**FIZYKA KLASA 3 (zakres rozszerzony)**

**Wymagania programowe na poszczególne oceny przygotowane na podstawie treści zawartych w podstawie programowej (załącznik nr 1 do rozporządzenia, Dz.U. 2024 r, poz. 1019), programie nauczania oraz w części 1. podręcznika dla liceum i technikum  *Zrozumieć fizykę,* zakres rozszerzony**

| Ocena | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Stopień dopuszczający** | Stopień dostateczny | Stopień dobry | Stopień bardzo dobry | Stopień celujący |
| 11. Grawitacja i elementy astronomii | | | |  |
| **Uczeń:**   * informuje, czym planeta różni się od gwiazdy * wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej * wymienia rodzaje ciał niebieskich w Układzie Słonecznym: Słońce, planety, planety karłowate, księżyce, planetoidy, komety * wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał * podaje i interpretuje związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem * interpretuje wzór na pracę wykonaną przez siły zewnętrzne podczas przemieszczania się ciała, na które działa siła grawitacji * posługuje się pojęciem *drugiej prędkości kosmicznej* zwanej prędkością ucieczki * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi   + związane z opisem budowy Układu Słonecznego   + dotyczące Księżyca   + korzystając z prawa powszechnego ciążenia   + związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity   + z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera   + związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii   + związane z siłami pływowymi;   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza jednostki oraz wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * opisuje rzeczywisty ruch planet wokół Słońca * wyjaśnia ruch planet wokół Słońca, opierając się na działaniu siły grawitacji pełniącej funkcję siły dośrodkowej * podaje najważniejsze fakty z historii wiedzy astronomicznej * opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; wyjaśnia ruch planet wokół Słońca i księżyców wokół planet * posługuje się pojęciami *jednostki astronomicznej* i *roku świetlnego*; stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk * opisuje i wyjaśnia powstawanie faz Księżyca, doświadczalnie demonstruje mechanizm tego zjawiska na modelu * opisuje i wyjaśnia mechanizm zaćmień Księżyca i Słońca, wykorzystując prostoliniowe rozchodzenie się światła * wyjaśnia, za pomocą opisu ruchu obrotowego i obiegowego Księżyca, dlaczego z Ziemi jest widoczna tylko jedna strona Księżyca * opisuje powierzchnię Księżyca * posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego * wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem; stosuje go do obliczeń * oblicza wartość prędkości ciała na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi; posługuje się pojęciem *pierwszej prędkości kosmicznej*, wyznacza ją i oblicza jej wartość dla różnych ciał niebieskich * analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i wpływ siły grawitacji pochodzącej od planet na ruch ich księżyców * opisuje ruch ciała pod wpływem siły grawitacji; podaje treść pierwszego prawa Keplera i stosuje je do wyjaśniania zjawisk * podaje treść drugiego prawa Keplera * podaje treść trzeciego prawa Keplera, stosuje to prawo do obliczeń dla orbit kołowych i eliptycznych * oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie parametrów opisujących ruch jego satelity * interpretuje wzór na energię potencjalną grawitacji oraz wykazuje, że energia potencjalna grawitacji jest zawsze ujemna * oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji * oblicza wartość drugiej prędkości kosmicznej dla różnych ciał niebieskich * opisuje przypływy i odpływy morskie, wymienia ich przyczyny * interpretuje wzór na siłę pływową, oblicza wartość sił pływowych * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi * związane z opisem budowy Układu Słonecznego * dotyczące Księżyca * z wykorzystaniem prawa powszechnego ciążenia * związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity * z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera * związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii * związane z siłami pływowymi,   w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i astronomicznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem naukowym, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; interpretuje zależności   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczących treści działu *Grawitacja i elementy astronomii*, w szczególności obserwacji astronomicznych * analizuje tekst *Rok na Czerwonej Planecie*; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania prostych zadań lub problemów * dokonuje syntezy wiedzy z tego działu; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * opisuje ruch planet na sferze niebieskiej i pozorny obrót sfery niebieskiej * przedstawia rozwój poglądów od teorii Ptolemeusza do teorii Newtona * opisuje planety pozasłoneczne i poszukiwania życia pozaziemskiego * omawia budowę poszczególnych rodzajów planet Układu Słonecznego * wymienia konsekwencje braku atmosfery Księżyca * wykazuje, że zależność *g*(*R*) jest proporcjonalnością prostą; Domawia wybrane metody wyznaczania stałej grawitacji * Dwyjaśnia, jakie czynniki wpływają na przyspieszenie grawitacyjne i ciężar ciała na Ziemi * Dposługuje się pojęciem *pola grawitacyjnego* do opisu oddziaływania grawitacyjnego * Dpodaje przykłady torów ruchu ciał pod wpływem siły grawitacji innych niż elipsa * interpretuje drugie prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu * interpretuje trzecie prawo Keplera jako konsekwencję prawa powszechnego ciążenia * uzasadnia trzecie prawo Keplera dla orbit kołowych i eliptycznych; wyprowadza wzór wyrażający związek między masą ciała niebieskiego a parametrami, które opisują ruch jego satelity * ilustruje na wykresie zależność energii potencjalnej grawitacji ciała od odległości od jej źródła * analizuje zmiany energii potencjalnej i kinetycznej w ruchu planety po orbicie eliptycznej, stosuje zasadę zachowania energii do opisu ruchu orbitalnego * wyprowadza wzór na drugą prędkość kosmiczną * wyjaśnia mechanizm powstawania sił pływowych pochodzących od Księżyca i Słońca * przeprowadza wybrane obserwacje astronomiczne, korzystając z ich opisów * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi * związane z opisem budowy Układu Słonecznego * dotyczące Księżyca * wykorzystując prawo powszechnego ciążenia * związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity * z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera * związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii * związane z siłami pływowymi   oraz uzasadnia odpowiedzi, podane stwierdzenia i zależności   * samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści działu *Grawitacja i elementy astronomii*, w szczególności dotyczące: * gwiazd i planet * budowy Układu Słonecznego * sił pływowych;   posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów | **Uczeń:**   * wykazuje, że drugie prawo Keplera jest konsekwencję zasady zachowania momentu pędu * Dwyprowadza wzór na siłę pływową * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące treści działu *Grawitacja i elementy astronomii*, w szczególności: * związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi * związane z opisem budowy Układu Słonecznego * dotyczące Księżyca * z wykorzystaniem prawa powszechnego ciążenia * związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity * z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera * związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii * związane z siłami pływowymi   oraz wykazuje podane zależności, ilustruje je graficznie   * planuje i modyfikuje przebieg przedstawionych obserwacji astronomicznych; prezentuje wyniki własnych obserwacji astronomicznych | **Uczeń:**   * planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |
| **12. Pole elektryczne** | | | | |
| **Uczeń:**   * opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków elektrycznych i wskazuje jego przykłady w otaczającej rzeczywistości; posługuje się pojęciem *ładunku elektrycznego* jako wielokrotnością ładunku elementarnego, wraz z jego jednostką * opisuje sposoby elektryzowania ciał przez: potarcie, dotyk i indukcję * odróżnia przewodniki od izolatorów * posługuje się pojęciem *pola elektrycznego* do opisu oddziaływania elektrycznego; rozróżnia źródło pola i ładunek próbny * ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; rozróżnia pole centralne i pole jednorodne * opisuje pole elektryczne wokół dwóch ładunków punktowych * porównuje pole na zewnątrz jednorodnie naładowanego ciała sferycznie symetrycznego z polem wytwarzanym przez taki sam ładunek punktowy zgromadzony wewnątrz niego * porównuje elektryczną energię potencjalną z energią potencjalną grawitacji w przypadku pola jednorodnego i pola centralnego * wyjaśnia działanie piorunochronu * opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne, oraz jako urządzenie magazynujące energię elektryczną * opisuje jakościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:   + demonstruje oddziaływanie ciał naelektryzowanych i elektryzowanie ciał   + bada oddziaływanie ciała naelektryzowanego z ciałem elektrycznie obojętnym;   opisuje wyniki obserwacji i formułuje wnioski   * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania   + z wykorzystaniem prawa Coulomba   + dotyczące pola elektrycznego   + związane z opisem pola elektrycznego pochodzącego z wielu źródeł   + związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym   + związane z rozkładem ładunków w przewodnikach   + dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym   + dotyczące kondensatorów,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza jednostki, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * posługuje się zasadą zachowania ładunku elektrycznego i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk * wyjaśnia mechanizm elektryzowania na podstawie wiadomości o mikroskopowej budowie materii * podaje i interpretuje prawo Coulomba, posługuje się pojęciem *stałej elektrycznej* wraz z jej jednostką; oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków elektrycznych, stosując prawo Coulomba; stosuje to prawo do obliczeń i wyjaśniania zjawisk * wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki folii aluminiowej * opisuje zależność siły elektrycznej od rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem *przenikalności elektrycznej*: próżni, ośrodka i względnej * porównuje siłę elektryczną z siłą grawitacji, wskazuje podobieństwa i różnice * posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką, określa kierunek i zwrot tego wektora i oblicza jego wartość; oblicza wartość natężenia pola wytworzonego przez pojedynczy ładunek w odległości *r* od niego * zaznacza wektor natężenia pola; opisuje pole centralne i pole jednorodne; interpretuje zagęszczenie linii jako miarę natężenia pola * analizuje i wyznacza natężenie pola wytwarzanego przez układ dwóch ładunków punktowych; oblicza jego wartość * opisuje i ilustruje graficznie pole na zewnątrz sferycznie symetrycznego układu ładunków * posługuje się pojęciem *energii potencjalnej ładunku* w polu elektrycznym * opisuje i oblicza zmianę energii potencjalnej ładunku podczas jego przemieszczania się w polu centralnym i polu jednorodnym * posługuje się pojęciami *potencjału pola* i *napięcia elektrycznego* wraz z ich jednostkami; oblicza potencjał w polu jednorodnym i polu centralnym * interpretuje i stosuje do obliczeń wzór na natężenie pola jednorodnego; wykazuje równość jednostek 1 V/m i 1 N/C * opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya) oraz duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika * analizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w stałym jednorodnym polu elektrycznym w przypadku ruchu zgodnie z kierunkiem linii pola oraz wtedy, gdy cząstka ma prędkość początkową prostopadłą do linii pola; opisuje siły działające na cząstki w polu elektrycznym, ilustruje to na schematycznych rysunkach * porównuje ruch cząstek naładowanych w jednorodnym polu elektrycznym z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji – rzutem pionowym i rzutem poziomym; opisuje podobieństwa i różnice * opisuje ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego; oblicza natężenie pola między jego okładkami * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * **ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika** * bada: rozkład ładunku w naładowanym przewodniku, działanie metalowego ostrza, układ linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola * **demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry)**   przedstawia na schematycznych rysunkach i opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania * z wykorzystaniem prawa Coulomba * dotyczące pola elektrycznego * związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł * związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym * związane z rozkładem ładunków w przewodnikach * dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym * dotyczące kondensatorów,   w szczególności: ilustruje zjawisko lub problem na schematycznym rysunku; posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; uzasadnia odpowiedzi, ocenia podane stwierdzenia; interpretuje zależności   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu *Pole elektryczne* * dokonuje syntezy wiedzy z działu *Pole elektryczne*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * Dwyjaśnia, co to są kwarki i czym się charakteryzują, wskazuje przykłady cząstek zbudowanych z kwarków * opisuje na przykładach praktyczne wykorzystanie oddziaływań elektrycznych * opisuje polaryzację cząsteczki izolatora (dielektryka) i na tej podstawie wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki papieru * wykazuje, że zmiany pola elektrycznego rozchodzą się z prędkością światła * wyjaśnia wyniki obserwacjiukładu linii pola elektrycznego wokół przewodnika * analizuje natężenie pola wytwarzanego przez kilka ładunków, wyznacza wektor natężenia pola we wskazanych punktach * analizuje pracę podczas przemieszczania ładunku w polu elektrycznym jako zmianę jego energii potencjalnej * uzasadnia, że niezależnie od znaku źródła centralnego pola elektrycznego wzór na energię potencjalną ładunku ma taką samą postać; opisuje i interpretuje zależność energii potencjalnej od odległości od źródła pola * wyprowadza wzór na natężenie pola jednorodnego * wyjaśnia wyniki obserwacji: rozkładu ładunku w naładowanym przewodniku, działania metalowego ostrza, układu linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola * wykazuje, że natężenie pola przy powierzchni naładowanej metalowej kuli jest odwrotnie proporcjonalne do jej promienia * wyjaśnia mechanizm powstawania burz; opisuje zjawisko ekranowania zewnętrznego pola elektrycznego przez swobodne ładunki w przewodniku * Danalizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w stałym jednorodnym polu elektrycznym w przypadku, gdy cząstka ma prędkość początkową skierowaną pod kątem do linii pola; porównuje ten ruch z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji (z rzutem ukośnym) * wyjaśnia wyniki obserwacji przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry) * planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji): * demonstracji oddziaływania ciał naelektryzowanych i elektryzowania ciał * badania: rozkładu ładunku w naładowanym przewodniku, działania metalowego ostrza, układu linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola * **demonstracji przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry)** * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania oraz pola elektrycznego * z wykorzystaniem prawa Coulomba * związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł * związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym * związane z rozkładem ładunków w przewodnikach * dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym * dotyczące kondensatorów   oraz ilustruje zjawisko lub problem graficznie; uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania   * poszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści tego działu, w szczególności dotyczące: * oddziaływań elektrycznych * praktycznego wykorzystania rozkładu ładunków w przewodnikach (np. generator Van de Graaffa) oraz ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym (np. akceleratory);   posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów   * realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Generator Kelvina*, w szczególności wykonuje i demonstruje model generatora Kelvina | **Uczeń:**   * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: * dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania * wykorzystując prawo Coulomba * dotyczące pola elektrycznego * związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł * związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym * związane z rozkładem ładunków w przewodnikach * dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym * dotyczące kondensatorów   oraz wykazuje i/lub ilustruje graficznie podane zależności; formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |
| **13. Prąd elektryczny** | | | | |
| **Uczeń:**   * opisuje przewodnictwo – przepływ prądu elektrycznego w metalach, elektrolitach i gazach; określa umowny kierunek przepływu prądu * posługuje się pojęciem *natężenia prądu elektrycznego* wraz z jego jednostką * posługuje się podstawowymi pojęciami związanymi z obwodem elektrycznym; odróżnia źródło napięcia od odbiornika energii elektrycznej; omawia hydrauliczny odpowiednik obwodu elektrycznego * rozpoznaje wybrane symbole graficzne stosowane w obwodach elektrycznych * posługuje się woltomierzem i amperomierzem * opisuje i rozróżnia połączenia szeregowe i równoległe w obwodach elektrycznych, przedstawia je na schematycznych rysunkach * omawia zastosowania połączeń szeregowych i równoległych i podaje ich przykłady * posługuje się pojęciem *oporu elektrycznego* wraz z jego jednostką; rozróżnia opornik i potencjometr * rozróżnia podstawowe sposoby łączenia oporników * posługuje się pojęciem *oporu zastępczego* * rozróżnia przewodniki, półprzewodniki i izolatory * posługuje się pojęciami *pracy* *prądu elektrycznego* i *mocy prądu elektrycznego* wraz z ich jednostkami; stosuje do obliczeń związki między tymi wielkościami; przelicza energię elektryczną wyrażoną w kilowatogodzinach na dżule i odwrotnie * wskazuje przykłady źródeł napięcia; opisuje budowę ogniwa * przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: sprawdza przepływ prądu przez elektrolit; opisuje wyniki obserwacji i formułuje wnioski * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu   + dotyczące obwodów elektrycznych   + dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądów   + z wykorzystaniem prawa Ohma   + z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma   + dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów, rodzaju przewodnika i temperatury   + dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego   + dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń:**   * stosuje do obliczeń związek między natężeniem prądu a ładunkiem i czasem jego przepływu przez poprzeczny przekrój przewodnika * wyjaśnia wyniki obserwacji przepływu prądu przez elektrolit * rysuje i opisuje (czyta) schematy obwodów elektrycznych, posługując się symbolami graficznymi stosowanymi w obwodach elektrycznych * posługuje się miernikiem uniwersalnym; określa niepewność pomiaru zarówno za pomocą miernika analogowego, jak i cyfrowego, posługując się klasą przyrządu pomiarowego * mierzy napięcie miedzy biegunami żarówki i natężenie płynącego przez nią prądu, zapisuje wynik wraz z jego jednostką, z uwzględnieniem informacji o niepewności * interpretuje pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk * opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniw lub odbiorników połączonych szeregowo i jej związek z zasadą zachowania energii, stosuje ją obliczeń * stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia w przypadku przewodników (prawo Ohma); posługuje się tym prawem * omawia sposób wyznaczenia oporu zastępczego w przypadku różnych układów połączeń oporników * wyznacza, interpretuje i oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle * stosuje do obliczeń wzór na opór przewodnika * opisuje przewodniki, półprzewodniki i izolatory; omawia wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników * opisuje i stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule’a Lenza) z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem * wykorzystuje do obliczeń dane znamionowe urządzeń elektrycznych oraz pojęcie *sprawności* * posługuje się pojęciami *oporu wewnętrznego* i *siły elektromotorycznej* jako cechami źródła; podaje prawo Ohma dla obwodu zamkniętego, stosuje to prawo do obliczeń * rysuje wykres zależności *U*(*I*), uwzględniający SEM ogniwa i jego opór wewnętrzny; stosuje do obliczeń wzór na siłę elektromotoryczną * opisuje obwody elektryczne, w których występują oczka; zaznacza na ich schematach kierunki przepływu prądu * podaje drugie prawo Kirchhoffa * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * **demonstruje pierwsze prawo Kirchhoffa**; **bada dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo** * bada zależność między natężeniem prądu i napięciem dla opornika,buduje potencjometr i sprawdza jego działanie * bada zależność jasności świecenia żarówek o różnych napięciach znamionowych od sposobu ich połączenia * buduje proste ogniwo i bada jego właściwości, bada zależność *U*(*I*);   przedstawia i analizuje wyniki pomiarów z uwzględnieniem ich niepewności; sporządza wykres badanej zależności, dopasowuje prostą i interpretuje jej nachylenie; opisuje wyniki obserwacji; formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu * dotyczące obwodów elektrycznych * dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych, z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądów * z wykorzystaniem prawa Ohma * z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma * dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów, rodzaju przewodnika i temperatury * dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego * dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia * dotyczące obwodów elektrycznych i z wykorzystaniem praw Kirchhoffa,   w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; analizuje, rysuje i opisuje schematy obwodów elektrycznych; rysuje wykresy zależności *I*(*U*) dla oporników; analizuje schematy obwodów elektrycznych; rysuje i interpretuje wykresy wskazanych zależności; uzasadnia odpowiedzi   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu *Prąd stały* * dokonuje syntezy wiedzy z działu *Prąd stały*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * odróżnia dryf elektronów od ruchu chaotycznego i rozchodzenia się pola elektrycznego w przewodniku * uzasadnia z definicji napięcia zasadę dodawania napięć w układzie ogniw lub odbiorników połączonych szeregowo i jej związek z zasadą zachowania energii * omawia zastosowania oporników i potencjometrów * analizuje i interpretuje charakterystykę prądowo-napięciową oporników (zgodną z prawem Ohma), ustala zakresy wartości *I* i *U* * analizuje i rysuje schematy układów oporników * wyznacza, interpretuje i oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo i równolegle * analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem *oporu właściwego materiału i*jego jednostką * opisuje i wyjaśnia wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników; wyjaśnia, dlaczego żarówka nie spełnia prawa Ohma * analizuje charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma); porównuje wykresy dla przewodnika, półprzewodnika i Dnadprzewodnika * wyjaśnia wyniki obserwacji doświadczalnego badania zależności jasności świecenia żarówek o różnych napięciach znamionowych od sposobu ich połączenia * wyjaśnia, kiedy wykorzystujemy związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule’a Lenza) z natężeniem prądu i oporem, a kiedy – z napięciem i oporem * doświadczalnie wyznacza SEM i opór wewnętrzny źródła napięcia, sporządza i interpretuje wykres zależności *U*(*I*) z uwzględnieniem niepewności pomiarów, określa współczynnik kierunkowy * interpretuje prawo Ohma dla obwodu zamkniętego, stosuje to prawo do wyjaśniania zjawisk * interpretuje nachylenie zależności *U*(*I*), uwzględniającej SEM ogniwa i jego opór wewnętrzny, i punkty przecięcia prostej z osiami; analizuje zależność *I*(*U*) * analizuje, czy wykonać dodawanie, czy odejmowanie napięć w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii; interpretuje drugie prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania energii i stosuje je do wyjaśniania zjawisk i obliczeń * na wybranym przykładzie opisuje zastosowanie praw Kirchhoffa w obliczeniach dotyczących obwodów elektrycznych * planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji): * **demonstracji pierwszego prawa Kirchhoffa**; **badania dodawania napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo** * badania zależności między natężeniem prądu a napięciem dla opornika,zbudowania potencjometru i sprawdzania jego działania   oraz sporządza wykres badanej zależności, uwzględniając niepewności pomiarów   * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu * dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych, z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądów * z wykorzystaniem prawa Ohma oraz wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle * dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów, rodzaju przewodnika i temperatury * dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego * dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia * dotyczące obwodów elektrycznych i z wykorzystaniem praw Kirchhoffa   oraz: sporządza i interpretuje wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; uzasadnia odpowiedzi, stwierdzenia i rozwiązania; ilustruje graficznie podane zależności; analizuje otrzymany wynik   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą przewodnictwa elektrycznego oraz wykorzystania zależności oporu od wymiarów przewodnika, oporu właściwego i temperatury * wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści działu *Prąd stały*; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów | **Uczeń:**   * planuje i modyfikuje przebieg wybranych doświadczeń, w szczególności **badania charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki** i grafitu * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: * dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu * dotyczące obwodów elektrycznych * dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych, z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądów * z wykorzystaniem prawa Ohma * z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma * dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów, rodzaju przewodnika i temperatury * dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego * dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia * dotyczące obwodów elektrycznych i z wykorzystaniem praw Kirchhoffa   oraz: projektuje i analizuje układy elektryczne, rysuje ich schematy; wykazuje poprawność podanych zależności | **Uczeń:**   * planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |
| **14. Pole magnetyczne** | | | |  |
| **Uczeń:**   * opisuje oddziaływanie między biegunami magnesów stałych; posługuje się pojęciem *biegunów magnetycznych Ziemi* * posługuje się pojęciem *pola magnetycznego*, wymienia jego źródła; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych; rozpoznaje bieguny magnesu i wyznacza zwrot linii pola magnetycznego za pomocą igły magnetycznej lub kompasu * opisuje budowę i działanie elektromagnesu; wymienia przykłady zastosowania elektromagnesów * wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:   + magnesuje stalowy spinacz oraz stalowy gwóźdź i bada ich właściwości, **doświadczalnie ilustruje układ linii pola magnetycznego wokół magnesów trwałych**   + obserwuje ruch jonów w polu magnetycznym;   przedstawia i/lub opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski   * rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:   + ilustracji pola magnetycznegomagnesów stałych   + ilustracji pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków   + wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza   + ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym   + siły elektrodynamicznej   + indukcji magnetycznej polawokół przewodnika z prądem,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania. z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania | **Uczeń:**   * rozróżnia ferromagnetyki, paramagnetyki i diamagnetyki; opisuje jakościowo podstawowe właściwości i zastosowania ferromagnetyków; posługuje się pojęciem *domen magnetycznych* * analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji dotyczącej **doświadczalnej ilustracji układu linii pola magnetycznego wokół magnesów trwałych**; modyfikuje przebieg doświadczenia * uzasadnia, że z polem magnetycznym jest związana energia potencjalna * rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica), określa ich zwrot * omawia przykłady zastosowania elektromagnesów * posługuje się pojęciem *wektora indukcji magnetycznej* wraz z jego jednostką (1 T); opisuje pole magnetyczne za pomocą wektora indukcji magnetycznej, określa jego kierunek i zwrot * analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną; podaje, interpretuje i stosuje do obliczeń wzór na siłę Lorentza; określa kierunek i zwrot siły Lorentza * analizuje siłę Lorentza działającą na cząstkę naładowaną poruszającą się w jednorodnym polu magnetycznym oraz tor cząstki w zależności od kierunku jej ruchu względem linii pola: wzdłuż linii i prostopadle do nich * stosuje do obliczeń wzory: na promień okręgu, po którym porusza się cząstka naładowana w polu magnetycznym, i na okres jej obiegu * informuje, że pole magnetyczne Ziemi stanowi osłonę przed wiatrem słonecznym * podaje przykłady wykorzystania oddziaływania pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną * analizuje i opisuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem; wyjaśnia, że siła elektrodynamiczna i siła Lorentza to określenie siły magnetycznej w szczególnych sytuacjach * interpretuje wzór na siłę elektrodynamiczną, oblicza wartość tej siły, wyznacza jej kierunek i zwrot * opisuje zależność indukcji pola magnetycznego wokół prostego przewodu od natężenia prądu, odległości od niego i rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem *przenikalności magnetycznej* * uzasadnia, interpretuje i stosuje do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika, pętli i długiej zwojnicy * opisuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * **ilustruje układ linii pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem**: prostego, w kształcie pętli lub zwojnicy; buduje elektromagnes i obrazuje jego działanie * wykazuje, że wewnątrz magnesu występuje pole magnetyczne * bada oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem, obserwuje obraz włókna żarówki po zbliżeniu magnesu * bada oddziaływanie przewodników, w których płynie prąd;   analizuje, opisuje lub wyjaśnia wyniki obserwacji, formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące: * ilustracji pola magnetycznegomagnesów stałych * ilustracji pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków * wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza * ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym * siły elektrodynamicznej * indukcji magnetycznej polawokół przewodnika z prądem,   w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, ilustruje i/lub uzasadnia odpowiedzi   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczących treści działu *Pole magnetyczne*, w szczególności: pola magnetycznego Ziemi i oddziaływań magnetycznych, pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków, wykorzystania oddziaływania pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną * dokonuje syntezy wiedzy z działu *Pole magnetyczne*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * opisuje zmiany układu domen pod wpływem namagnesowania ferromagnetyku * omawia przykłady pól magnetycznych w przyrodzie i technice oraz naturę siły magnetycznej, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych * analizuje oddziaływanie pola magnetycznego i pola elektrycznego na cząstkę naładowaną poruszającą się w selektorze prędkości, korzystając z opisu tego urządzenia * analizuje tor cząstki poruszającej się w jednorodnym polu magnetycznym w dowolnym kierunku względem linii pola * wyznacza promień okręgu, który stanowi tor, po którym porusza się naładowana cząstka w polu magnetycznym, i okres jej obiegu; interpretuje otrzymane wzory * omawia zasadę działania cyklotron * wyprowadza wzór na siłę elektrodynamiczną * wskazuje przykłady zastosowania siły elektrodynamicznej (inne niż silniki elektryczne) * analizuje i wyznacza siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych; * Domawia zależność siły magnetycznej i siły elektrycznej od układu odniesienia * planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) oraz wyjaśnia wyniki obserwacji: * **ilustracji układu linii pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem**: prostego, w kształcie pętli lub zwojnicy; zobrazowania działania skonstruowanego elektromagnesu * badania oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem, badania zmian obrazu włókna świecącej żarówki po zbliżeniu magnesu * badania oddziaływania przewodników, w których płynie prąd * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące: * ilustracji pola magnetycznegomagnesów stałych * pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków * wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza * ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym * siły elektrodynamicznej * indukcji magnetycznej polawokół przewodnika z prądem   oraz: ilustruje lub uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania, ustala i/lub uzasadnia stwierdzenia   * wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści działu *Pole magnetyczne*, w szczególności dotyczące: * pola magnetycznego Ziemi i oddziaływań magnetycznych * pola magnetycznego wytwarzanego przez ładunki w ruchu * wykorzystania oddziaływania pola magnetycznego na poruszającą się naładowaną cząstkę;   posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów   * realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Kierunek linii ziemskiego pola magnetycznego*, w szczególności buduje kompas inklinacyjny | **Uczeń:**   * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące: * wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza * ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym * siły elektrodynamicznej * indukcji magnetycznej polawokół przewodnika z prądem   oraz wykazuje lub udowadnia podane zależności | **Uczeń:**   * planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |
| **15. Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny** | | | | |
| **Uczeń:**   * informuje, na czym polega zjawisko indukcji elektromagnetycznej; podaje przykłady jego zastosowania * odróżnia prąd przemienny od prądu stałego * opisuje funkcję izolacji i bezpieczników przeciążeniowych; rozpoznaje symbol graficzny bezpiecznika * opisuje warunki bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej; informuje, jak udzielić pierwszej pomocy osobie po porażeniu elektrycznym * wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych * podaje przykłady zastosowania prądnic * rozpoznaje graficzny symbol diody na schematach obwodów * przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada działanie bezpiecznika; omawia obserwacje, formułuje wniosek * rozwiązuje proste zadania lub problemy:   + dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej   + z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya   + dotyczące prądu przemiennego   + dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej   + dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy   + dotyczące transformatora   + dotyczące diod,   w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych | **Uczeń:**   * opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej, odróżnia to zjawisko od indukcji magnetycznej i wskazuje przykłady jego zastosowania; posługuje się pojęciami *prądu indukcyjnego i siły elektromotorycznej indukcji* (SEM) * omawia eksperyment Faradaya * podaje regułę Lenza * posługuje się pojęciem *strumienia pola magnetycznego* wraz z jego jednostką, oblicza strumień, gdy pole jest jednorodne * podaje prawo indukcji Faradaya; informuje, kiedy zmienia się strumień pola magnetycznego * oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia pola magnetycznego * wyjaśnia, jak powstaje napięcie przemienne, na przykładzie ramki obracającej się w jednorodnym polu magnetycznym; opisuje jakościowo przemiany energii podczas działania prądnicy * opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciami *napięcia skutecznego i natężenia skutecznego;* rozróżnia wartości napięcia i natężenia: chwilowe, maksymalne i skuteczne * stosuje wzory na napięcie i natężenie skuteczne do obliczania napięcia i natężenia skutecznego w przypadku ich przebiegu sinusoidalnego * opisuje domową sieć elektryczną jako przykład obwodu rozgałęzionego * wyjaśnia funkcje wyłączników różnicowoprądowych i przewodu uziemiającego * opisuje budowę i zasadę działania prądnicy oraz przemiany energii podczas jej działania * porównuje silnik z prądnicą; wyjaśnia, jakie zjawisko fizyczne stanowi podstawę działania prądnicy, a jakie – silnika * opisuje zjawisko indukcji wzajemnej; opisuje budowę i zasadę działania transformatora, przedstawia jego uproszczony model, w którym przekładnia napięciowa i przekładnia prądowa zależą tylko od liczby zwojów; podaje zastosowania transformatorów * stosuje równanie transformatora do wyjaśniania zjawisk i obliczeń * opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie jako źródła światła – diody LED * wyjaśnia funkcję prostownika, wskazuje przykłady jego zastosowań * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * **demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie**; bada kierunek przepływu prądu indukcyjnego * **demonstruje funkcję diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła**; bada działanie diody   przedstawia, opisuje i analizuje wyniki pomiarów i/lub obserwacji, formułuje wnioski   * rozwiązuje typowe zadania lub problemy: * dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej * z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya * dotyczące prądu przemiennego * dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej * dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy * dotyczące transformatora * dotyczące diod,   w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, posługuje się kalkulatorem, rysuje i interpretuje wykresy, stosuje do obliczeń prawo Ohma, związek mocy wydzielonej na oporniku z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem, wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych, analizuje schematy obwodów zawierających diody i określa, które diody przewodzą, uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania   * posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści działu *Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny*, w szczególności zjawisk indukcji wzajemnej * dokonuje syntezy wiedzy z działu *Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | **Uczeń:**   * opisuje inne niż omówiono sposoby wytwarzania prądu elektrycznego – przez zmiany pola magnetycznego * wyjaśnia, że reguła Lenza wynika z zasady zachowania energii i stosuje ją do określania kierunku przepływu prądu indukcyjnego; Domawia budowę oraz zasadę działania mikrofonu i głośnika * interpretuje wzór na strumień pola magnetycznego przez powierzchnię; wyjaśnia sposób obliczenia strumienia, gdy pole nie jest jednorodne * analizuje ruch pręta po szynach w polu magnetycznym, a na tej podstawie wyprowadza wzór na siłę elektromotoryczną indukcji * interpretuje i stosuje prawo indukcji Faradaya do wyjaśniania zjawisk * opisuje i analizuje zależność napięcia od czasu dla prądu przemiennego * rysuje siły działające na pętlę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym; na podstawie tego rysunku omawia zasadę działania silnika elektrycznego, posługując się pojęciem *momentu sił* * Dopisuje budowę i działanie najczęściej stosowanych silników elektrycznych, wymienia ich zastosowania * uzasadnia równanie transformatora * opisuje zastosowania transformatorów; omawia przesyłanie energii elektrycznej * Dopisuje jakościowo zjawisko samoindukcji, podaje przykłady jego znaczenia w urządzeniach elektrycznych; oblicza SEM samoindukcji * przedstawia zastosowanie diody w prostownikach * przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: * Dbada działanie głośników   – porównuje napięcie maksymalne i skuteczne; opisuje i analizuje wyniki pomiaru, odczytu i obserwacji, formułuje wnioski   * wyjaśnia wyniki pomiarów i/lub obserwacji oraz/lub planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji): * **demonstracji zjawiska indukcji elektromagnetycznej i jego związku ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie**; badania kierunku przepływu prądu indukcyjnego * **demonstracji roli diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła**; badania działanie diod * rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: * dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej * z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya i prawa Ohma dla obwodu zamkniętego * dotyczące prądu przemiennego * dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej * dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy * dotyczące transformatora * dotyczące diod   oraz: ilustruje i/lub uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania, ustala i/lub uzasadnia podane stwierdzenia i/lub zależności, analizuje wynik rozwiązania, analizuje schematy obwodów elektronicznych zawierających diody   * analizuje tekst *Dynamo we wnętrzu Ziemi*, wyodrębnia z niego informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów; prezentuje wyniki doświadczeń domowych * wyszukuje i analizuje materiały źródłowe dotyczące treści działu *Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny*, w szczególności: * zjawiska indukcji elektromagnetycznej oraz prądów wirowych * zjawisk indukcji wzajemnej;   posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów | **Uczeń:**   * omawia bramki logiczne * rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: * dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej * z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya i prawa Ohma dla obwodu zamkniętego * dotyczące prądu przemiennego * dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej * dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy * dotyczące transformatora i Dzjawiska samoindukcji * dotyczące diod i Dtranzystorów   oraz: wykazuje lub udowadnia podane zależności, projektuje schematy obwodów elektronicznych zawierających diody   * projektuje i wykonuje doświadczenia, np. buduje i demonstruje działający model silnika elektrycznego, buduje układy elektroniczne złożone z diod; formułuje i weryfikuje hipotezy | **Uczeń:**   * planuje, realizuje i prezentuje własny projekt |