

**WYMAGANIA EDUKACYJNE Z FIZYKI NIEZBĘDNE DO UZYSKANIA PRZEZ UCZNIA**

*(przedmiot)*

**POSZCZEGÓLNYCH ŚRÓDROCZNYCH I ROCZNYCH OCEN KLASYFIKACYJNYCH WYNIKAJĄCYCH Z REALIZOWANEGO PROGRAMU NAUCZANIA *M. Fijałkowska, B. Saganowska, J. Salach „Fizyka w liceum i technikum – zakres rozszerzony”. WSiP* (LICEUM 4-LETNIE)**

**ZAKRES ROZSZERZONY**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Szczegółowe wymagania edukacyjne dla klasy 4Ap, 4Fp, 4Gp, 4Hp** | | | | |
| Uczeń spełnia wszystkie wymagania edukacyjne dla poziomu podstawowego, a ponadto wymagania wyszczególnione poniżej.  Ocenę **niedostateczną** otrzymuje uczeń, który nie spełnia wymagań edukacyjnych niezbędnych do uzyskania oceny dopuszczającej. | | | | |
| Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dopuszczającej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dostatecznej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dobrej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny bardzo dobrej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny celującej** |
| **DUALNA NATURA PROMIENIOWANIA I MATERII** | | | | |
| - omówić widmo fal elektromagnetycznych podać źródła i zastosowania wybranych zakresów widma  - opisać i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną  - wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy  - zaobserwować i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez szczelinę  - wyjaśnić własnymi słowami, co to jest zdolność rozdzielcza przyrządu,  - uzasadnić dążenie naukowców do jej zwiększania  - obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle,  - wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji  - obserwować i objaśnić zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne,  - posługiwać się pojęciem kwantu energii – fotonu,  - wymienić praktyczne zastosowania fotokomórki  - rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe,  - wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym,  - opisać widmo promieniowa-nia ciał stałych i cieczy,  - wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym  - 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  - opisać właściwości promieni X  - wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego  -wypowiedzieć hipotezę de Broglie’a i objaśnić wzór na długość fali materii,  - wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych | - podać definicję fali elektromagnetycznej  - 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  - podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal  - sporządzić rysunek przedstawiający odbicie światła od dwóch powierzchni cienkiej warstwy  - podać i nazwać wielkości występujące we wzorach na kąt ugięcia, pod którym widzimy pierwszy ciemny prążek, w przypadku szczeliny i kolistego otworka  - podać definicję zdolności rozdzielczej przyrządu,  wymienić wielkości, od których zależy zdolność rozdzielcza przyrządu  - zademonstrować zjawisko polaryzacji przez podwójne załamanie i przez odbicie,  - podać przykład naturalnego polaryzatora  - 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  - 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  - 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  - opisać widmo promieniowania rentgenowskiego,  - omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach,  - uzasadnić pogląd, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną  - 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 | - omówić doświadczenie Hertza  - opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła  - wyjaśnić pojęcie spójności fal  - 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  - 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 rozróżnialnoś-ci obiektów jako oddzielnych  - opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną,  - wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła,  - opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie,  - zdefiniować kąt Brewstera,  - wyprowadzić związek:  - 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  - sformułować i wyjaśnić hipotezę Maxa Plancka,  - wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego,  posługiwać się wzorem Rydberga (zwanym też uogólnionym wzorem Balmera  - 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 emitują-cego foton; porównać energię odrzutu atomu z energią emitowanego fotonu  - wyjaśnić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego o widmie ciągłym i widmie liniowym,  - wyprowadzić wzór na min,  - posługiwać się wzorem Bragga,  - interpretować zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej,  - omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na krysztale) jako eksperymentalny dowód na falowe właściwości cząstek. | - wyprowadzić wzór na okres drgań własnych obwodu LC,  - przygotować prezentację na temat oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizmy,  - opisać wszystkie wymienione w podręczniku metody pomiaru wartości prędkości światła,  - 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 maksymalne wzmocnienie i całkowite wygaszenie inerferencyjne w cienkich wawrstwach,  - obliczyć długość fali, dla której w wyniku interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy zachodzi maksymalne wzmocnienie lub całkowite wygaszenie,  - analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej,  - uzasadnić stwierdzenie, że im większy rząd widma uzyskanego za pomocą siatki dyfrakcyjnej, tym większa jest zdolność rozdzielcza siatki,  - zapisać i objaśnić prawo Malusa,  - przeanalizować i opisać matematycznie skutek przejścia światła przez kilka polaryzatorów umieszczo-nych na wspólnej osi,  - wyjaśnić zasadę działania kina 3D,  - 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 promienio-wania dla różnych metali,  wyznaczyć pracę wyjścia i stałą Plancka na podstawie wykresu zależności napięcia hamowania od częstotliwości i oszacować niepewności pomiarowe,  - zapisać i objaśnić prawo Stefana–Boltzmanna i prawo Wiena,  - opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Rydberga (serie widmowe,  - 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 żagla słonecznego,  - omówić zjawisko Comptona i uzasadnić fakt, że jego wyjaśnienie wymaga przyjęcia założenia o korpuskularnej naturze promieniowania rentgenowskiego,  - przygotować prezentację na temat zastosowań promieniowania rentgenowskiego,  - przygotować prezentację na temat zastosowania falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy). | - rozwiązywać nietypowe zadania i problemy fizyczne |
| **ELEMENTY SZCZEGÓLNEJ TEORII WZGLĘDNOŚCI** | | | | |
| - 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 mecha-nice 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,  - 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,  - 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,  - | - wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina,  - wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni,  - interpretować przybliżony wzór na częstotliwość fal elektromagnetycznych w zjawisku Dopplera w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych,  - opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych,  - podać i objaśnić definicję pędu relatywistycznego,  - interpretować wykres zależności relatywistycznej energii kinetycznej od szybkości obiektu,  - zapisać i skomentować wyrażenie na całkowitą energię ciała swobodnego,  wyrazić pogląd, że w zjawis-kach mikroskopowych całkowita energia jest zachowana,  - 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, | - 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,  - przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami,  wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie,  - sporządzić i objaśnić wykres zależności pędu relatywistycznego od szybkości ciała,  opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym,  - 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,  - wykazać, że masa pojedynczego fotonu jest równa zeru,  - wykazać, że układ fotonów może mieć masę różną od zera,  - opisać ruch relatywistycznej cząstki naładowanej,  - wykazać, że pęd fotonu ma wartość | - podać dokładny wzór na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej w zjawisku Dopplera i przekształcić go do wzoru przybliżonego,  - objaśnić wpływ termicznego ruchu cząsteczek na szerokość linii widmowych,  - podać przykład opisu ruchu dwóch obiektów, w którym konieczne jest zastosowanie relatywistycznego prawa składania prędkości,  - 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,  - 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,  - wyprowadzić związek między energią całkowitą cząstki a wartościami jej pędu i prędkości,  wyprowadzić związek między energią całkowitą, a wartością pędu i masą cząstki | - rozwiązywać nietypowe zadania i problemy fizyczne |
| **FIZYKA JĄDROWA** | | | | |
| - opisać samorzutną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki,  - wymienić rodzaje promieniowania jądrowego i podać ich główne właściwości,  - podać i scharakteryzować składniki jądra atomowego,  - wyjaśnić, czym różnią się od siebie izotopy, i podać przykłady izotopów wybranego pierwiastka,  - wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy,  - 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,  - 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,  - wyjaśnić, na czym polegają procesy, które nazywamy reakcjami jądrowymi,  - wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych,  - opisać zjawisko kreacji par elektron–pozyton,  - opisać zjawisko anihilacji,  - 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,  - wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową,  - wymienić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane,  - 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,  - opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy,  - porównywać dawki promieniowania pochodzącego ze źródeł naturalnych,  - wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem. | - opisać szczegółowo właściwości każdego rodzaju promieniowania jądrowego,  - zdefiniować liczbę masową i liczbę atomową (porządkową) pierwiastka,  - opisać właściwości sił jądrowych,  - podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus,  - podać ładunek i masę pozytonu,  - wyjaśnić pojęcia cząstki i antycząstki,  - wyjaśnić pojęcie stałej rozpadu,  - zdefiniować pojęcie aktywności źródła i podać jej jednostkę,  - wyjaśnić, co to znaczy, że rozpad promieniotwórczy ma charakter statystyczny,  - wyprowadzić wzór na deficyt masy,  - znaleźć związek pomiędzy energią wiązania i deficytem masy,  - poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych, uwzględniając konieczność zachowania całkowitego ładunku i całkowitej liczby nukleonów,  - wyjaśnić zasadę zachowania ładunku w zjawisku kreacji,  - zapisać zasadę zachowania energii w zjawisku kreacji,  - zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu,  - na podstawie doświadczenia myślowego opisanego w podręczniku wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwalana w reakcjach rozszczepienia jąder atomowych,  - uzasadnić pogląd o koniecz-ności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej,  - 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,  - porównać odporność różnych gatunków organizmów na promieniowanie jonizujące,  - wymienić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej. | - przygotować prezentację na temat historii odkrycia promieniotwórczości i roli Marii Skłodowskiej-Curie,  - opisać doświadczenie Rutherforda i wyjaśnić znaczenie jego wyników,  - 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,  - 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 14C,  - 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,  - 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,  - opisać proces anihilacji pozytonu i elektronu,  - 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 egzoenergetycz-na, więc może stanowić źródło energii,  - opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej,  - opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej,  - 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,  - podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę,  - podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki. | - opisać niektóre metody badania właściwości promieniowania jądrowego,  - przygotować prezentację na temat kwarków i leptonów – najmniejszych składników materii,  - wyjaśnić pojęcie szeregu promieniotwórczego i omówić jeden z nich,  - 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,  - obliczyć energię wiązania jądra wybranego atomu,  - porównać energie wiązania jąder z energią wiązania atomów i cząsteczek,  - 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,  - 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,  - przygotować się do dyskusji na temat: *Odpowiedzialność uczonych za konsekwencje ich badań i zastosowania odkryć naukowych*; brać czynny udział w dyskusji,  - 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,  - opisać schemat i zasadę działania licznika Geigera–Müllera,  - zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego. | - rozwiązywać nietypowe zadania i problemy fizyczne |