PRZEDMIOTOWY SYSTEM OCENIANIA

**System oceniania uwzględnia zmiany z 2024 r. wynikające z uszczuplenia podstawy programowej.**\* Doświadczenia obowiązkowe zapisano pogrubioną czcionką. \*\*W kolumnie „Wymagania" nawiasami oznaczono wymagania odnoszące się do zapisów celów operacyjnych ujętych w nawias w kolumnie „Cele operacyjne".Symbolem D oznaczono treści spoza podstawy programowej, **szarym kolorem oznaczono treści, o których realizacji decyduje nauczyciel.**W związku z uszczupleniem przez MEN podstawy programowej, w rozkładzie materiału zmniejszyła się liczba godzin na realizację obowiązkowych zagadnień. Uzyskane w ten sposób dodatkowe godziny pozostają do dyspozycji nauczyciela w trakcie roku szkolnego. Zgodnie z założeniami MEN: *Ograniczony zakres treści nauczania – wymagań szczegółowych – da nauczycielom i uczniom więcej czasu na spokojniejszą i bardziej dogłębną realizację programów nauczania*.

**Uczeń zdobywa ocenę: dopuszczającą jeżeli opanował treści konieczne; dostateczną jeżeli opanował treści konieczne i podstawowe; dobrą jeżeli opanował treści konieczne, podstawowe i rozszerzone; bardzo dobrą jeżeli opanował treści konieczne, podstawowe, rozszerzone i dopełniające.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zagadnienie** | **Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia)1**  **Uczeń:** | **Wymagania2** | | | |
| **podstawowe** | | **ponadpodstawowe** | |
| **konieczne** | **podstawowe** | **rozszerzające** | **dopełniające** |
| **Dział 16. Fale elektromagnetyczne i optyka** | | | | | |
| **16.1. Czym są fale elektromagnetyczne** | (wskazuje zmianę pola elektrycznego lub magnetycznego jako źródło fali elektromagnetycznej; wymienia cechy wspólne i różnice w rozchodzeniu się fal mechanicznych i elektromagnetycznych);  opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego  oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych | (X) | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: obserwuje wytwarzanie fali elektromagnetycznej; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, wyciąga wnioski |  | X | (X) |  |
| stosuje zależność między długością, prędkością i częstotliwością fali dla fal elektromagnetycznych |  | X |  |  |
| posługuje się pojęciem natężenia fali elektromagnetycznej wraz z jej jednostką  (oraz wielkościami związanymi z mocą światła) |  | X | (X) |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących fal elektromagnetycznych |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z powstawaniem  i rozchodzeniem się fal elektromagnetycznych; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z powstawaniem  i rozchodzeniem się fal elektromagnetycznych; uzasadnia swoje odpowiedzi  i rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **16.2. Widmo fal elektromagnetycznych** | (wymienia rodzaje fal elektromagnetycznych; wskazuje przykłady ich zastosowania); opisuje widmo fal elektromagnetycznych oraz wymienia źródła i własności fal  z poszczególnych zakresów widma | (X) | X |  |  |
| opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego  na przykładzie schematu nadawania, rozchodzenia się i odbierania fal radiowych |  | X |  |  |
| (opisuje światło białe jako mieszaninę barw), opisuje widmo światła białego jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach | (X) | X |  |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych i tekstów popularnonaukowych przy opisywaniu zastosowania fal elektromagnetycznych z poszczególnych zakresów widma |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z falami elektromagnetycznymi; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania i problemy związane z falami elektromagnetycznymi; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **16.3. Dyfrakcja i interferencja fal elektromagnetycznych** | opisuje zjawisko dyfrakcji fal elektromagnetycznych na przykładzie światła  (oraz praktyczne znaczenie tego zjawiska) |  | X | (X) |  |
| przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: obserwuje dyfrakcję światła  na krawędzi przeszkody, **obserwuje zjawisko interferencji fal**; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, wyciąga wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń, formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) |  | X | (X) |  |
| (stosuje zasadę superpozycji fal, podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal); opisuje doświadczenie Younga oraz jego wyniki | (X) | X |  |  |
| opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami; stosuje wzory opisujące wzmocnienie i wygaszenie fali (wyjaśniania zjawisk)  i obliczeń |  | X | (X) |  |
| posługuje się informacjami związanymi z dyfrakcją i interferencją fal elektromagnetycznych pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych, ilustruje je na schematycznych rysunkach; wykonuje obliczenia  za pomocą kalkulatora | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych; uzasadnia swoje rozwiązania, udowadnia podane stwierdzenia i/lub związki |  |  | X | (X) |
| **16.4. Siatka dyfrakcyjna** | przeprowadza doświadczenie na podstawie z jego opisu: obserwuje obraz interferencyjny uzyskany za pomocą siatki dyfrakcyjnej; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, wyciąga wnioski |  | X | (X) |  |
| opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje do obliczeń (i wyjaśniania zjawisk) związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali, (udowadnia ten związek) |  | X | (X) |  |
| analizuje jakościowo (i wyjaśnia) zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy |  | X | (X) |  |
| wskazuje (i opisuje) przykłady interferencji światła w przyrodzie |  | X | (X) |  |
| wykorzystuje związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali  do rozwiązywania typowych (prostych) zadań lub problemów; wykonuje obliczenia  za pomocą kalkulatora | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące zjawiska interferencji; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **16.5. Odbicie**  **i rozproszenie światła** | (opisuje zjawisko odbicia światła); stosuje prawo odbicia na granicy dwóch ośrodków  do wyjaśniania zjawisk; (wyjaśnia różnicę pomiędzy odbiciem od zwierciadła a odbiciem  od matowej powierzchni) | (X) | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: **demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku**; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje, wyciąga wnioski; (planuje  i modyfikuje przebieg doświadczeń) |  | X | (X) |  |
| wskazuje (i opisuje) przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających  z rozpraszania światła |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z odbiciem i rozpraszaniem światła; przeprowadza obliczenia liczbowe, uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z odbiciem  i rozpraszaniem światła; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **16.6. Załamanie światła** | opisuje (jakościowo) i ilościowo załamanie światła przy przejściu do innego ośrodka; (wskazuje kierunek załamania); stosuje prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków | (X) | X |  |  |
| opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; stosuje zasadę odwracalności biegu promienia światła oraz prawo Snelliusa do wyjaśniania zjawisk i/lub obliczeń |  | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: wyznacza współczynnik załamania światła w danej substancji; analizuje i opracowuje wyniki pomiarów, przedstawia je na wykresie i wyciąga wniosek; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) |  | X | (X) |  |
| posługuje się pojęciem współczynnika załamania światła *n* w danym ośrodku; (udowadnia, że prawo Snelliusa można zapisać: ) |  | X | (X) |  |
| opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających  z załamania światła, (wyjaśnia ich powstawanie) |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z załamaniem światła; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi  i/lub rozwiązania | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z załamaniem światła; udowadnia podane stwierdzenia lub związki |  |  | X | (X) |
| **16.7.Częściowe**  **i całkowite wewnętrzne odbicie** | (opisuje jakościowo częściowe i całkowite wewnętrzne odbicie światła i ilustruje je  na schematycznym rysunku; posługuje się pojęciem kąta granicznego); stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu wewnętrznego odbicia światła | (X) | X |  |  |
| korzysta z prawa Snelliusa do obliczania kąta granicznego, interpretuje jego związek  ze współczynnikiem *n*; (opisuje mechanizm powstawania okna Snelliusa) |  | X | (X) |  |
| opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia; opisuje przykłady wykorzystania światłowodów, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych i tekstów popularnonaukowych |  | X | (X) |  |
| **doświadczalnie wyznacza wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego**; analizuje i opracowuje wyniki pomiarów; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje i weryfikuje hipotezy) |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z wewnętrznym odbiciem światła; przeprowadza obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora; uzasadnia  i/lub ilustruje na schematycznych rysunkach swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z wewnętrznym odbiciem światła; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **16.8.Rozszczepienie światła** | (opisuje światło białe jako mieszaninę barw i ilustruje to rozszczepieniem światła  w pryzmacie; wymienia inne przykłady rozszczepienia światła); opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach | (X) | X |  |  |
| wykonuje doświadczenie na podstawie jego opisu: demonstruje rozszczepienie światła  w pryzmacie i połączenie barw w światło białe; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje, wyciąga wnioski |  | X | (X) |  |
| wyjaśnia zjawisko rozszczepienia światła przy jego załamaniu; opisuje bieg światła  przez pryzmat; (wykazuje, że *n*fiol>*n*czerw) |  | X | (X) |  |
| opisuje powstawanie tęczy i halo jako przykłady zjawisk optycznych występujących  w przyrodzie i wynikających z rozszczepienia światła, do ich opisu posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych i tekstów popularnonaukowych; (wyjaśnia mechanizm powstawania tęczy) |  | X | (X) |  |
| stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu rozszczepienia światła przez kroplę wody;(wykazuje, że pas tęczy widzimy pod kątem 42o , a tęcza jest kolorowa) |  | X |  | (X) |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z rozszczepieniem światła; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora, uzasadnia swoje odpowiedzi  i/lub rozwiązania, ilustruje je na schematycznych rysunkach | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z rozszczepieniem światła; uzasadnia podane stwierdzenia |  |  | X | (X) |
| **16.9.Soczewki** | rozróżnia soczewki skupiające i rozpraszające, stosuje ich schematyczne oznaczenia, opisuje bieg wiązki światła przez te soczewki; posługuje się pojęciami ogniska, ogniskowej (i zdolności skupiającej wraz z jej jednostką) | X | (X) |  |  |
| opisuje jakościowo (i R ilościowo) zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny  oraz współczynnika załamania, (interpretuje tę zależność); stosuje przybliżenie cienkiej soczewki |  | X | (X) |  |
| rozróżnia soczewki sferyczne i asferyczne; wyjaśnia na czym polega aberracja sferyczna i chromatyczna, wskazuje sposoby korygowania tych wad soczewek |  |  | X |  |
| stosuje do obliczeń pojęcie zdolności skupiającej wraz z jej jednostką |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące soczewek; ustala i uzasadnia swoje odpowiedzi, wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące soczewek; uzasadnia swoje rozwiązania oraz ilustruje je na schematycznych rysunkach; wykazuje podane zależności |  |  | X | (X) |
| **16.10.Obraz rzeczywisty tworzony przez soczewkę wypukłą** | opisuje mechanizm tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą  oraz podaje reguły jego konstruowania; rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone  przez soczewkę skupiającą | X |  |  |  |
| **doświadczalnie bada związek między ogniskową soczewki i położeniami przedmiotu i obrazu**; opisuje, analizuje (i opracowuje) wyniki pomiarów; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) |  | X | (X) |  |
| (wyprowadza, interpretuje) i stosuje do obliczeń równanie soczewki; opisuje sposób pomiaru przybliżonej ogniskowej soczewki |  | X | (X) |  |
| opisuje rolę soczewek w korygowaniu wad wzroku: krótkowzroczności  i dalekowzroczności | X |  |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z tworzeniem obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania lub podane stwierdzenia, wykonuje obliczenia | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z tworzeniem obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą |  |  | X | (X) |
| **16.11.Obrazy pozorne tworzone przez soczewki** | (rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone); opisuje konstrukcję obrazów pozornych tworzonych przez soczewki oraz rysuje konstrukcyjnie te obrazy; określa cechy obrazu tworzonego przez soczewkę skupiającą w zależności od odległości przedmiotu  od soczewki | (X) | X |  |  |
| przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: bada obrazy pozorne tworzone przez soczewki; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń, formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) |  | X | (X) |  |
| (wyprowadza) oraz stosuje do obliczeń równanie soczewki przy obrazach pozornych |  | X |  | (X) |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z tworzeniem obrazów pozornych przez soczewki; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania lub podane stwierdzenia; stosuje do obliczeń równanie soczewki, wykonuje obliczenia | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z tworzeniem obrazów pozornych przez soczewki |  |  | X | (X) |
| **16.12.Przyrządy optyczne – temat dodatkowy** | opisuje zasadę działania przyrządów optycznych: (lupy), R lunety astronomicznej, R lunety Galileusza, R mikroskopu optycznego, R teleskopu zwierciadlanego, (wskazuje  ich zastosowania) | (X) |  | X |  |
| rysuje konstrukcyjnie obrazy tworzone przez soczewki i zwierciadła (oraz R poznane przyrządy optyczne), określa cechy tych obrazów; R posługuje się pojęciem powiększenia kątowego | X |  | (X) |  |
| posługuje się informacjami związanymi z przyrządami optycznymi pochodzącymi  z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych |  | X | (X) |  |
| przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisu: buduje i bada lunety: astronomiczną, Galileusza oraz teleskop zwierciadlany; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń) |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane (z lupą) i innymi R przyrządami optycznymi oraz z wykorzystaniem równania soczewki; uzasadnia swoje odpowiedzi, konstruuje bieg promieni ilustrujący powstawanie obrazów, wykonuje obliczenia | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z R przyrządami optycznymi oraz z wykorzystaniem równania soczewki i/lub równania zwierciadła; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **16.13.Polaryzacja światła** | opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane | X |  |  |  |
| doświadczalnie **obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle**; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje, wyciąga wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń) |  | X | (X) |  |
| opisuje jakościowo (i wyjaśnia) zjawisko polaryzacji światła przy przejściu  przez polaryzator |  | X | (X) |  |
| objaśnia działanie filtrów polaryzacyjnych; (opisuje zmianę natężenia światła  przy przejściu przez polaryzator) | X |  | (X) |  |
| wskazuje i opisuje zastosowania polaryzatorów, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z polaryzacją światła; wykonuje obliczenia, uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z polaryzacją światła; uzasadnia swoje rozwiązania i/lub podane stwierdzenia; doświadczalnie bada, czy światło jest spolaryzowane |  |  | X | (X) |
| **Powtórzeniei sprawdzian** (Powtórzenie wiedzy z działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*; Sprawdzian) | analizuje tekst: *O tym, do czego służą „odblaski”* lub inny, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania zadań lub problemów; (projektuje i przeprowadza obserwacje oraz doświadczenia, formułuje i weryfikuje hipotezy) |  | X |  | (X) |
| dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi  z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych,  w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści tego działu; (prezentuje wyniki własnych obserwacji i doświadczeń domowych) |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*, a zwłaszcza: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia i poddaje analizie otrzymany wynik, (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania); uzasadnia swoje odpowiedzi i/lub rozwiązania, ilustruje je na schematycznych rysunkach | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*; ilustruje i/lub uzasadnia swoje rozwiązania, ustala  i/lub uzasadnia stwierdzenia; (wykazuje lub udowadnia podane stwierdzenia  i/lub związki) |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i – gdy zaistnieje taka potrzeba – ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć | X  (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dział 17. Fizyka atomowa** | | | | | |
| **17.1. Promieniowanie termiczne** | posługuje się pojęciem promieniowania termicznego; (analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury) | X | (X) |  |  |
| wyjaśnia, do czego służy model ciała doskonale czarnego;****porównuje promieniowanie termiczne Słońca i tradycyjnej żarówki |  | X | (X) |  |
| przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: bada promieniowanie termiczne, opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji; wyciąga wnioski |  | X | (X) |  |
| podaje zależność wyrażającą prawo Wiena oraz stosuje ją do wyjaśniania zjawisk  i obliczeń |  |  | X |  |
| posługuje się pojęciem kwantu energii;przedstawia założenie Plancka dotyczące promieniowania termicznego jako kluczowe dla stworzenia mechaniki kwantowej |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące promieniowania termicznego; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące promieniowania termicznego; uzasadnia podane stwierdzenia |  |  | X | (X) |
| **17.2. Efekt cieplarniany** | wyjaśnia, na czym polega i jak powstaje efekt cieplarniany w atmosferze,  odwołując się do działania szklarni |  | X |  |  |
| przedstawia przyczyny oraz skutki globalnego ocieplenia; (omawia przykłady sprzężenia zwrotnego efektu cieplarnianego) | X | (X) |  |  |
| przedstawia sposoby przeciwdziałania globalnemu ociepleniu na podstawie informacji pochodzących z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych |  | X | (X) |  |
| rozróżnia (oraz porównuje) smog i efekt cieplarniany | X | (X) |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z efektem cieplarnianym; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z efektem cieplarnianym oraz wykorzystaniem prawa Wiena lub podanych informacji; uzasadnia swoje rozwiązania i odpowiedzi |  |  | X | (X) |
| **17.3. Zjawisko fotoelektryczne** | (objaśnia, na czym polega zjawisko fotoelektryczne); opisuje zjawiska fotoelektrycznei jonizacji jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej | (X) | X |  |  |
| (opisuje światło jako strumień fotonów); stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii  oraz zależność między energią fotonu i częstotliwością oraz długością fali do wyjaśniania zjawisk i obliczeń | (X) | X |  |  |
| przedstawia bilans energetyczny zjawiska fotoelektrycznego oraz stosuje go  do wyjaśniania tego zjawiska (i obliczeń); posługuje się pojęciem pracy wyjścia wraz  z jej jednostką – elektronowoltem |  | X | (X) |  |
| rozróżnia zjawiska fotoelektryczne zewnętrzne i wewnętrzne, wskazuje przykłady  ich wykorzystania |  |  | X |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące zjawiska fotoelektrycznego; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące zjawiska fotoelektrycznego; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **17.4. Foton jako cząstka** | (posługuje się pojęciem pędu fotonu); stosuje zależność między pędem fotonu  i jego częstotliwością i energią do wyjaśniania zjawisk i obliczeń | (X) | X |  |  |
| opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła, stosuje zasadę zachowania energii  i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy |  | X |  |  |
| przedstawia mikroskopowy opis odbicia światła; (wyjaśnia, na czym polega  zjawisko Comptona) |  | X | (X) |  |
| wyjaśnia, dlaczego zjawisk związanych z odrzutem atomów nie obserwujemy  w życiu codziennym |  |  | X |  |
| korzysta ze wzoru na pęd fotonu przy rozwiązywaniu typowych (prostych) zadań  lub problemów; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia  swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| korzysta ze wzoru na pęd fotonu przy rozwiązywaniu złożonych (nietypowych) zadań  lub problemów; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **17.5. Falowa natura materii** | opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła, (wskazuje przykłady zjawisk ujawniających falowe albo cząsteczkowe jego własności) | (X) | X |  |  |
| (wskazuje) i opisuje doświadczenia ujawniające falową naturę materii; opisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek | (X) | X |  |  |
| objaśnia hipotezę de Broglie’a o falowych własnościach materii (oraz założenia mechaniki kwantowej); oblicza długość fali de Broglie’a poruszających się cząstek |  | X | (X) |  |
| wyjaśnia budowę i zasadę działania mikroskopu elektronowego |  |  | X |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych, np. z internetu) materiałów źródłowych dotyczących falowej natury materii |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z falową naturą materii; wykonuje obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora; ustala i/lub uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z falową naturą materii; uzasadnia rozwiązania lub podane stwierdzenia |  |  | X | (X) |
| **17.6.Widma emisyjne**  **i absorpcyjne gazu** | rozróżnia widma ciągłe i nieciągłe – dyskretne; wskazuje (i opisuje przykłady zastosowania analizy widm) | X |  | (X) |  |
| przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: **obserwuje widma atomowe**  **za pomocą siatki dyfrakcyjnej**; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski; (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje i weryfikuje hipotezy) |  | X | (X) |  |
| (rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów), opisuje ich pochodzenie; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść elektronu między poziomami energetycznymi  w atomach połączony z emisją lub absorpcją kwantu światła; (rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu) | (X) | X |  |  |
| analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widm atomowych wodoru; (interpretuje układ linii widmowych atomu wodoru |  | X | (X) |  |
| Dopisuje wymuszoną emisję promieniowania oraz powstawanie światła laserowego; (wskazuje) i omawia zastosowania laserów | (X) |  | X |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych, np. z internetu) materiałów źródłowych dotyczących widm |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące widm emisyjnych  i absorpcyjnych; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące widm emisyjnych  i absorpcyjnych; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **17.7.Model atomu Bohra – temat dodatkowy** | Dopisuje model Bohra atomu wodoru, (uzasadnia jego założenia odnoszące się do falowej natury materii, wskazuje ograniczenia) |  | X | (X) |  |
| Dwyznacza*n*-ty promień orbity elektronowej w atomie wodoru oraz energię elektronu  na tej orbicie |  |  |  | X |
| schematycznie przedstawia poziomy energetyczne atomu wodoru i przejścia między tymi poziomami związane z emisją lub absorpcją kwantu; posługuje się pojęciem  energii jonizacji |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące Dmodelu Bohra; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące Dmodelu Bohra; uzasadnia swoje rozwiązania oraz podane związki lub zależności, ilustruje je graficznie |  |  | X | (X) |
| **Powtórzeniei sprawdzian** (Powtórzenie wiedzy z działu *Fizyka atomowa*; Sprawdzian) | realizuje i prezentuje projekt *Spektroskop* opisany w podręczniku (lub inny związany  z tematyką działu *Fizyka atomowa*) |  |  | X | (X) |
| dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fizyka atomowa*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści tego działu |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Fizyka atomowa*, a zwłaszcza: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia  z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, (przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania), ustala i/lub uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Fizyka atomowa*; uzasadnia swoje rozwiązania, podane stwierdzenia lub zależności, ilustruje  je graficznie |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu *Fizyka atomowa*; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i – gdy zaistnieje taka  potrzeba – ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć | X  (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dział 18. Fizyka jądrowa** | | | | | |
| **18.1. Jądro atomowe** | posługuje się pojęciami: pierwiastek, jądro atomowe, nukleon, proton, neutron, elektron, izotop, cząstka elementarna, przy opisie składu materii | X |  |  |  |
| posługuje się pojęciami: masa atomowa wraz jej jednostką, liczba masowa i liczba atomowa; (opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej) | X | (X) |  |  |
| posługuje się pojęciami: antycząstka, antymateria, antyelektron; opisuje kreację  lub anihilację par cząstka–antycząstka; (stosuje zasady zachowania energii i pędu  oraz zasadę zachowania ładunku do analizy kreacji lub anihilacji pary elektron–pozyton); oblicza energię powstałą w wyniku anihilacji; opisuje jakościowo oddziaływania jądrowe |  | X | (X) |  |
| przedstawia wybrane informacje z historii odkrycia jądra atomowego, w tym omawia doświadczenie Rutherforda |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące (składu jądra atomowego) oraz anihilacji pary cząstka–antycząstka; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania, wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące składu jądra atomowego oraz anihilacji pary cząstka–antycząstka |  |  | X | (X) |
| **18.2. Reakcje jądrowe** | wyjaśnia różnice między reakcjami chemicznymi a jądrowymi; posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego | X |  |  |  |
| opisuje rozpady alfa, beta plus i beta minus (β+ i β−) oraz (wskazuje) i zapisuje przykłady takich przemian jądrowych | (X) | X |  |  |
| stosuje zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku do zapisu reakcji jądrowych |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące reakcji jądrowych; wyodrębnia z tekstu informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje  do rozwiązania zadania lub ustalenia odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące reakcji jądrowych, uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **18.3. Promieniowanie jądrowe** | opisuje powstawanie promieniowania gamma; (wymienia) i opisuje właściwości promieniowania jądrowego | (X) | X |  |  |
| (rozróżnia promieniowanie jonizujące i niejonizujące; wskazuje) i omawia wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe; wyjaśnia, dlaczego promieniowanie w dużych dawkach jest niebezpieczne dla zdrowia | (X) | X |  |  |
| omawia sposoby wykrywania promieniowania jądrowego oraz wyznaczania energii kwantów gamma; przedstawia stosowane obecnie i R dawniej wielkości i jednostki miar opisujące promieniowanie jądrowe |  |  | X |  |
| przeprowadza doświadczenie na podstawie jego opisu: bada promieniowanie różnych substancji; przedstawia wyniki |  | X |  |  |
| wymienia (i omawia) przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie na podstawie informacji pochodzących z analizy materiałów źródłowych | X | (X) |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące promieniowania jądrowego; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje reakcje rozpadu, uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące promieniowania jądrowego; uzasadnia swoje rozwiązania lub podane stwierdzenia |  |  | X | (X) |
| **18.4. Czas połowicznego rozpadu** | opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych; (wyjaśnia, że fizyka klasyczna jest deterministyczna, a fizyka współczesna – indeterministyczna) |  | X | (X) |  |
| opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; analizuje i szkicuje wykres zależności liczby jąder materiału promieniotwórczego od czasu; (stosuje prawo rozpadu promieniotwórczego  do rozwiązywania zadań) |  | X | (X) |  |
| opisuje zasadę datowania substancji na podstawie węgla 14C (oraz inne zastosowania czasu połowicznego rozpadu) na podstawie informacji pochodzących z analizy materiałów źródłowych |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące rozpadu promieniotwórczego; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia  swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące rozpadu promieniotwórczego; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **18.5. Masa a energia** | opisuje (jakościowo) i ilościowo związek między zmianą energii ciała i zmianą jego masy; stosuje do obliczeń wzór D*E* = D*mc*2 | (X) | X |  |  |
| wykazuje, że jednostkę współczynnika *c*2 można zapisać w postaci ; interpretuje wartość tego współczynnika |  | X |  |  |
| posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; stosuje wzór *E* = *mc*2 do obliczeń; (porównuje energię spoczynkową  z innymi formami energii) |  | X | (X) |  |
| wyjaśnia, że zasada zachowania energii obowiązuje także w fizyce relatywistycznej  oraz, że są różne umowy, co do znaczenia słowa *masa* |  |  | X |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące związku między masą  i energią; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące związku między masą  i energią; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **18.6. Energia jądrowa** | posługuje się pojęciami deficytu masy i energii wiązania; stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych |  | X |  |  |
| oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania |  | X |  |  |
| opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu 235U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej |  | X |  |  |
| opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej (oraz wymienia korzyści  i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej) | (X) | X |  |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących energetyki jądrowej |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące energii jądrowej; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi, zapisuje równania  reakcji jądrowych | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące energii jądrowej; uzasadnia rozwiązania, wykazuje podane stwierdzenia |  |  | X | (X) |
| **18.7. Energia syntezy termojądrowej** | wskazuje łączenie się jąder pierwiastków lekkich jako reakcję syntezy termojądrowej i źródło energii; (porównuje syntezę termojądrową z reakcję rozszczepienia), rozróżnia te reakcje | X | (X) |  |  |
| wyjaśnia, dlaczego Słońce i inne gwiazdy świecą; opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach |  | X |  |  |
| omawia problemy związane z budową elektrowni termojądrowych i plany  ich przezwyciężenia |  |  | X |  |
| posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, dotyczących różnych rodzajów elektrowni |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące reakcji syntezy termojądrowej; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące reakcji syntezy termojądrowej; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **18.9.Galaktyki i Wszechświat** | (posługuje się pojęciem galaktyka, rozróżnia galaktyki i gwiazdozbiory); wskazuje Słońce jako jedną z wielu gwiazd w Galaktyce oraz Galaktykę jako jedną z wielu galaktyk we Wszechświecie; posługuje się pojęciem roku świetlnego | (X) | X |  |  |
| opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; (podaje) i oblicza przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata zwane  ucieczką galaktyk | (X) | X |  |  |
| opisuje obserwacje świadczące zarówno o słuszności teorii Wielkiego Wybuchu,  jak i rozszerzaniu się Wszechświata |  |  | X |  |
| opisuje zależność między odległością do galaktyki i prędkością jej oddalania się; stosuje do obliczeń prawo Hubble’a (oraz wzory na częstotliwość i długość fali wynikające  z efektu Dopplera dla światła) |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące rozszerzania się Wszechświata i ucieczki galaktyk; wykonuje obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące przesunięcia ku czerwieni i ucieczki galaktyk |  |  | X | (X) |
| **Powtórzeniei sprawdzian** (Powtórzenie wiedzy z działu *Fizyka jądrowa*; Sprawdzian) | analizuje tekst: *Jod ze Świerka dla pół miliona pacjentów...* lub inny, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania zadań  lub problemów |  |  | X |  |
| dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fizyka jądrowa*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści tego działu |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Fizyka jądrowa*,  a zwłaszcza: (wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), przelicza jednostki, posługuje się kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, tablicami fizycznymi lub chemicznymi oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania), zapisuje równania reakcji jądrowych, uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Fizyka jądrowa*; ilustruje i/lub uzasadnia swoje rozwiązania, uzasadnia (lub wykazuje) podane stwierdzenia |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu *Fizyka jądrowa*; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i – gdy zaistnieje taka potrzeba – ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć | X  (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dział 19. Elementy fizyki relatywistycznej** | | | | | |
| **19.1. Czasoprzestrzeń** | stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza) | X |  |  |  |
| opisuje i stosuje transformacje Galileusza, (przedstawia je w czasoprzestrzeni) |  | X | (X) |  |
| posługuje się pojęciami: czasoprzestrzeń, zdarzenie, trajektoria, (stosuje je  w rozwiązywaniu zadań) |  | X | (X) |  |
| (rysuje i/lub) analizuje trajektorie ciał spoczywających lub poruszających się |  | X | (X) |  |
| przedstawia wybrane informacje z historii rozwoju teorii względności, w szczególności prac Einsteina i Galileusza |  | X |  |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące czasoprzestrzeni; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące czasoprzestrzeni; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **19.2. Czasoprzestrzeń w szczególnej teorii względności** | wskazuje niezależność prędkości światła w próżni od prędkości źródła i prędkości obserwatora; (stosuje zasadę względności Einsteina) | X | (X) |  |  |
| wyjaśnia, dlaczego transformacji Galileusza nie można pogodzić z zasadą względności Einsteina (i kiedy możemy stosować transformację Galileusza); porównuje teorie Galileusza i Einsteina |  | (X) | X |  |
| opisuje geometrycznie i przedstawia graficznie (oraz Rzapisuje wzorami) transformację Lorentza, wykorzystuje ją do rozwiązywania zadań (oraz złożonych problemów) |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące transformacji Lorentza; uzasadnia swoje odpowiedzi, wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora |  | X |  |  |
| rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące transformacji Lorentza; uzasadnia swoje rozwiązania, ilustruje je graficznie |  |  | X | (X) |
| **19.4. Więcej o teorii**  **względności – temat dodatkowy** | Dopisuje zjawiska: dylatację czasu i skrócenie Lorentza; ilustruje te zjawiska na diagramie czasoprzestrzennym; (wykazuje na wybranym przykładzie, że poruszające ciało skraca się w kierunku ruchu) |  |  | X | (X) |
| Dwyjaśnia, dlaczego dylatacja czasu i skrócenie Lorentza nie prowadzą do sprzeczności; (opisuje) i wyjaśnia paradoks bliźniąt |  | (X) | X |  |
| Dopisuje obraz świata przy wielkich prędkościach oraz ideę ogólnej teorii względności |  |  | X |  |
| przedstawia wybrane informacje z historii rozwoju teorii względności; (porównuje wskazane teorie) |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące historii rozwoju teorii względności; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| Drozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące dylatacji czasu  i/lub skrócenia Lorentza; wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania lub podane stwierdzenia |  |  | X | (X) |
| **19.5 Energia całkowita** | posługuje się pojęciem energii całkowitej jako sumy energii spoczynkowej i kinetycznej; rozróżnia energię newtonowską i relatywistyczną; (opisuje zależność energii całkowitej od prędkości) |  | X | (X) |  |
| posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością;  stosuje do obliczeń wzór na energię całkowitą |  | X |  |  |
| wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu energii; (wyjaśnia, dlaczego przez zwiększanie energii kinetycznej ciała nie da się przekroczyć prędkości światła) |  | X | (X) |  |
| analizuje (i porównuje) zależność energii od prędkości według fizyki newtonowskiej  i relatywistycznej |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące energii całkowitej; uzasadnia swoje odpowiedzi, wykonuje obliczenia za pomocą kalkulatora |  | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące energii całkowitej; uzasadnia swoje rozwiązania |  |  | X | (X) |
| **Powtórzeniei sprawdzian** (Powtórzenie wiedzy z działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; Sprawdzian) | analizuje tekst: *Świat zdrowo zafalował* lub inny, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania zadań lub problemów |  |  | X |  |
| dokonuje syntezy wiedzy z działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi  z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych,  w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści tego działu |  | X | (X) |  |
| rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Elementy fizyki relatywistycznej*, a zwłaszcza: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, (przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania), uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X |  |  |
| rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; ilustruje i/lub uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania, ustala i/lub uzasadnia stwierdzenia; (wykazuje lub udowadnia podane związki lub zależności) |  |  | X | (X) |
| rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i – gdy zaistnieje taka potrzeba – ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć | X  (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |