

OPIS ZAŁOŻONYCH OSIĄGNIĘĆ UCZNIA (PLAN WYNIKOWY)

Ten materiał pomocniczy na podstawie skrótowo przytoczonych wymagań (szczegółowo wymieniono je w PSO) pozwala nauczycielowi sprawdzić realizację wszystkich haseł dotyczących treści omawianych w klasie 4, zawartych w podstawie programowej. Treści kształcenia zostały uzupełnione odpowiednimi numerami wymagań szczegółowych podstawy programowej.

KLASA 4

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostą wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
18. Dualna natura promieniowania i materii			
1-2	Fale elektromagnetyczne (IX.14, X.14) (I.7, I.11, I.17)	• podać definicję fali elektromagnetycznej, • omówić widmo fal elektromagnetycznych, • podać źródła fal z poszczególnych zakresów długości, • omówić zastosowania fal elektromagnetycznych	• przedstawić rozumowanie, w którym na podstawie analogii między obwodem LC i wahadłem można otrzymać wzór na okres drgań elektrycznych, • objaśnić wytwarzanie fal elektromagnetycznych (fal radiowych)
	Pomiar wartości prędkości światła (I.17, I.18)		• opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła
3	Doświadczenie Younga. Światło jako fala elektromagnetyczna (X.20c) (I.11, I.17)	• opisać doświadczenie Younga i wyjaśnić jego znaczenie	• wyjaśnić pojęcie spójności fal
4-5	Siatka dyfrakcyjna (X.12, X.16) (I.10, I.11)	• obserwować i opisać obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną, • podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia interferujących fal świetlnych i stosować je do obliczeń	• wyprowadzić warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal, • porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego
6	Interferencja światła w cienkich warstwach (X.11)	• wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy	• wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
7	Dyfrakcja światła na szczelinie (X.8, X.20b) (I.11)	• obserwować i opisać zjawisko dyfrakcji światła na szczelinie	• opisać jakościowo związek między obrazem dyfrakcyjnym szczeliny a szerokością szczeliny i długością fali
8–9	Zdolność rozdzielcza przyrządów zawierających soczewki lub zwierciadła. Zdolność rozdzielcza siatki dyfrakcyjnej (X.9, X.12)	• podać definicję zdolności rozdzielczej przyrządu, • wymienić wielkości, od których zależy zdolność rozdzielcza przyrządu, • uzasadnić wysiłki zmierzające do zwiększania zdolności rozdzielczej przyrządów optycznych	• analizować obrazy dyfrakcyjne obiektów znajdujących się w różnych odległościach od siebie i podać warunek rozróżnialności obiektów jako oddzielnych, • analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej
10–11	Polaryzacja światła (X.14, X.15, X.20a) (I.10, I.11)	• obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle, • zademonstrować zjawisko polaryzacji przez odbicie, • wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji	• opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną, • wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła, • opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie, • zdefiniować kąt Brewstera, • wyprowadzić związek: $\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n}{n_{\text{otoczenia}}}$
12–14	Zjawisko fotoelektryczne (XI.2, XI.7) (I.15)	• posługiwać się pojęciem fotonu, • zapisać i zinterpretować wzór na energię kwantu, • wyjaśnić, na czym polega zjawisko fotoelektryczne, • posługiwać się pojęciem pracy wyjścia elektronu z metalu, • sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia W, • uzasadnić pogląd, że światło ma naturę dualną	• odpowiedzieć na pytania: – Od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów? – Od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych z metalu w jednostce czasu? • wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła, • napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów, • narysować i objaśnić wykres zależności maksymalnej energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości dla różnych metali
15–17	Promieniowanie ciał. Widma (X.4, XI.1, XI.4, XI.5, XI.10) (I.11)	• rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe, • wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym, • opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy, • opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania, • obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków, otrzymane za pomocą siatki dyfrakcyjnej, • wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym	• opisać hipotezę Plancka emisji i absorpcji promieniowania elektromagnetycznego, • opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Rydberga (zwany inaczej uogólnionym wzorem Balmera), • posługiwać się wzorem Rydberga, • wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego, • zapisać i objaśnić prawo Stefana-Boltzmann'a i prawo Wiena

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
18–20	Model Bohra budowy atomu wodoru (X.5, XI.2, XI.4, XI.6) (I.17)	• wyjaśnić, co to znaczy, że promienie orbit i energia atomu wodoru są skwantowane, • sformułować i zapisać postulaty Bohra, • wyjaśnić, co to znaczy, że energia jest skwantowana, • zapisać wzory na energię pochłoniętą i wysłaną przez atom podczas przeskoku elektronu oraz ją obliczyć, • obliczyć całkowitą energię atomu wodoru, w którym elektron znajduje się na n-tej orbicie, • korzystając z modelu Bohra, wyjaśnić, jak powstają serie widmowe, • wyjaśnić zjawisko jonizacji atomu, • opisać światło laserowe jako spójne i monochromatyczne	• 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 wykorzystywany 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, • wyprowadzić wzór Rydberga na podstawie teorii Bohra, • 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
21–23	Promieniowanie rentgenowskie (XI.3, XI.7, XI.8)	• opisać właściwości promieni X, • wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego, • opisać widmo promieniowania rentgenowskiego, • omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach, • uzasadnić pogląd, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną	• wyjaśnić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego o widmie ciągłym i widmie liniowym, • wyprowadzić wzór na $\lambda_{\min}$, • interpretować zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej, • posługiwać się wzorem Bragga, • omówić zjawisko Comptona
24	Fale materii (XI.9) (I.18)	• wypowiedzieć hipotezę de Broglie'a i objaśnić wzór na długość fali materii, • obliczyć długość fali de Broglie'a dla elektronu o podanej energii kinetycznej, • wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych, • podać informacje o doświadczalnym potwierdzeniu falowych właściwości cząstek	• omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach), • przygotować prezentację na temat zastosowania falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy)
25	Sprawdzian wiedzy i umiejętności		

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
19. Elementy szczególnej teorii względności			
1–2	Założenia szczególnej teorii względności. Względność czasu i jej konsekwencje (XII.1, XII.4)	- wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina, - przeanalizować doświadczenie myślowe uzasadniające względność jednoczesności zdarzeń, - wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni	uzasadnić względność jednoczesności jako konsekwencję faktu, że prędkość światła we wszystkich inercjalnych układach odniesienia ma taką samą, skończoną wartość równą c
3	Zjawisko Dopplera dla fal elektromagnetycznych (X.13) (I.16)	- 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, - interpretować wzór przybliżony w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych, - wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych	- wyjaśnić, dlaczego do wyprowadzenia wzoru na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej należy stosować zasadę względności, - podać dokładny wzór na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej i przekształcić go do wzoru przybliżonego, - podać i objaśnić wzory dotyczące zjawiska Dopplera stosowane w obserwacjach astronomicznych
4	Maksymalna szybkość przekazu informacji (XII.4)	- przytoczyć opis doświadczenia, którego wynik stanowi dowód na to, że szybkość nie może przekroczyć c, - wyjaśnić, dlaczego nie każde zjawisko wcześniejsze może być przyczyną zjawiska późniejszego, - opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych	- przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami, - wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie
5–6	Pęd relatywistyczny (I.6, I.7)	podać i objaśnić definicję pędu relatywistycznego	- sporządzić i objaśnić wykres zależności pędu relatywistycznego od szybkości ciała, - opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym, - 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

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostą wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
7–8	Masa i energia w fizyce relatywistycznej (XII.3)	- podać i objaśnić wzór relatywistyczny na energię kinetyczną, - podać, że w układzie, w którym ciało spoczywa, ma ono energię $E_s = mc^2$, zwaną energią spoczynkową, - wyrazić pogląd, że masa ciała jest jego wielkością charakterystyczną, jednakową w każdym układzie odniesienia	- zapisać i skomentować wyrażenia na całkowitą energię ciała swobodnego i energię kinetyczną w ujęciu relatywistycznym, - 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
9	Związek między energią i pędem cząstki. Energia i masa układu cząstek (XII.2) (I.17, I.18)	- 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, - wykazać, że masa układu cząstek wzajemnie oddziałujących jest mniejsza od sumy mas tych cząstek	- wykazać, że masa pojedynczego fotonu jest równa zero, - wykazać, że układ fotonów może mieć masę różną od zera
10	Sprawdzian wiedzy i umiejętności		
20. Fizyka jądrowa			
1	Odkrycie promieniotwórczości. Promieniotwórczość jądrowa i jego właściwości (XII.9) (I.17)	- opisać samorzutną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki, - wymienić rodzaje promieniowania i podać ich główne właściwości	przygotować prezentację na temat historii odkrycia promieniotwórczości i roli Marii Skłodowskiej-Curie
2	Jądro atomowe i jego budowa (XII.5) (I.11, I.17)	- podać i scharakteryzować składniki jądra atomowego, - zdefiniować liczbę masową i liczbę atomową (porządkową) pierwiastka, - opisać właściwości sił jądrowych	opisać doświadczenie Rutherforda i wyjaśnić znaczenie jego wyników
3	Rozpady promieniotwórcze (XII.6, XII.9, XII.10) (I.2)	- wyjaśnić, czym różnią się od siebie izotopy, i podać przykłady izotopów wybranego pierwiastka, - wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy, - podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus, - podać ładunek i masę pozytonu	- przeanalizować, jak zmieniają się jądra pierwiastków po rozpadach promieniotwórczych, - sformułować regułę Soddiego i Fajansa, - wyjaśnić pojęcia jądra stabilnego i jądra niestabilnego, - podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
4–5	Prawo rozpadu promieniotwórczego. Metoda datowania izotopowego (XII.11, XII.12) (I.7)	- zapisać i objaśnić prawo rozpadu promieniotwórczego, - wyjaśnić pojęcia: stała rozpadu i czas połowicznego rozpadu, - zdefiniować pojęcie aktywności źródła i podać jej jednostkę, - wyjaśnić, co to znaczy, że rozpad promieniotwórczy ma charakter statystyczny	- 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 węgla ^{14}C
6–7	Energia wiązania (XII.7, XII.8) (I.7)	- wyjaśnić, dlaczego masa jądra jest mniejsza od sumy mas jego składników, - wyjaśnić pojęcia: deficyt masy i energia wiązania, - podać wzór na energię wiązania jądra atomowego	- zinterpretować wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych, - zdefiniować jednostkę masy atomowej i wykorzystywać ją do wykonywania obliczeń
8–9	Reakcje jądrowe. Kreacja i anihilacja (XII.6, XII.7, XII.19)	- wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych, - poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych, - opisać zjawisko kreacji par elektron–pozyton, - wymienić zasady zachowania obowiązujące w zjawisku kreacji, - opisać zjawisko anihilacji, - zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu	- wyjaśnić i opisać za pomocą równania kreację pary elektron–pozyton, - przedstawić zasadę zachowania pędu w zjawisku kreacji, - obliczyć minimalną energię fotonu konieczną do zajścia zjawiska kreacji
10–11	Reakcje rozszczepienia (XII.15) (I.2)	- wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach rozszczepienia jąder, - wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa i podać warunki jej zachodzenia	- zapisywać równania reakcji rozszczepienia jąder z uwzględnieniem zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów, - stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji rozszczepienia, - uzasadnić stwierdzenie, że energia dostarczana przez wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzi z energii spoczynkowej ciał
12	Energetyka jądrowa. Wykorzystanie energii jądrowej (XII.16) (I.7)	- wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową, - wymienić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane, - uzasadnić pogląd o konieczności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej	- opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej, - opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostą wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
13	Reakcje termojądrowe. Ewolucja gwiazd. (XII.17, XII.18) (I.3, I.7, I.18)	- opisać reakcję fuzji lekkich jąder i jej skutki, - omówić schemat cyklu proton–proton, - wskazać, że źródłem energii Słońca są reakcje syntezy, - oszacować różnicę energii wydzielonej podczas syntezy określonej masy jąder z energią uzyskaną ze spalania takiej samej masy węgla, - opisać reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach	- omówić schemat cyklu CNO, - wyjaśnić zjawisko wybuchu supernowej, - wyjaśnić, czym jest czarna dziura i w jaki sposób powstaje, - opisać budowę i zasadę działania bomby termojądrowej
14	Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Działanie promieniowania na organizmy (XII.13, XII.14) (I.18)	- opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy, - wymienić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej, - wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem	- podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę, - podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki, - zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego
15	Sprawdzian wiedzy i umiejętności		