

Fizyka 4. Nowa edycja. Klasa 4. Zakres rozszerzony

Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania poszczególnych ocen klasyfikacyjnych. Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach, Nr dopuszczenia: 975/4/2025/z1

Ocena celująca

- Uczeń spełnił wymagania konieczne, podstawowe, rozszerzone i dopełniające, a także wykazuje się wiedzą i umiejętnościami pozwalającymi rozwiązywać trudne zadania rachunkowe.
- Uczeń wykorzystuje podstawowe prawa fizyki do wyjaśniania skomplikowanych zjawisk zachodzących w przyrodzie.
- Samodzielnie rozwija swoje zainteresowania fizyką, osiąga sukcesy w konkursach i olimpiadach.

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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
Dział 1. Dualna natura promieniowania i materii				
1–3. 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"> • przygotować prezentację na temat oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizmy
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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
4–5. Dyfrakcja i interferencja światła	<ul style="list-style-type: none"> • opisać i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną • wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy 	<ul style="list-style-type: none"> • podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal • sporządzić rysunek przedstawiający odbicie światła od dwóch powierzchni cienkiej warstwy 	<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 • wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy 	<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 • 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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
6–7. 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 • 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
8–10. Polaryzacja światła	<ul style="list-style-type: none"> • obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory, których osie polaryzacji tworzą różne kąty • 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, 	<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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
11–14. Zjawisko fotoelektryczne	<ul style="list-style-type: none"> • obserwować i objaśnić 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 objaśnić 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 (ocena bardzo dobra) 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, • obliczyć różnice energii między poziomami energetycznymi w atomie wodoru 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić prawo Stefana–Boltzmana 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 (ocena bardzo dobra) 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 żąglą 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 (ocena bardzo dobra) 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, 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 i fotoelektryczne 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)
25, 26. Powtórzenie wiadomości i umiejętności. Sprawdzian wiadomości				

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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
Dział 2. Elementy szczególnej teorii względności				
1–3. Szybkość światła w różnych inercjalnych układach odniesieni	<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 • 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"> • wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina, • wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni • interpretować wzór przybliżony w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych 	<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 • 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 (ocena bardzo dobra) 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 (ocena bardzo dobra) 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 świecie 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

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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
10,11. . Powtórzenie wiadomości i umiejętności. Sprawdzian wiadomości				
Dział 3. Fizyka jądrowa				
1. 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

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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
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, • podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie szeregu promieniotwórczego i omówić jeden z nich
4–5. Prawo rozpadu promieniotwórczego	<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

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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
6–7. Energia wiązania	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego do rozdzielania 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
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

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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
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 wyzwolana 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
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

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 (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
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
14. Promieniowanie jonizujące a 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

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostął wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostął wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (ocena bardzo dobra) Uczeń sprostął wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
15, 16. Powtórzenie wiadomości i umiejętności. Sprawdzian wiadomości.				