**Wymagania z fizyki dla klasy III D - kształcenie ogólne w zakresie rozszerzonym**

**Wymagania ogólne – uczeń:**

* zna i wykorzystuje pojęcia i prawa fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie;
* analizuje teksty popularnonaukowe i ocenia ich treść;
* wykorzystuje i przetwarza informacje zapisane w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków;
* buduje proste modele fizyczne i matematyczne do opisu zjawisk;
* planuje i wykonuje proste doświadczenia, analizuje ich wyniki.

Ponadto:

• wykorzystuje narzędzia matematyki i formułuje sądy oparte na rozumowaniu matematycznym;

• wykorzystuje wiedzę o charakterze naukowym do identyfikowania i rozwiązywania problemów oraz formułowania wniosków opartych na obserwacjach empirycz­nych dotyczących przyrody;

* wyszukuje, selekcjonuje i krytycznie analizuje informacje;
* potrafi pracować w zespole.

**Wymagania na ocenę celującą:**

Ocenę celującą otrzymuje uczeń który w pełni opanował wymagania na ocenę bardzo dobrą oraz :

- systematycznie wzbogaca swą wiedzę,

- bierze udział w konkursach i olimpiadach przedmiotowych,

- wyraża samodzielny, krytyczny stosunek do określonych zagadnień,

- potrafi udowodnić swoje zdanie używając odpowiedniej argumentacji będącej skutkiem nabytej samodzielnie wiedzy,

- współpracuje z nauczycielem, rozwija własne zainteresowania,

- wykazuje szczególne zainteresowania przedmiotem i dysponuje pogłębioną wiedzą ,

- chętnie podejmuje się zadań dodatkowych,

- przedstawia wyniki samodzielnej pracy przygotowanej z wykorzystaniem warsztatu naukowego,

- osiąga sukcesy w konkursach i olimpiadach przedmiotowych,

- prezentuje raport z własnego działania i grupy.

**Pole elektryczne**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ocena** | | | |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **Uczeń:**   * opisuje sposoby elektryzowania ciał przez tarcie i dotyk; wyjaśnia, że zjawisko to polega na przepływie elektronów; analizuje kierunek przepływu elektronów * opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych * odróżnia przewodniki od izolatorów oraz podaje przykłady jednych i drugich * stosuje zasadę zachowania ładunku elektrycznego * posługuje się pojęciem ładunku elektrycznego jako wielokrotności ładunku elektronu (ładunku elementarnego) * demonstruje zjawisko elektryzowania przez tarcie i dotyk oraz wzajemnego oddziaływania ciał naładowanych * podaje treść prawa Coulomba * posługuje się pojęciem pola elektrostatycznego, podaje jego własności * posługuje się pojęciem linii pola elektrostatycznego * opisuje rozkład ładunku w przewodniku * opisuje siły działające na ładunek elektryczny poruszający się w stałym jednorodnym polu elektrostatycznym * opisuje ruch cząstki naładowanej wprowadzonej z prędkością początkową równoległą do wektora natężenia pola * posługuje się pojęciem pojemności kondensatora, podaje sens fizyczny pojemności i jej jednostki * wymienia rodzaje kondensatorów i wskazuje ich zastosowania * z pomocą nauczyciela rozwiązuje proste, typowe zadania obliczeniowe i nieobliczeniowe związane z prawem Coulomba oraz kondensatorami: rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku | **Uczeń:**   * wyjaśnia działanie elektroskopu * wyjaśnia mechanizm elektryzowania ciał przez tarcie i dotyk, stosując zasadę zachowania ładunku elektrycznego * bada zjawiska elektryzowania ciał oraz oddziaływania ciał naładowanych * demonstruje elektryzowanie przez indukcję * bada, od czego i jak zależy siła wzajemnego oddziaływania ciał naelektryzowanych jednoimiennie i różnoimiennie * interpretuje zależność siły Coulomba od wartości ładunków naelektryzowanych ciał i odległości między tymi ciałami * wykorzystuje prawo Coulomba do obliczenia siły oddziaływania elektrostatycznego między ładunkami punktowymi * porównuje siły oddziaływania elektrostatycznego i grawitacyjnego, wskazując podobieństwa i różnice * posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego, podaje definicję (wzór) i jednostkę * oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punktowego * analizuje jakościowo pole pochodzące od układu ładunków * przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola * rozróżnia pola elektrostatyczne centralne i jednorodne (charakteryzuje te pola, rysuje ich linie) * wyznacza pole elektrostatyczne na zewnątrz naelektryzowanego ciała sferycznie symetrycznego * charakteryzuje pole między dwiema przeciwnie naładowanymi płytkami * charakteryzuje energię potencjalną w centralnym polu elektrycznym * definiuje potencjał pola elektrycznego i jego jednostkę, posługuje się pojęciem różnicy potencjałów (napięciem elektrycznym) * definiuje 1 eV oraz przelicza energię z elektronowoltów na dżule i odwrotnie * wyjaśnia działanie klatki Faradaya * opisuje pole elektryczne dwóch połączonych metalowych kul * opisuje wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie ładunków w przewodniku oraz zjawisko ekranowania pola * analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrostatycznym, wyjaśnia pojęcie akceleratora liniowego * opisuje ruch cząstki naładowanej wprowadzonej z prędkością początkową prostopadłą do natężenia pola * opisuje pole kondensatora płaskiego, oblicza napięcie między okładkami * oblicza pojemność kondensatora płaskiego, znając jego cechy geometryczne * podaje wzór na pojemność kondensatora płaskiego * oblicza pracę potrzebną do naładowania kondensatora i zgromadzoną w nim energię * rozwiązuje proste zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + prawem Coulomba   + polem elektrostatycznym   + energią elektrostatyczną i napięciem   + rozkładem ładunków w przewodniku   + ruchem ładunków w polu elektrostatycznym   + kondensatorem   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * wyjaśnia mechanizm elektryzowania ciał przez indukcję, stosując zasadę zachowania ładunku elektrycznego * przygotowuje i przedstawia referat lub prezentację multimedialną na temat zjawisk elektrostatycznych i ich zastosowań, np. kserografu, drukarki laserowej * demonstruje i wyjaśnia oddziaływanie ciał naelektryzowanych z ciałami nienaelektryzowanymi * wyjaśnia zależność siły elektrycznej od ośrodka, posługując się pojęciem przenikalności elektrycznej * doświadczalnie bada kształt linii pola elektrycznego * charakteryzuje pole elektrostatyczne pochodzące od układu ładunków, przedstawia graficzny obraz pola, zaznaczając wektory natężeń pól, stosuje zasadę superpozycji pól * stosuje prawo składania wektorów do znajdowania wypadkowego natężenia pola pochodzącego od układu ładunków, zapisuje wzory na natężenie pola od poszczególnych ładunków * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (np. popularnonaukowych, z internetu) na temat praktycznego zastosowania sił elektrostatycznych (np. w elektrofiltrach) * porównuje energię potencjalną w jednorodnym polu elektrycznym i grawitacyjnym * przedstawia graficznie i interpretuje zależność energii potencjalnej ładunku próbnego w polu elektrycznym od odległości od źródła * określa potencjał w polu centralnym i jednorodnym oraz związek natężenia pola z różnicą potencjałów * oblicza elektrostatyczną energię potencjalną i potencjał elektryczny * demonstruje działanie klatki Faradaya * bada wpływ przewodników z ostrzem na pole elektryczne * wyjaśnia mechanizm powstawania burz i działanie piorunochronu * porównuje (wskazuje podobieństwa i różnice) ruch cząstek naładowanych w jednorodnym polu elektrycznym i ruch ciał w jednorodnym polu grawitacyjnym * bada doświadczalnie pole kondensatora * wyprowadza wzór na pojemność kondensatora płaskiego * wyprowadza wzór na pracę potrzebną do naładowania kondensatora * uczestniczy w dyskusji na temat: Jak można magazynować energię elektryczną i w jakim celu się to czyni * rozwiązuje typowe zadania o podwyższonym stopniu trudności (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + prawem Coulomba   + polem elektrostatycznym   + energią elektrostatyczną i napięciem   + rozkładem ładunków w przewodniku   + ruchem ładunków w polu elektrostatycznym   + kondensatorem   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * Rwyjaśnia, co to są kwarki, i określa ich własności * Rpodaje i interpretuje wektorową postać prawa Coulomba * wykazuje związek natężenia pola z różnicą potencjałów (wyprowadza wzór) * wyjaśnia działanie generatora Van de Graaffa * przeprowadza doświadczenie mające na celu sprawdzenie, czy pojemność kondensatora zależy od jego cech geometrycznych (pola powierzchni płyt i odległości między nimi) i obecności dielektryka * realizuje projekt: Generator Kelvina * rozwiązuje złożone, nietypowe zadania związane z: * prawem Coulomba * polem elektrostatycznym i superpozycją pól * energią elektrostatyczną i napięciem * rozkładem ładunków w przewodniku * ruchem ładunków w polu elektrostatycznym * kondensatorem   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) |

**Prąd stały**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ocena** | | | |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **Uczeń:**   * opisuje przepływ prądu w przewodnikach jako ruch elektronów swobodnych * posługuje się pojęciem natężenia prądu elektrycznego * wskazuje przyczynę przepływu prądu elektrycznego * określa umowny kierunek przepływu prądu elektrycznego * wymienia podstawowe elementy obwodu elektrycznego i wskazuje ich symbole (wymagana jest znajomość symboli następujących elementów: ogniwo, opornik, żarówka, wyłącznik, woltomierz, amperomierz) * buduje proste obwody elektryczne i rysuje ich schematy * rozróżnia połączenia szeregowe i równoległe * wskazuje przykłady zastosowania połączenia szeregowego * odróżnia woltomierz od amperomierza, wybiera właściwe narzędzie pomiaru napięcia elektrycznego i natężenia prądu, wskazując sposób podłączenia do obwodu * posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej * określa i uzasadnia zależność natężenia prądu w przewodniku od przyłożonego napięcia, posługuje się pojęciem napięcia elektrycznego * posługuje się pojęciem oporu elektrycznego i opornika * opisuje połączenie szeregowe i równoległe oporników, rysuje schematy tych połączeń * posługuje się pojęciem oporu zastępczego układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle * posługuje się pojęciem pracy i mocy prądu elektrycznego * przelicza energię elektryczną podaną w kilowatogodzinach na dżule i dżule na kilowatogodziny * wymienia formy energii, na jakie zamieniana jest energia elektryczna * stosuje wzory na pracę i moc prądu elektrycznego * wskazuje różne źródła napięcia * buduje proste ogniwo i bada jego właściwości * wskazuje zastosowania praw Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych * z pomocą nauczyciela rozwiązuje proste, typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + przepływem prądu w przewodnikach   + obwodami elektrycznymi   + prawem Ohma   + łączeniem oporników   + zależnością oporu od wymiarów i rodzaju przewodnika   + pracą i mocą prądu elektrycznego   + prawem Ohma dla obwodu zamkniętego   + wykorzystaniem praw Kirchhoffa   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * odróżnia dryf elektronów od ruchu chaotycznego oraz od rozchodzenia się pola elektrycznego w przewodniku * bada doświadczalnie i opisuje przepływ prądu w cieczach i gazach * stosuje pierwsze prawo Kirchhoffa, podaje, że jest ono konsekwencją zasady zachowania ładunku elektrycznego * uzasadnia sposób podłączenia do obwodu woltomierza i amperomierza * posługuje się woltomierzem, amperomierzem i miernikiem uniwersalnym * zapisuje wynik pomiaru napięcia i natężenia miernikiem analogowym wraz z niepewnością pomiarową (uwzględniając klasę miernika) * określa niepewność pomiaru miernikiem cyfrowym * opisuje działanie i zastosowanie potencjometru * stosuje i interpretuje prawo Ohma, wskazując jego ograniczenia * doświadczalnie bada zależność *I*(*U*) dla opornika i analizuje wyniki pomiarów * rysuje charakterystykę prądowo-napięciową opornika podlegającego prawu Ohma z uwzględnieniem niepewności pomiarowych * oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle * wyjaśnia, od czego i jak zależy opór elektryczny przewodnika, wykorzystując mikroskopowy model przewodnictwa elektrycznego * doświadczalnie bada, od czego i jak zależy opór elektryczny przewodnika (opisuje i analizuje wyniki doświadczenia, wyciąga wnioski) * posługuje się pojęciem oporu właściwego, podając jego sens fizyczny i jednostkę * oblicza opór przewodnika, znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne * opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników * opisuje przemiany energii podczas przepływu prądu elektrycznego * oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze * doświadczalnie bada napięcie między biegunami ogniwa (baterii) * wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej (SEM) ogniwa i oporu wewnętrznego * określa SEM ogniwa jako energię przypadającą na ładunek, wskazuje różnicę między SEM a napięciem * stosuje prawo Ohma dla obwodu zamkniętego * podaje II prawo Kirchhoffa * stosuje prawa Kirchhoffa w obliczeniach dotyczących obwodów elektrycznych * rozwiązuje proste zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + przepływem prądu w przewodnikach   + obwodami elektrycznymi   + prawem Ohma   + łączeniem oporników   + zależnością oporu od wymiarów i rodzaju przewodnika   + pracą i mocą prądu elektrycznego   + prawem Ohma dla obwodu zamkniętego   + wykorzystaniem praw Kirchhoffa   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * stosuje mikroskopowy model przewodnictwa elektrycznego do wyjaśnienia przepływu prądu w metalach * podaje przykłady wykorzystania prądu elektrycznego przez zwierzęta wodne * Rposługuje się pojęciami galwanizacji i elektrolizy * Rwyjaśnia zjawiska chemiczne wywołane przez przepływ prądu elektrycznego w roztworach * analizuje połączenia szeregowe i równoległe * buduje złożone obwody elektryczne według zadanego schematu, mierzy napięcie i natężenie oraz zapisuje wyniki pomiarów wraz z niepewnościami * przedstawia graficznie zależność *I*(*U*) dla danego opornika, wskazując jej ograniczenia * bada doświadczalnie, czy odbiornik energii elektrycznej spełnia prawo Ohma, i analizuje wyniki pomiarów * wyprowadza wzór na opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle * posługuje się złożonymi schematami mieszanych połączeń oporników, oblicza opór zastępczy układu, sprowadzając go do połączeń szeregowych i równoległych * wyjaśnia wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników, wykorzystując mikroskopowy model przewodnictwa elektrycznego * doświadczalnie bada zależność *I*(*U*) dla żarówki: opisuje i analizuje wyniki, wyznacza i interpretuje charakterystykę prądowo-napięciową – wykres zależności *I*(*U*) z uwzględnieniem niepewności pomiarowych, wyciąga wnioski * opisuje zależność oporu od temperatury dla różnych substancji, podaje przykłady wykorzystania tej zależności w praktyce * bada doświadczalnie i analizuje zależność mocy urządzenia od jego oporu * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych) na temat wykorzystania energii elektrycznej * opisuje budowę ogniw, wyjaśnia ich działanie, wskazując zastosowania i ograniczenia * doświadczalnie wyznacza SEM i opór wewnętrzny ogniwa lub baterii: buduje obwód elektryczny, wykonuje pomiary, analizuje wyniki, wykonuje wykres *U*(*I*) z uwzględnieniem niepewności pomiarowych, podaje jego współczynnik kierunkowy, wyciąga wnioski * interpretuje wykres zależności *U*(*I*) dla ogniwa w obwodzie zamkniętym, wyjaśnia, dlaczego przy otwartym obwodzie woltomierz włączony równolegle do źródła napięcia (ogniwa) wskazuje wartość maksymalną równą SEM ogniwa * analizuje złożone obwody elektryczne, np. obwód zawierający dwa źródła SEM i odbiornik energii elektrycznej, stosując reguły dotyczące znaków źródeł SEM i spadków napięć na oporach zewnętrznych i wewnętrznych * rozwiązuje bardziej złożone, ale typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + przepływem prądu w przewodnikach   + Rchemicznymi efektami przepływu prądu   + obwodami elektrycznymi   + prawem Ohma   + łączeniem oporników   + zależnością oporu od wymiarów i rodzaju przewodnika   + pracą i mocą prądu elektrycznego   + prawem Ohma dla obwodu zamkniętego   + wykorzystaniem praw Kirchhoffa   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * Rbada doświadczalnie i opisuje zjawisko galwanizacji * Rbada doświadczalnie i opisuje zjawisko elektrolizy wody * rozwiązuje złożone, nietypowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + przepływem prądu w przewodnikach   + Rchemicznymi efektami przepływu prądu   + obwodami elektrycznymi   + prawem Ohma   + łączeniem oporników   + zależnością oporu od wymiarów i rodzaju przewodnika   + pracą i mocą prądu elektrycznego   + prawem Ohma dla obwodu zamkniętego   + wykorzystaniem praw Kirchhoffa   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) |

**Pole magnetyczne**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ocena** | | | |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **Uczeń:**   * nazywa bieguny magnetyczne magnesów trwałych i opisuje charakter oddziaływania między nimi * opisuje zachowanie igły magnetycznej w obecności magnesu oraz zasadę działania kompasu * opisuje działanie przewodnika z prądem na igłę magnetyczną * posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej, określa jednostkę indukcji magnetycznej * wskazuje siłę Lorentza i traktuje ją jako siłę dośrodkową * rozróżnia ferro-, para- i diamagnetyki * opisuje wpływ różnych materiałów na pole magnetyczne * opisuje działanie elektromagnesu i rolę rdzenia w elektromagnesie * doświadczalnie demonstruje działanie siły elektrodynamicznej * opisuje pole magnetyczne wytwarzane przez przewodnik liniowy, pętlę i zwojnicę * z pomocą nauczyciela rozwiązuje proste, typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + siłą Lorentza   + ruchem ładunku w polu magnetycznym   + siłą elektrodynamiczną   + indukcją magnetyczną pola wokół przewodnika z prądem   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * wyjaśnia pojęcia pola magnetycznego, linii pola magnetycznego oraz posługuje się tymi pojęciami * doświadczalnie bada kształt linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych, wyznacza zwrot linii pola magnetycznego za pomocą kompasu * szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych * doświadczalnie bada kształt linii pola magnetycznego w pobliżu przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica) * szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica) * wyznacza zwrot linii pola magnetycznego wokół prostego przewodnika za pomocą reguły prawej dłoni * wyznacza wartość, kierunek i zwrot siły Lorentza * opisuje pole magnetyczne za pomocą wektora indukcji magnetycznej * analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym * wyznacza promień okręgu, po którym porusza się naładowana cząstka w polu magnetycznym * wyznacza okres obiegu cząstki obdarzonej ładunkiem w polu magnetycznym * interpretuje i uzasadnia wzory na promień okręgu i okres obiegu naładowanej cząstki w polu magnetycznym * posługuje się pojęciem przenikalności magnetycznej substancji * opisuje zastosowanie materiałów ferromagnetycznych * buduje elektromagnes i doświadczalnie bada jego właściwości * podaje przykłady zastosowań elektromagnesów * analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym * oblicza wartość oraz wyznacza kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej * oblicza wektor (wartość) indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodnik z prądem (przewodnik liniowy, pętlę, zwojnicę) * opisuje oddziaływanie przewodników, w których płynie prąd * rozwiązuje proste zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + siłą Lorentza   + ruchem ładunku w polu magnetycznym   + siłą elektrodynamiczną   + indukcją magnetyczną pola wokół przewodnika z prądem   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * opisuje pole magnetyczne Ziemi * buduje kompas inklinacyjny i wykorzystuje go do pomiaru inklinacji magnetycznej * określa zwrot linii pola magnetycznego wytwarzanego przez pętlę i zwojnicę, określa bieguny zwojnicy * stosuje regułę prawej dłoni w zadaniach dotyczących pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków * doświadczalnie bada siłę działającą na poruszający się ładunek * wyjaśnia naturę siły magnetycznej * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych), np. przedstawia: * główne tezy artykułu na temat pola magnetycznego * referat na temat pól magnetycznych w przyrodzie i technice * szkicuje tor i opisuje ruch cząstki obdarzonej ładunkiem, gdy wektor prędkości początkowej nie jest ani równoległy, ani prostopadły do linii pola magnetycznego * wyjaśnia zjawisko powstawania zorzy polarnej * wyjaśnia właściwości ferromagnetyków i wyniki doświadczeń z wykorzystaniem wiedzy o domenach magnetycznych * stosuje podział materiałów na magnetyki, paramagnetyki i ferromagnetyki oraz wymienia przykłady tych substancji * wyprowadza wzór na siłę elektrodynamiczną * doświadczalnie bada oddziaływanie przewodników, w których płynie prąd * wyprowadza wzór na siłę wzajemnego oddziaływania przewodników z prądem i na tej podstawie podaje definicję ampera * rozwiązuje bardziej złożone, ale typowe (o podwyższonym stopniu trudności) zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + siłą Lorentza   + ruchem ładunku w polu magnetycznym   + siłą elektrodynamiczną   + indukcją magnetyczną pola wokół przewodnika z prądem   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * posługuje się pojęciem energii potencjalnej w polu magnetycznym * dowodzi doświadczalnie, że pole magnetyczne występuje także wewnątrz magnesu * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych) – przedstawia referat na temat praktycznego wykorzystania pola magnetycznego, np. dotyczący badań cząstek elementarnych w komorze pęcherzykowej, cyklotronie * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych) – przedstawia referat na temat wykorzystania elektromagnesów, pamięci magnetycznej * analizuje ruch elektronów w rurze próżniowej w różnych układach odniesienia * realizuje projekt: Działo magnetyczne * rozwiązuje złożone, nietypowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + siłą Lorentza   + ruchem ładunku w polu magnetycznym   + siłą elektrodynamiczną   + indukcją magnetyczną pola wokół przewodnika z prądem   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) |

**Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ocena** | | | |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **Uczeń:**   * wyjaśnia, na czym polega i kiedy zachodzi zjawisko indukcji elektromagnetycznej * podaje różnicę między indukcją elektromagnetyczną a indukcją magnetyczną (rozróżnia te pojęcia) * podaje treść i zastosowanie reguły Lenza * posługuje się pojęciem strumienia indukcji magnetycznej * posługuje się pojęciami napięcia przemiennego i prądu przemiennego * podaje warunki, jakie muszą być spełnione, aby wytworzyć napięcie przemienne * opisuje zmiany strumienia indukcji magnetycznej przechodzącego przez powierzchnię ramki podczas jej obracania * rozróżnia wartości chwilowe, maksymalne i skuteczne napięcia i natężenia prądu * opisuje wzajemne oddziaływanie magnesów z elektromagnesami i wyjaśnia działanie silnika elektrycznego prądu stałego * opisuje zjawiska indukcji wzajemnej i samoindukcji oraz ich znaczenie w urządzeniach elektrycznych * doświadczalnie bada (demonstruje) właściwości diody * z pomocą nauczyciela rozwiązuje proste, typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + indukcją elektromagnetyczną   + prądem przemiennym   + silnikiem elektrycznym i prądnicą   + zjawiskami indukcji wzajemnej i samoindukcji   + obwodami zawierającymi diody   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * doświadczalnie bada zjawisko indukcji elektromagnetycznej (wytwarza prąd indukcyjny) pod kierunkiem nauczyciela * doświadczalnie bada kierunek przepływu prądu indukcyjnego (opisuje przebieg doświadczenia, wyciąga wnioski) * stosuje regułę Lenza do określenia kierunku prądu indukcyjnego * analizuje napięcie uzyskiwane na końcach przewodnika podczas jego ruchu w polu magnetycznym * oblicza strumień indukcji magnetycznej przechodzący przez powierzchnię * analizuje napięcie uzyskiwane na końcach przewodnika podczas jego ruchu w polu magnetycznym * oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej (stosuje prawo Faradaya) * opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, częstotliwość, wartości skuteczne) * oblicza wartości skuteczne i maksymalne napięcia i natężenia prądu * określa SEM prądnicy * opisuje budowę i zasadę działania silnika uniwersalnego, wskazuje jego zastosowanie * opisuje budowę i zasadę działania prądnicy * rozróżnia generatory SEM * opisuje budowę i zasadę działania transformatora, podaje przykłady zastosowania transformatorów * stosuje związek między napięciami w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym (równanie transformatora) * stosuje wzór na SEM samoindukcji, posługuje się pojęciem indukcyjności * opisuje działanie diody jako prostownika * doświadczalnie demonstruje działanie diody świecącej i opisuje jej zastosowania * rozwiązuje proste zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + indukcją elektromagnetyczną   + prądem przemiennym   + silnikiem elektrycznym i prądnicą   + zjawiskami indukcji wzajemnej i samoindukcji   + obwodami zawierającymi diody   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * uzasadnia, że reguła Lenza wynika z zasady zachowania energii * opisuje budowę i zasadę działania mikrofonu i głośnika * wyprowadza wzór na siłę elektromotoryczną indukcji * interpretuje prawo Faradaya w postaci ilościowej * szkicuje i opisuje wykres zależności napięcia od czasu w sieci prądu przemiennego * doświadczalnie bada napięcie skuteczne * opisuje budowę i zasadę działania silnika indukcyjnego, wskazuje jego zastosowanie * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych), np. przedstawia referat na temat: * Zastosowanie prądu przemiennego * Prąd przemienny trójfazowy * Wykorzystanie silników elektrycznych i prądnic * pod kierunkiem nauczyciela doświadczalnie bada zjawiska indukcji wzajemnej i samoindukcji * uzasadnia równanie transformatora, posługuje się pojęciem sprawności transformatora * opisuje przesyłanie energii elektrycznej * uzasadnia wzór na SEM samoindukcji * opisuje działanie i zastosowanie mostka prostowniczego * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych) dotyczących indukcji elektromagnetycznej, np. artykułu na temat: Dynamo we wnętrzu Ziemi * rozwiązuje bardziej złożone, ale typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + indukcją elektromagnetyczną   + prądem przemiennym   + silnikiem elektrycznym i prądnicą   + zjawiskami indukcji wzajemnej i samoindukcji   + obwodami zawierającymi diody   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * podaje i opisuje przykłady występowania i wykorzystania zjawiska indukcji elektromagnetycznej (np. prądy wirowe, kuchenka indukcyjna, lewitacja) * projektuje, wykonuje i opisuje doświadczenia związane ze zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej * wyprowadza wzór opisujący zmiany napięcia przemiennego * interpretuje za pomocą wykresu pracę prądu przemiennego * buduje działający model silnika elektrycznego * buduje i bada doświadczalnie układy prostownicze * rozwiązuje złożone, nietypowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + indukcją elektromagnetyczną   + prądem przemiennym   + silnikiem elektrycznym i prądnicą   + zjawiskami indukcji wzajemnej i samoindukcji   + obwodami zawierającymi diody   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) |

**Fale elektromagnetyczne i optyka**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ocena** | | | |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **Uczeń:**   * porównuje (wymienia cechy wspólne i różnice) rozchodzenie się fal mechanicznych i elektromagnetycznych * nazywa rodzaje fal elektromagnetycznych (radiowe, mikrofale, promieniowanie podczerwone, światło widzialne, promieniowanie nadfioletowe i rentgenowskie) i podaje przykłady ich zastosowania * wyjaśnia, na czym polega dyfrakcja i interferencja fal, podaje zasadę Huygensa * rozróżnia optykę geometryczną i falową * podaje warunki wzmocnienia i wygaszenia fal w wyniku interferencji * posługuje się pojęciami: siatka dyfrakcyjna, stała siatki dyfrakcyjnej * wskazuje zastosowanie siatki dyfrakcyjnej (w tym siatki odbiciowej – płyty CD lub DVD) do wyznaczenia długości fali świetlnej * podaje przybliżoną wartość prędkości światła w próżni; wskazuje prędkość światła jako maksymalną prędkość przepływu informacji * opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła między ośrodkami o różnych współczynnikach załamania * stosuje zasadę odwracalności biegu promienia światła * demonstruje zjawisko załamania światła (zmiany kąta załamania przy zmianie kąta padania – jakościowo) * opisuje falę elektromagnetyczną jako falę poprzeczną * opisuje światło białe jako mieszaninę barw, a światło lasera jako światło jednobarwne * odróżnia częściowe wewnętrzne odbicie światła od całkowitego wewnętrznego odbicia, posługuje się pojęciem kąta granicznego * rozróżnia soczewki skupiające i rozpraszające * opisuje bieg promieni równoległych do osi optycznej przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą, posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej * wytwarza za pomocą soczewki skupiającej ostry obraz przedmiotu na ekranie, odpowiednio dobierając doświadczalnie położenie soczewki i przedmiotu * rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki, rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone, powiększone, pomniejszone * wyjaśnia pojęcia krótkowzroczności i dalekowzroczności oraz opisuje rolę soczewek w ich korygowaniu * wyjaśnia powstawanie obrazu pozornego w zwierciadle płaskim, wykorzystując prawa odbicia * opisuje skupianie promieni w zwierciadle wklęsłym, posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej * wymienia podstawowe przyrządy optyczne * podaje różnicę między światłem spolaryzowanym i niespolaryzowanym * posługuje się pojęciami: filtry polaryzacyjne (polaryzatory) oraz wskazuje ich zastosowania * z pomocą nauczyciela rozwiązuje proste, typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + dyfrakcją i interferencją światła   + siatką dyfrakcyjną i interferencją światła   + załamaniem światła   + obrazami rzeczywistymi i pozornymi tworzonymi przez soczewki   + obrazami tworzonymi przez zwierciadła   + przyrządami optycznymi   + polaryzacją światła   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * wyjaśnia, jak powstaje i rozchodzi się fala elektromagnetyczna * określa prędkość fal elektromagnetycznych w próżni (podaje wzór na jej obliczenie) * porównuje prędkość fal elektromagnetycznych w różnych ośrodkach * stosuje zależność między długością, prędkością i częstotliwością fali dla fal elektromagnetycznych * opisuje widmo fal elektromagnetycznych i podaje źródła fal w poszczególnych zakresach, wskazuje zastosowania różnych rodzajów promieniowania elektromagnetycznego * demonstruje doświadczalnie i wyjaśnia zjawisko dyfrakcji światła, stosując zasadę Huygensa * opisuje doświadczenie Younga * demonstruje doświadczenie Younga i wyjaśnia jego wyniki * stosuje wzór opisujący wzmocnienie fali * doświadczalnie bada dyfrakcję światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD) * opisuje obraz interferencyjny tworzony przez siatkę dyfrakcyjną dla światła jednobarwnego * wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej * wymienia różne metody wyznaczania prędkości światła * opisuje jedną z metod wyznaczenia prędkości światła * podaje prawo załamania światła (prawo Snelliusa), posługuje się pojęciem współczynnika załamania światła * stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni przy przejściu między ośrodkami o różnych współczynnikach załamania * uzasadnia zasadę odwracalności biegu promienia światła * wyjaśnia zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny * wyznacza współczynnik załamania światła z pomiaru kąta granicznego * wyjaśnia działanie i wskazuje zastosowania światłowodów * bada doświadczalnie i opisuje zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu, posługuje się pojęciem widma światła białego * posługuje się pojęciem zdolności skupiającej * podaje i stosuje zależność między ogniskową soczewki i promieniami sfer, które ograniczają powierzchnie soczewki sferycznej * wyjaśnia, na czym polega przybliżenie cienkiej soczewki * wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych otrzymywanych za pomocą soczewek skupiających oraz obrazów pozornych otrzymywanych za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających * stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów * doświadczalnie bada obrazy rzeczywiste otrzymywane za pomocą soczewek (wyznacza powiększenie obrazu i porównuje je z powiększeniem obliczonym teoretycznie) * doświadczalnie bada obrazy pozorne tworzone przez soczewki skupiającą i rozpraszającą * stosuje równanie soczewki i wzór na powiększenie przy obrazach pozornych * doświadczalnie bada obrazy uzyskiwane za pomocą zwierciadeł wklęsłych i wypukłych * rysuje konstrukcyjnie i opisuje obrazy tworzone przez zwierciadła wklęsłe i wypukłe * wymienia zastosowania zwierciadeł różnego typu * bada doświadczalnie polaryzację światła * opisuje i wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy przejściu przez polaryzator * opisuje i wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu, posługuje się pojęciem kąta Brewstera * wyprowadza i stosuje warunek polaryzacji przy odbiciu (zależność kąta Brewstera od współczynnika załamania światła) * rozwiązuje proste zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + dyfrakcją i interferencją światła   + siatką dyfrakcyjną i interferencją światła   + załamaniem światła   + obrazami rzeczywistymi i pozornymi tworzonymi przez soczewki   + obrazami tworzonymi przez zwierciadła   + przyrządami optycznymi   + polaryzacją światła   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * wykonuje i/lub opisuje doświadczenie związane z wytwarzaniem fal elektromagnetycznych * posługuje się pojęciem natężenia fali elektromagnetycznej * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych), np. przedstawia referat na temat:   + Promieniowanie rentgenowskie w medycynie i technice   + Praktyczne znaczenie dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych * doświadczalnie wyznacza stałą siatki dyfrakcyjnej (wykonuje pomiary, analizuje wyniki, sporządza wykres z uwzględnieniem niepewności pomiarów i określa współczynnik kierunkowy wykresu) * opisuje obraz interferencyjny dla światła białego * opisuje i porównuje różne metody wyznaczania (pomiaru) prędkości światła (metody: Galileusza, Romera, Fizeau, pomiary za pomocą kondensatora, pomiary laserowe) * wyjaśnia, dlaczego obecnie prędkość światła nie jest obarczona niepewnością pomiarową * doświadczalnie bada załamanie światła (wykonuje pomiary kątów padania i załamania, analizuje wyniki, sporządza wykres zależności sin*β* od sin*α*, wyznacza współczynnik załamania światła jako współczynnik kierunkowy prostej) * wyjaśnia zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu i porównuje je ze zjawiskiem rozszczepienia na siatce dyfrakcyjnej * rozróżnia soczewki sferyczne i asferyczne, wyjaśnia aberrację sferyczną i chromatyczną, wskazując sposoby ich niwelowania * wyprowadza równanie soczewki * doświadczalnie bada zależności między odległościami *x* i *y* oraz wyznacza ogniskową soczewki: wykonuje i analizuje pomiary, sporządza wykresy, określa i interpretuje współczynnik kierunkowy wykresu zależności 1/*y*(1/*x*) * posługuje się pojęciem zdolności skupiającej układu soczewek * opisuje działanie lupy i określa jej powiększenie * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych) na temat:   + wad wzroku i sposobów ich korygowania   + zastosowań zwierciadeł różnego typu * porównuje (opisuje podobieństwa i różnice) soczewki i zwierciadła * buduje lunetę astronomiczną i bada doświadczalnie jej działanie * opisuje zasady działania i zastosowania przyrządów optycznych: lunety astronomicznej, lunety Galileusza, mikroskopu optycznego, teleskopu zwierciadlanego * konstruuje obrazy tworzone przez lunety astronomiczną i Galileusza oraz mikroskop optyczny * opisuje działanie wyświetlaczy LCD * rozwiązuje bardziej złożone, ale typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + dyfrakcją i interferencją światła   + siatką dyfrakcyjną i interferencją światła   + załamaniem światła   + obrazami rzeczywistymi i pozornymi tworzonymi przez soczewki   + obrazami tworzonymi przez zwierciadła   + przyrządami optycznymi   + polaryzacją światła   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * wyjaśnia zjawisko powstawania tęczy * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych), np. przedstawia referat na temat:   + Prace Maxwella   + Występowanie interferencji w przyrodzie (np. barwy bańki mydlanej, barwy skrzydeł motyli, ptaków itp.)   + Wyznaczanie prędkości światła * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych), np. dotyczących:   + aberracji sferycznej i chromatycznej   + zastosowań różnych przyrządów optycznych   + zastosowań filtrów polaryzacyjnych   + wykorzystania świateł odblaskowych * rozwiązuje złożone, nietypowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + dyfrakcją i interferencją światła   + siatką dyfrakcyjną i interferencją światła   + załamaniem światła   + obrazami rzeczywistymi i pozornymi tworzonymi przez soczewki   + obrazami tworzonymi przez zwierciadła   + przyrządami optycznymi   + polaryzacją światła   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) |

**Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ocena** | | | |
| **Stopień dopuszczający** | **Stopień dostateczny** | **Stopień dobry** | **Stopień bardzo dobry** |
| **Uczeń:**   * opisuje założenia kwantowego modelu światła * podaje hipotezę de Broglie’a * rozróżnia widma ciągłe i liniowe * interpretuje linie widmowe jako przejścia elektronów między orbitami w atomach * wskazuje promieniowanie rentgenowskie jako rodzaj fal elektromagnetycznych, podaje przykłady jego zastosowania * z pomocą nauczyciela rozwiązuje proste, typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + efektem fotoelektrycznym   + fotokomórką   + hipotezą de Broglie’a   + modelem Bohra i emisją promieniowania   + promieniowaniem rentgenowskim   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * wyciąga poprawne wnioski na podstawie obserwacji zjawiska fotoelektrycznego * opisuje zjawisko fotoelektryczne i wyjaśnia jego przebieg * posługuje się pojęciem pracy wyjścia * podaje przykłady zastosowania fotokomórek i urządzeń zastępujących fotokomórki * wyjaśnia, na czym polega dualizm korpuskularno-falowy * określa długość fali de Broglie’a poruszających się cząstek * podaje postulaty Bohra * posługuje się pojęciami: poziomy energetyczne, stan podstawowy, stany wzbudzone, energia jonizacji, wielkości skwantowane * stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy * opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego * rozwiązuje proste zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + efektem fotoelektrycznym   + fotokomórką   + hipotezą de Broglie’a   + modelem Bohra i emisją promieniowania   + promieniowaniem rentgenowskim   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * przedstawia i wyjaśnia zależność natężenia prądu od napięcia przyspieszającego elektrony w fotokomórce dla światła o stałej częstotliwości i stałym natężeniu promieniowania * przedstawia i wyjaśnia zależność *I*(*U*) dla fotokomórki przy różnych częstotliwościach i różnych natężeniach promieniowania * posługuje się pojęciem napięcia hamowania i wykorzystuje je do wyznaczenia pracy wyjścia * opisuje model Bohra atomu wodoru i uzasadnia jego założenia, odnosząc się do falowej natury materii * wyprowadza wzór Balmera z modelu Bohra * wyjaśnia zasadę działania lampy rentgenowskiej * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych), m.in. na temat wytwarzania i zastosowań promieniowania rentgenowskiego * rozwiązuje bardziej złożone, ale typowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + efektem fotoelektrycznym   + fotokomórką   + hipotezą de Broglie’a   + modelem Bohra i emisją promieniowania   + promieniowaniem rentgenowskim   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) | **Uczeń:**   * opisuje budowę i wyjaśnia zasadę działania mikroskopu elektronowego * wyprowadza wzór na promień orbity i energię elektronu w atomie wodoru * realizuje projekt: Wyznaczanie stałej Plancka * rozwiązuje złożone, nietypowe zadania (obliczeniowe i nieobliczeniowe) związane z:   + efektem fotoelektrycznym   + fotokomórką   + hipotezą de Broglie’a   + modelem Bohra i emisją promieniowania   + promieniowaniem rentgenowskim   (rozróżnia wielkości dane i szukane, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza złożone obliczenia, posługując się kalkulatorem, zapisuje wynik jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku) |