuje) i wyjaśnia paradoks bliźniąt</p>
	<p>opisuje obraz świata przy wielkich prędkościach oraz ideę ogólnej teorii względności</p>
	<p>przedstawia wybrane informacje z historii rozwoju teorii względności; (porównuje wskazane teorie)</p>
<b>19.5 Energia całkowita</b>	<p>posługuje się pojęciem energii całkowitej jako sumy energii spoczynkowej i kinetycznej; rozróżnia energię newtonowską i relatywistyczną; (opisuje zależność energii całkowitej od prędkości)</p>
	<p>posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; stosuje do obliczeń wzór na energię całkowitą</p>
	<p>wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu energii; (wyjaśnia, dlaczego przez zwiększanie energii kinetycznej ciała nie da się przekroczyć prędkości światła)</p>
	<p>analizuje (i porównuje) zależność energii od prędkości według fizyki newtonowskiej i relatywistycznej</p>