

W opracowanym PZO zrezygnowano z haseł dotyczących rozwiązywania zadań, bo musiałyby się powtarzać w prawie każdym temacie. Proste obliczenia, polegające na podstawieniu do wzoru i przypisaniu właściwej jednostki, powinien wykonywać uczeń na ocenę dostateczną. Typowe zadania powinien rozwiązywać uczeń aspirujący do oceny dobrej. Na ocenę bardzo dobrą i celującą oczekuję od ucznia rozwiązywania nietypowych zadań obliczeniowych i problemowych, wymagających formułowania i analizowania problemu oraz korzystania z dodatkowych źródeł wiedzy.

KLASA 4

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
Dział 18. Dualna natura promieniowania i materii				
1–2. Fale elektromagnetyczne	<ul style="list-style-type: none"> omówić widmo fal elektromagnetycznych, podać źródła i zastosowania wybranych zakresów widma 	<ul style="list-style-type: none"> podać definicję fali elektromagnetycznej 	<ul style="list-style-type: none"> omówić doświadczenie Hertza 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzór na okres drgań własnych obwodu LC, przygotować prezentację na temat oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizmy
Pomiar wartości prędkości światła			<ul style="list-style-type: none"> opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła 	<ul style="list-style-type: none"> opisać wszystkie wymienione w podręczniku metody pomiaru wartości prędkości światła

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
3. Doświadczenie Younga. Światło jako fala elektromagnetyczna	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić powstawanie prążków interferencyjnych w doświadczeniu Younga, • wyjaśnić historyczne znaczenie doświadczenia Younga 	<ul style="list-style-type: none"> • obserwować zjawisko dyfrakcji i interferencji światła oraz opisać obrazy otrzymane na ekranie, • na podstawie opisu w podręczniku wyprowadzić związek między długością fali, odległością sąsiednich prążków na ekranie, wzajemną odległością szczelin i odległością szczelin od ekranu 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie spójności fal 	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
4–5. Siatka dyfrakcyjna	<ul style="list-style-type: none"> opisać i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną 	<ul style="list-style-type: none"> podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal 	<ul style="list-style-type: none"> zastosować do obliczeń warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal, porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić i skomentować warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia światła przechodzącego przez siatkę dyfrakcyjną, opisać metodę wyznaczania długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej
6. Interferencja światła w cienkich warstwach	<ul style="list-style-type: none"> wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy 	<ul style="list-style-type: none"> sporządzić rysunek przedstawiający odbicie światła od dwóch powierzchni cienkiej warstwy 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzory na powstawanie obszarów jasnych i ciemnych, obliczyć długość fali, dla której w wyniku interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy zachodzi maksymalne wzmocnienie lub całkowite wygaszenie

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
7. Dyfrakcja światła na szczelinie	<ul style="list-style-type: none"> • zaobserwować i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez szczelinę 	<ul style="list-style-type: none"> • podać i nazwać wielkości występujące we wzorach na kąt ugięcia, pod którym widzimy pierwszy ciemny prążek, w przypadku szczeliny i kolistego otworka 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	
8–9. Zdolność rozdzielcza przyrządów zawierających soczewki lub zwierciadła. Zdolność rozdzielcza siatki dyfrakcyjnej	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić własnymi słowami, co to jest zdolność rozdzielcza przyrządu, • uzasadnić dążenie naukowców do jej zwiększania 	<ul style="list-style-type: none"> • podać definicję zdolności rozdzielczej przyrządu, • wymienić wielkości, od których zależy zdolność rozdzielcza przyrządu 	<ul style="list-style-type: none"> • analizować obrazy dyfrakcyjne obiektów znajdujących się w różnych odległościach od siebie, • podać warunek rozróżnialności obiektów jako oddzielnych 	<ul style="list-style-type: none"> • analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej, • uzasadnić stwierdzenie, że im większy rząd widma uzyskanego za pomocą siatki dyfrakcyjnej, tym większa jest zdolność rozdzielcza siatki

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
10–11. Polaryzacja światła	<ul style="list-style-type: none"> • obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle, • wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji 	<ul style="list-style-type: none"> • zademonstrować zjawisko polaryzacji przez podwójne załamanie i przez odbicie, • podać przykład naturalnego polaryzatora 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną, • wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła, • opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie, • zdefiniować kąt Brewstera, • wyprowadzić związek: $\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n}{n_{\text{otoczenia}}}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić prawo Malusa, • przeanalizować i opisać matematycznie skutek przejścia światła przez kilka polaryzatorów umieszczonych na wspólnej osi, • wyjaśnić zasadę działania kina 3D

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
8–9. Reakcje jądrowe. Krecja i anihilacja	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polegają procesy, które nazywamy reakcjami jądrowymi, • wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych, • opisać zjawisko krecji par elektron–pozyton, • opisać zjawisko anihilacji 	<ul style="list-style-type: none"> • poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych, uwzględniając konieczność zachowania całkowitego ładunku i całkowitej liczby nukleonów, • wyjaśnić zasadę zachowania ładunku w zjawisku krecji, • zapisać zasadę zachowania energii w zjawisku krecji, • zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić i opisać za pomocą równania krecję pary elektron–pozyton, • przedstawić zasadę zachowania pędu w zjawisku krecji, • obliczyć minimalną energię fotonu konieczną do zajścia zjawiska krecji, • opisać proces anihilacji pozytonu i elektronu 	<ul style="list-style-type: none"> • podać warunki konieczne do zajścia reakcji jądrowej i zastosować je do obliczenia najmniejszej energii kinetycznej, jaką należy dostarczyć cząstce α, zderzającej się z jądrem złota, aby mogła nastąpić reakcja jądrowa, • obliczyć minimalną energię fotonu powstającego w zjawisku anihilacji
10–11. Reakcje rozszczepienia	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie reakcji egzoenergetycznej i wymienić reakcję rozszczepienia jako przykład takiej reakcji, • opisać energię jądrową jako nadwyżkę energii kinetycznej powstającej w procesie rozszczepienia, • wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa, i podać warunki jej zachodzenia 	<ul style="list-style-type: none"> • na podstawie doświadczenia myślowego opisanego w podręczniku wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwana w reakcjach rozszczepienia jąder atomowych 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisywać równania reakcji rozszczepienia jąder z uwzględnieniem zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów, • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji rozszczepienia, • obliczyć energię uwolnioną podczas rozszczepienia opisanego podanym równaniem reakcji, • uzasadnić stwierdzenie, że energia dostarczana przez wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzi z energii spoczynkowej ciał

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
12. Energetyka jądrowa. Wykorzystanie energii jądrowej	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową, • wymienić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane 	<ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić pogląd o konieczności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej, • opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej 	<ul style="list-style-type: none"> • przygotować się do dyskusji na temat: <i>Odpowiedzialność uczonych za konsekwencje ich badań i zastosowania odkryć naukowych</i>; brać czynny udział w dyskusji
13. Reakcje termojądrowe. Ewolucja gwiazd	<ul style="list-style-type: none"> • opisać reakcje fuzji lekkich jąder i skutki takich reakcji, • podać, że źródłem energii Słońca są reakcje syntezy jąder wodoru w jądra helu, • podać szacunkową wartość różnicy energii wydzielonej podczas syntezy określonej masy jąder i energii uzyskanej ze spalania takiej samej masy węgla 	<ul style="list-style-type: none"> • 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, • omówić schemat cyklu proton–proton, • omówić perspektywy pokojowego wykorzystania energii termojądrowej, • opisać reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać gwiazdy jako obiekty, w których nieustannie zachodzą reakcje syntezy lekkich jąder, ponieważ panują tam bardzo wysokie ciśnienie i temperatura rzędu milionów stopni, • omówić schemat cyklu CNO, • opisać budowę i zasadę działania bomby termojądrowej 	<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć energię wydzieloną w reakcji syntezy oraz energię uzyskaną w wyniku spalania węgla i porównać te dwie wartości, • wyjaśnić zjawisko wybuchu supernowej, • wyjaśnić, czym jest czarna dziura i w jaki sposób powstaje, • przygotować prezentację na temat możliwości obserwacyjnych teleskopu Webba

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
14. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Działanie promieniowania na organizmy	<ul style="list-style-type: none"> opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy, porównywać dawki promieniowania pochodzącego ze źródeł naturalnych, wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem 	<ul style="list-style-type: none"> porównać odporność różnych gatunków organizmów na promieniowanie jonizujące, wymienić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej 	<ul style="list-style-type: none"> podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę, podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki 	<ul style="list-style-type: none"> opisać schemat i zasadę działania licznika Geigera–Müllera, zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego