

## WYMAGANIA KLASA 4

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
<b>Dział 18. Dualna natura promieniowania i materii</b>				
1–2. Fale elektromagnetyczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić widmo fal elektromagnetycznych,</li> <li>• podać źródła i zastosowania wybranych zakresów widma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję fali elektromagnetycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić doświadczenie Hertza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na okres drgań własnych obwodu LC,</li> <li>• przygotować prezentację na temat oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizmy</li> </ul>
Pomiar wartości prędkości światła			<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać wszystkie wymienione w podręczniku metody pomiaru wartości prędkości światła</li> </ul>
3. Doświadczenie Younga. Światło jako fala elektromagnetyczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić powstawanie prążków interferencyjnych w doświadczeniu Younga,</li> <li>• wyjaśnić historyczne znaczenie doświadczenia Younga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obserwować zjawisko dyfrakcji i interferencji światła oraz opisać obrazy otrzymane na ekranie,</li> <li>• na podstawie opisu w podręczniku wyprowadzić związek między długością fali, odległością sąsiednich prążków na ekranie, wzajemną odległością szczelin i odległością szczelin od ekranu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie spójności fal</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
4–5. Siatka dyfrakcyjna	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zastosować do obliczeń warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal,</li> <li>porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić i skomentować warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia światła przechodzącego przez siatkę dyfrakcyjną,</li> <li>opisać metodę wyznaczania długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej</li> </ul>
6. Interferencja światła w cienkich warstwach	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzić rysunek przedstawiający odbicie światła od dwóch powierzchni cienkiej warstwy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzory na powstawanie obszarów jasnych i ciemnych,</li> <li>obliczyć długość fali, dla której w wyniku interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy zachodzi maksymalne wzmocnienie lub całkowite wygaszenie</li> </ul>
7. Dyfrakcja światła na szczelinie	<ul style="list-style-type: none"> <li>zaobserwować i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez szczelinę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać i nazwać wielkości występujące we wzorach na kąt ugięcia, pod którym widzimy pierwszy ciemny prążek, w przypadku szczeliny i kolistego otworka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretować warunek na pierwsze minimum, czyli związek kąta ugięcia z szerokością szczeliny i długością fali padającej na szczelinę oraz – w przypadku kolistego otworka – z jego średnicą i długością fali padającej na otworek</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
<p>8–9. Zdolność rozdzielcza przyrządów zawierających soczewki lub zwierciadła. Zdolność rozdzielcza siatki dyfrakcyjnej</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić własnymi słowami, co to jest zdolność rozdzielcza przyrządu,</li> <li>• uzasadnić dążenie naukowców do jej zwiększania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję zdolności rozdzielczej przyrządu,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy zdolność rozdzielcza przyrządu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizować obrazy dyfrakcyjne obiektów znajdujących się w różnych odległościach od siebie,</li> <li>• podać warunek rozróżnialności obiektów jako oddzielnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej,</li> <li>• uzasadnić stwierdzenie, że im większy rząd widma uzyskanego za pomocą siatki dyfrakcyjnej, tym większa jest zdolność rozdzielcza siatki</li> </ul>
<p>10–11. Polaryzacja światła</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równoległe i prostopadle,</li> <li>• wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zademonstrować zjawisko polaryzacji przez podwójne załamanie i przez odbicie,</li> <li>• podać przykład naturalnego polaryzatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną,</li> <li>• wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła,</li> <li>• opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie,</li> <li>• zdefiniować kąt Brewstera,</li> <li>• wyprowadzić związek: <math display="block">\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n}{n_{\text{otoczenia}}}</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić prawo Malusa,</li> <li>• przeanalizować i opisać matematycznie skutek przejścia światła przez kilka polaryzatorów umieszczonych na wspólnej osi,</li> <li>• wyjaśnić zasadę działania kina 3D</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
12–14. Zjawisko fotoelektryczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obserwować i objaśnić zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne,</li> <li>• posługiwać się pojęciem kwantu energii – fotonu,</li> <li>• wymienić praktyczne zastosowania fotokomórki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie pracy wyjścia elektronu z metalu,</li> <li>• sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia <math>W</math>,</li> <li>• uzasadnić pogląd, że światło ma naturę dualną,</li> <li>• zapisać i objaśnić zasadę zachowania energii w zjawisku fotoelektrycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie dowodzące, że maksymalna energia kinetyczna fotoelektronów zależy od częstotliwości promieniowania wywołującego zjawisko fotoelektryczne i nie zależy od natężenia tego promieniowania,</li> <li>• przeprowadzić rozumowanie dowodzące, że liczba fotoelektronów zależy od natężenia promieniowania,</li> <li>• analizować wykresy dotyczące zależności wielkości fizycznych opisujących zjawisko fotoelektryczne,</li> <li>• omówić teorię Einsteina wyjaśniającą zjawisko fotoelektryczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić wykres zależności natężenia <math>I</math> prądu płynącego przez fotokomórkę od napięcia <math>U</math> między anodą i katodą, oświetlaną kolejno światłem o różnych natężeniach,</li> <li>• sporządzać wykresy zależności <math>I(U)</math> dla promieniowania o takim samym natężeniu, ale o różnych częstotliwościach,</li> <li>• sporządzać wykresy zależności maksymalnej energii kinetycznej od częstotliwości promieniowania dla różnych metali,</li> <li>• wyznaczyć pracę wyjścia i stałą Plancka na podstawie wykresu zależności napięcia hamowania od częstotliwości i oszacować niepewności pomiarowe</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
15–17. Promieniowanie ciał. Widma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe,</li> <li>• wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym,</li> <li>• opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy,</li> <li>• wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania,</li> <li>• obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków, otrzymane za pomocą siatki dyfrakcyjnej,</li> <li>• opisać jakościowo zależność natężenia promieniowania ciała od temperatury,</li> <li>• opisać jakościowo zależność długości fali emitowanej przez ciało od temperatury tego ciała</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować i wyjaśnić hipotezę Maxa Plancka,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego,</li> <li>• posługiwać się wzorem Rydberga (zwanym też uogólnionym wzorem Balmera)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić prawo Stefana–Boltzmana i prawo Wiena,</li> <li>• opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Rydberga (serie widmowe)</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
18–20. Model Bohra budowy atomu wodoru	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że promienie orbit i energia atomu wodoru są skwantowane,</li> <li>• opisać atom wodoru według teorii Bohra i wskazać, że energia atomu, w którym elektron znajduje się na wyższej orbicie, jest większa,</li> <li>• wyjaśnić skutki absorpcji i emisji kwantu energii przez atom wodoru,</li> <li>• wyjaśnić zjawisko jonizacji atomu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować i zapisać postulaty Bohra,</li> <li>• obliczyć całkowitą energię atomu wodoru,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że energia jest skwantowana,</li> <li>• skorzystać z modelu Bohra i wyjaśnić, jak powstają serie widmowe,</li> <li>• opisać światło laserowe jako spójne i monochromatyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego nie można wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem rewolucyjnym i jest do dziś stosowany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych wyników doświadczalnych,</li> <li>• interpretować linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła,</li> <li>• rozróżnić stan podstawowy i stany wzbudzone atomu,</li> <li>• stosować zasady zachowania energii i pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy,</li> <li>• opisać odrzut atomu emitującego foton; porównać energię odrzutu atomu z energią emitowanego fotonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego bez dodatkowych założeń (bez postulatów Bohra) atom zbudowany zgodnie z modelem Bohra niemógłby istnieć,</li> <li>• wyprowadzić wzór na serie widmowe na podstawie teorii Bohra budowy atomu wodoru,</li> <li>• opisać zasadę działania żarła słonecznego</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
21–23. Promieniowanie rentgenowskie	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać właściwości promieni X,</li> <li>wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać widmo promieniowania rentgenowskiego,</li> <li>omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach,</li> <li>uzasadnić pogląd, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego o widmie ciągłym i widmie liniowym,</li> <li>wyprowadzić wzór na <math>\lambda_{\min}</math>,</li> <li>posługiwać się wzorem Bragga,</li> <li>interpretować zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>omówić zjawisko Comptona i uzasadnić fakt, że jego wyjaśnienie wymaga przyjęcia założenia o korpuskularnej naturze promieniowania rentgenowskiego,</li> <li>przygotować prezentację na temat zastosowań promieniowania rentgenowskiego</li> </ul>
24. Fale materii	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć hipotezę de Broglie'a i objaśnić wzór na długość fali materii,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć długość fali de Broglie'a dla elektronu o podanej energii kinetycznej,</li> <li>wyrazić pogląd, że idea powszechności dualizmu korpuskularno-falowego w przyrodzie jest słuszna, i podać na to przykłady</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach) jako eksperymentalny dowód na falowe właściwości cząstek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat zastosowania falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy)</li> </ul>
<b>Dział 19. Elementy szczególnej teorii względności</b>				

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
<p>1–2. Założenia szczególnej teorii względności. Względność czasu i jej konsekwencje</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać różnice między poglądami Galileusza i Einsteina na wpływ czasu mierzonego w różnych układach inercjalnych,</li> <li>przeanalizować doświadczenie myślowe uzasadniające względność jednoczesności oraz równoczesność zdarzeń w mechanice klasycznej i ich niejednoczesność w mechanice relatywistycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina,</li> <li>wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić względność jednoczesności jako konsekwencję faktu, że prędkość światła w próżni we wszystkich inercjalnych układach odniesienia ma taką samą, skończoną wartość <math>c</math></li> </ul>	
<p>3. Zjawisko Dopplera dla fal elektromagnetycznych</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, dlaczego opis zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych różni się od opisu tego zjawiska dla fal mechanicznych,</li> <li>podać i objaśnić wzór przybliżony na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej,</li> <li>wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretować wzór przybliżony w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, dlaczego do wyprowadzenia wzoru na odbieraną częstotliwość fali elektromagnetycznej należy stosować teorię względności,</li> <li>podać i objaśnić wzory dotyczące zjawiska Dopplera, stosowane w obserwacjach astronomicznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać dokładny wzór na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej i przekształcić go do wzoru przybliżonego,</li> <li>objaśnić wpływ termicznego ruchu cząsteczek na szerokość linii widmowych</li> </ul>



Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
4. Maksymalna szybkość przekazu informacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przytoczyć opis doświadczenia, którego wynik stanowi dowód na to, że szybkość przekazu energii i informacji nie może przekroczyć <math>c</math>,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego fakt, że szybkość nie może przekroczyć <math>c</math>, dowodzi ograniczonej stosowalności mechaniki Newtona,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego nie każde zjawisko wcześniejsze może być przyczyną zjawiska późniejszego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami,</li> <li>• wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykład opisu ruchu dwóch obiektów, w którym konieczne jest zastosowanie relatywistycznego prawa składania prędkości</li> </ul>
5–6. Pęd relatywistyczny		<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić definicję pędu relatywistycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić i objaśnić wykres zależności pędu relatywistycznego od szybkości ciała,</li> <li>• opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić i objaśnić związek siły działającej na ciało z szybkością zmiany jego pędu,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego zwrot siły nie jest na ogół zgodny ze zwrotem przyspieszenia</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
7–8. Masa i energia w fizyce relatywistycznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić wzór relatywistyczny na energię kinetyczną,</li> <li>• podać, że w układzie, w którym ciało spoczywa, ma ono energię <math>E = mc^2</math>, zwaną energią spoczynkową,</li> <li>• wyrazić pogląd, że masa ciała jest jego wielkością charakterystyczną, jednakową w każdym układzie odniesienia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretować wykres zależności relatywistycznej energii kinetycznej od szybkości obiektu,</li> <li>• zapisać i skomentować wyrażenie na całkowitą energię ciała swobodnego,</li> <li>• wyrazić pogląd, że w zjawiskach mikroskopowych całkowita energia jest zachowana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na całkowitą relatywistyczną energię ciała,</li> <li>• wyjaśnić równoważność masy i energii spoczynkowej cząstki, czyli zinterpretować wzór <math>E_s = mc^2</math>,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego w zjawiskach zachodzących w świecie ciał makroskopowych nie bierzemy pod uwagę składnika <math>mc^2</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie i obliczenia dowodzące, że dla małych szybkości relatywistyczny wzór na energię kinetyczną przechodzi we wzór klasyczny,</li> <li>• podać relację między energią kinetyczną i całkowitą cząstki a jej energią spoczynkową</li> </ul>
9. Związek między energią i pędem cząstki. Energia i masa układu cząstek		<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą a wartościami pędu i prędkości cząstki,</li> <li>• zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą cząstki a wartością jej pędu i masą,</li> <li>• wyrazić i zinterpretować pogląd, że masa układu cząstek wzajemnie oddziałujących jest mniejsza od sumy mas tych cząstek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że masa pojedynczego fotonu jest równa zero,</li> <li>• wykazać, że układ fotonów może mieć masę różną od zera,</li> <li>• opisać ruch relatywistycznej cząstki naładowanej,</li> <li>• wykazać, że pęd fotonu ma wartość <math>p = \frac{h}{\lambda}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić związek między energią całkowitą cząstki a wartościami jej pędu i prędkości,</li> <li>• wyprowadzić związek między energią całkowitą, a wartością pędu i masą cząstki</li> </ul>
<b>Dział 20. Fizyka jądrowa</b>				

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
1. Odkrycie promieniotwórczości. Promieniowanie jądrowe i jego właściwości	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać samorzutną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki,</li> <li>wymienić rodzaje promieniowania jądrowego i podać ich główne właściwości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać szczegółowo właściwości każdego rodzaju promieniowania jądrowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat historii odkrycia promieniotwórczości i roli Marii Skłodowskiej-Curie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać niektóre metody badania właściwości promieniowania jądrowego</li> </ul>
2. Jądro atomowe i jego budowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać i scharakteryzować składniki jądra atomowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować liczbę masową i liczbę atomową (porządkową) pierwiastka,</li> <li>opisać właściwości sił jądrowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać doświadczenie Rutherforda i wyjaśnić znaczenie jego wyników</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat kwarków i leptonów – najmniejszych składników materii</li> </ul>
3. Rozpady promieniotwórcze	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, czym różnią się od siebie izotopy, i podać przykłady izotopów wybranego pierwiastka,</li> <li>wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus,</li> <li>podać ładunek i masę pozytonu,</li> <li>wyjaśnić pojęcia cząstki i antycząstki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeanalizować, jak zmieniają się jądra pierwiastków po rozpadach promieniotwórczych,</li> <li>wyjaśnić rolę neutrino lub antyneutrino w reakcjach rozpadów,</li> <li>sformułować regułę Soddiego i Fajansa,</li> <li>wyjaśnić pojęcia jądra stabilnego i jądra niestabilnego,</li> <li>podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić pojęcie szeregu promieniotwórczego i omówić jeden z nich</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
4–5. Prawo rozpadu promieniotwórczego. Metoda datowania izotopowego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić prawo rozpadu promieniotwórczego,</li> <li>• zdefiniować pojęcie czasu połowicznego rozpadu,</li> <li>• przytoczyć kilka przykładowych czasów połowicznego rozpadu,</li> <li>• wyjaśnić zagrożenia wynikające z bardzo długiego czasu połowicznego rozpadu niektórych izotopów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie stałej rozpadu,</li> <li>• zdefiniować pojęcie aktywności źródła i podać jej jednostkę,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że rozpad promieniotwórczy ma charakter statystyczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zinterpretować wykres <math>N(t)</math> zależności liczby jąder danego izotopu w próbce od czasu,</li> <li>• korzystać ze związku między stałą rozpadu i czasem połowicznego rozpadu,</li> <li>• objaśnić metodę datowania za pomocą izotopu <math>^{14}\text{C}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić prawo rozpadu promieniotwórczego,</li> <li>• obliczyć masę promieniotwórczego izotopu pierwiastka po określonym czasie,</li> <li>• przygotować prezentację na temat wpływu działalności człowieka na wzrost poziomu promieniowania w środowisku</li> </ul>
6–7. Energia wiązania	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego do rozdzielenia składników układu związanego konieczne jest dostarczenie energii,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego masa jądra jest mniejsza od sumy mas jego składników,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie deficytu masy,</li> <li>• podać wzór na energię wiązania jądra atomowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na deficyt masy,</li> <li>• znaleźć związek pomiędzy energią wiązania i deficytem masy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować jednostkę masy atomowej i wykorzystywać ją do wykonywania obliczeń,</li> <li>• zinterpretować wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć energię wiązania jądra wybranego atomu,</li> <li>• porównać energie wiązania jąder z energią wiązania atomów i cząsteczek</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
8–9. Reakcje jądrowe. Krecja i anihilacja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polegają procesy, które nazywamy reakcjami jądrowymi,</li> <li>• wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych,</li> <li>• opisać zjawisko krecji par elektron–pozyton,</li> <li>• opisać zjawisko anihilacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych, uwzględniając konieczność zachowania całkowitego ładunku i całkowitej liczby nukleonów,</li> <li>• wyjaśnić zasadę zachowania ładunku w zjawisku krecji,</li> <li>• zapisać zasadę zachowania energii w zjawisku krecji,</li> <li>• zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić i opisać za pomocą równania krecję pary elektron–pozyton,</li> <li>• przedstawić zasadę zachowania pędu w zjawisku krecji,</li> <li>• obliczyć minimalną energię fotonu konieczną do zajścia zjawiska krecji,</li> <li>• opisać proces anihilacji pozytonu i elektronu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki konieczne do zajścia reakcji jądrowej i zastosować je do obliczenia najmniejszej energii kinetycznej, jaką należy dostarczyć cząstce <math>\alpha</math>, zderzającej się z jądrem złota, aby mogła nastąpić reakcja jądrowa,</li> <li>• obliczyć minimalną energię fotonu powstającego w zjawisku anihilacji</li> </ul>
10–11. Reakcje rozszczepienia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie reakcji egzoenergetycznej i wymienić reakcję rozszczepienia jako przykład takiej reakcji,</li> <li>• opisać energię jądrową jako nadwyżkę energii kinetycznej powstającej w procesie rozszczepienia,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa, i podać warunki jej zachodzenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie doświadczenia myślowego opisanego w podręczniku wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach rozszczepienia jąder atomowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisywać równania reakcji rozszczepienia jąder z uwzględnieniem zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów,</li> <li>• wykazać, że suma mas składników reakcji rozszczepienia jest większa od sumy mas produktów reakcji, czyli udowodnić, że reakcja jest egzoenergetyczna, więc może stanowić źródło energii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji rozszczepienia,</li> <li>• obliczyć energię uwolnioną podczas rozszczepienia opisanego podanym równaniem reakcji,</li> <li>• uzasadnić stwierdzenie, że energia dostarczana przez wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzi z energii spoczynkowej ciał</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne	Wymagania podstawowe	Wymagania rozszerzające	Wymagania dopełniające
12. Energetyka jądrowa. Wykorzystanie energii jądrowej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową,</li> <li>• wymienić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić pogląd o konieczności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej,</li> <li>• opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować się do dyskusji na temat: <i>Odpowiedzialność uczonych za konsekwencje ich badań i zastosowania odkryć naukowych</i>; brać czynny udział w dyskusji</li> </ul>
13. Reakcje termojądrowe. Ewolucja gwiazd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać reakcje fuzji lekkich jąder i skutki takich reakcji,</li> <li>• podać, że źródłem energii Słońca są reakcje syntezy jąder wodoru w jądra helu,</li> <li>• podać szacunkową wartość różnicy energii wydzielonej podczas syntezy określonej masy jąder i energii uzyskanej ze spalania takiej samej masy węgla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie wykresu zależności energii wiązania na jeden nukleon od liczby nukleonów w jądrze atomu udowodnić, że procesy syntezy lekkich jąder mogą być źródłem energii,</li> <li>• omówić schemat cyklu proton–proton,</li> <li>• omówić perspektywy pokojowego wykorzystania energii termojądrowej,</li> <li>• opisać reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać gwiazdy jako obiekty, w których nieustannie zachodzą reakcje syntezy lekkich jąder, ponieważ panują tam bardzo wysokie ciśnienia i temperatura rzędu milionów stopni,</li> <li>• omówić schemat cyklu CNO,</li> <li>• opisać budowę i zasadę działania bomby termojądrowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć energię wydzieloną w reakcji syntezy oraz energię uzyskaną w wyniku spalania węgla i porównać te dwie wartości,</li> <li>• wyjaśnić zjawisko wybuchu supernowej,</li> <li>• wyjaśnić, czym jest czarna dziura i w jaki sposób powstaje,</li> <li>• przygotować prezentację na temat możliwości obserwacyjnych teleskopu Webba</li> </ul>
14. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Działanie promieniowania na organizmy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy,</li> <li>• porównywać dawki promieniowania pochodzącego ze źródeł naturalnych,</li> <li>• wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• porównać odporność różnych gatunków organizmów na promieniowanie jonizujące,</li> <li>• wymienić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę,</li> <li>• podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać schemat i zasadę działania licznika Geigera–Müllera,</li> <li>• zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego</li> </ul>

