

WYMAGANIA EDUKACYJNE NAUCZANIA FIZYKI W KLASIE 3 LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCEGO W ZAKRESIE ROZSZERZONYM

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

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|--|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| Dział 11. Grawitacja i elementy astronomii | | | | | |
| 11.1. Gwiazdy i planety | wyjaśnia, czym planeta różni się od gwiazdy | X | | | |
| | (opisuje ruch planet na sferze niebieskiej i pozorny obrót sfery niebieskiej); opisuje rzeczywisty ruch planet wokół Słońca | | X | (X) | |
| | wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej (wyjaśnia, że ruch planet wokół Słońca jest wynikiem działania siły grawitacji, pełniącej funkcję siły dośrodkowej) | X | (X) | | |
| | (podaje najważniejsze fakty z historii wiedzy astronomicznej); przedstawia rozwój poglądów na temat ruchu planet od teorii Ptolemeusza do teorii Newtona | | (X) | X | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą gwiazd i planet | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi | | | X | (X) |
| 11.2. Układ Słoneczny | opisuje budowę Układu Słonecznego; wyjaśnia, na czym polega ruch planet wokół Słońca i księżyców wokół planet (opisuje planety pozasłoneczne i poszukiwania życia pozaziemskiego) | | X | (X) | |
| | wymienia rodzaje ciał niebieskich w Układzie Słonecznym: Słońce, planety, planety karłowate, księżyce, planetoidy, komety (omawia budowę poszczególnych rodzajów planet Układu Słonecznego) | X | | (X) | |
| | posługuje się pojęciami <i>jednostki astronomicznej</i> i <i>roku świetlnego</i> , stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu dotyczącymi budowy Układu Słonecznego | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem budowy Układu Słonecznego | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z opisem budowy Układu Słonecznego | | | X | (X) |
| 11.3. Księżyc widziany z Ziemi | opisuje i wyjaśnia przyczynę powstawania faz Księżyca, doświadczalnie demonstruje mechanizm tego zjawiska na modelu | | X | | |
| | opisuje zaćmienia Księżyca i Słońca i wyjaśnia ich przyczyny, wykorzystując prostoliniowe rozchodzenie się światła | | X | | |
| | wyjaśnia za pomocą opisu ruchu obrotowego i obiegowego Księżyca, dlaczego z Ziemi jest widoczna tylko jedna strona Księżyca | | X | | |
| | opisuje powierzchnię Księżyca (podaje konsekwencje wynikające z tego, że Księżyc nie ma atmosfery) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące Księżyca | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące Księżyca; prowadzi wybrane obserwacje astronomiczne, korzystając z ich opisów (planuje i modyfikuje ich przebieg) | | | X | (X) |
| 11.4. Prawo powszechnego ciążenia | posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego (wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał) | (X) | X | | |
| | (podaje) wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem i interpretuje oraz stosuje do obliczeń | (X) | X | | |
| | wykazuje, że zależność $g(R)$ jest proporcjonalnością prostą; ^D omawia wybrane metody wyznaczania stałej grawitacji | | | X | |
| | ^D wyjaśnia, jakie czynniki wpływają na przyspieszenie grawitacyjne i ciężar ciała na Ziemi | | | X | |
| | ^D posługuje się pojęciem <i>pole grawitacyjne</i> do opisu oddziaływania grawitacyjnego | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy, wykorzystując prawo powszechnego ciążenia; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy, wykorzystując prawo powszechnego ciążenia; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |
| 11.5. Pierwsze i drugie prawo Keplera | (wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej); 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 | (X) | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców | | X | | |
| | opisuje ruch ciała pod wpływem siły grawitacji; podaje pierwsze prawo Keplera i stosuje je do wyjaśniania zjawisk (P) podaje przykłady torów ruchu ciał pod wpływem siły grawitacji innych niż elipsa) | | X | (X) | |
| | podaje drugie prawo Keplera (i interpretuje je jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu) | | X | (X) | |
| | wykazuje, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu | | | | X |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity; uzasadnia odpowiedzi (wykazuje podane zależności, ilustruje je graficznie) | | | X | (X) |
| 11.6. Trzecie prawo Keplera | podaje trzecie prawo Keplera (interpretuje je jako konsekwencję prawa powszechnego ciężenia) i stosuje je do obliczeń dla orbit kołowych i eliptycznych | | X | (X) | |
| | uzasadnia trzecie prawo Keplera dla orbit kołowych i eliptycznych; wyprowadza wzór wyrażający związek między masą ciała niebieskiego a parametrami opisującymi ruch jego satelity | | | X | |
| | oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie parametrów opisujących ruch jego satelity | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem i tablicami astronomicznymi; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą obserwacji astronomicznych | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera oraz obserwacjami astronomicznymi; uzasadnia podane zależności | | | X | (X) |
| 11.7. Energia potencjalna grawitacji | interpretuje wzór na pracę wykonaną przez siły zewnętrzne podczas przemieszczania się ciała, na które działa siła grawitacji | X | | | |
| | interpretuje wzór na energię potencjalną grawitacji i wykazuje, że energia potencjalna grawitacji jest zawsze ujemna (ilustruje na wykresie zależność energii potencjalnej grawitacji ciała od odległości od źródła siły grawitacji) | | X | | |
| | oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji (analizuje zmiany energii potencjalnej i kinetycznej w ruchu planety po orbicie eliptycznej oraz stosuje zasadę zachowania energii do ruchu orbitalnego) | | X | (X) | |
| | posługuje się pojęciem <i>drugiej prędkości kosmicznej</i> zwanej prędkością ucieczki (oblicza jej wartość dla różnych ciał niebieskich) | X | (X) | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|--|------------------------|------------|---|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | wyprowadza wzór na drugą prędkość kosmiczną | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania i problemy związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii | | | X | (X) |
| 11.8. Siły pływowe – temat dodatkowy | opisuje przyptywy i odpływy morskie, wymienia ich przyczyny (wyjaśnia mechanizm powstawania sił pływowych pochodzących od Księżyca i od Słońca) | | X | (X) | |
| | wskazuje i omawia na wybranych przykładach skutki sił pływowych na Ziemi i w Kosmosie | | X | | |
| | ^D wyprowadza wzór na siłę pływową (interpretuje wzór na siłę pływową i oblicza wartość sił pływowych) | | (X) | | X |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą sił pływowych | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z siłami pływowymi; wykonuje obliczenia szacunkowe i liczbowe, posługując się kalkulatorem; analizuje otrzymany wynik | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z siłami pływowymi | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy z działu <i>Grawitacja i elementy astronomii</i> ; sprawdzian) | analizuje tekst: <i>Rok na Czerwonej Planecie</i> (lub inny), wyodrębnia z niego informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania zadań lub problemów | | X | (X) | |
| | dokonuje syntezy wiedzy z działu <i>Grawitacja i elementy astronomii</i> ; przedstawia najważniejsze pojęcia, prawa i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (wyszukuje i analizuje materiały źródłowe dotyczące tego działu, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu: <i>Grawitacja i elementy astronomii</i> , w szczególności: (przelicza jednostki, wyodrębnia informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi i astronomicznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania), interpretuje zależności | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu: <i>Grawitacja i elementy astronomii</i> ; uzasadnia odpowiedzi (uzasadnia podane zależności, ilustruje je graficznie; prezentuje wyniki własnych obserwacji astronomicznych) | | | X | (X) |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu <i>Grawitacja i elementy astronomii</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i (jeśli to konieczne) ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć w tym zakresie | | | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| Dział 12. Pole elektryczne | | | | | |
| 12.1. Ładunki elektryczne i ich oddziaływanie | opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków elektrycznych i wskazuje jego przykłady w otaczającej rzeczywistości; posługuje się pojęciem <i>ładunku elektrycznego</i> , jako wielokrotności ładunku elementarnego, wraz z jednostką (P _{wie} , czym są kwarki i czym się charakteryzują, wskazuje przykłady cząstek zbudowanych z kwarków) | X | | (X) | |
| | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: doświadczalnie demonstruje oddziaływanie ciał naelektryzowanych i elektryzowanie ciał; opisuje wyniki obserwacji i formułuje wnioski (planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje i weryfikuje hipotezy) | X | | (X) | |
| | posługuje się zasadą zachowania ładunku elektrycznego i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk | | X | | |
| | opisuje sposoby elektryzowania ciał: przez potarcie, dotyk i indukcję (wyjaśnia mechanizm elektryzowania na podstawie wiadomości o mikroskopowej budowie materii) | X | (X) | | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą oddziaływań elektrycznych; opisuje praktyczne wykorzystanie tych oddziaływań na przykładach | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania | | | X | (X) |
| 12.2. Prawo Coulomba | podaje i interpretuje prawo Coulomba, posługuje się pojęciem <i>stałej elektrycznej</i> wraz z jednostką; oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba; stosuje to prawo do obliczeń i wyjaśniania zjawisk | | X | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – bada oddziaływanie ciała naelektryzowanego z ciałem elektrycznie obojętnym; opisuje wyniki obserwacji (wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki folii aluminiowej) | X | (X) | | |
| | odróżnia przewodniki od izolatorów (opisuje polaryzację cząsteczki izolatora, nazywanego też dielektrykiem, a na tej podstawie wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki papieru) | X | | (X) | |
| | opisuje zależność siły elektrycznej od rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem <i>przenikalności elektrycznej</i> : próżni, ośrodka i względnej | | X | | |
| | porównuje siłę elektryczną z siłą grawitacji, wskazuje podobieństwa i różnice | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy, wykorzystując prawo Coulomba; ilustruje zjawisko lub problem na schematycznym rysunku; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy, wykorzystując prawo Coulomba; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| 12.3. Pole elektryczne | posługuje się pojęciem <i>pola elektrycznego</i> do opisu oddziaływania elektrycznego; rozróżnia źródło pola i ładunek próbny (wykazuje, że zmiany pola elektrycznego rozchodzą się z prędkością światła) | X | | (X) | |
| | posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jednostką, określa kierunek i zwrot tego wektora oraz oblicza jego wartość; oblicza wartość natężenia pola wytworzonego przez pojedynczy ładunek w odległości r od niego | | X | | |
| | doświadczalnie ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika ; opisuje, przedstawia na schematycznych rysunkach (i wyjaśnia) wyniki obserwacji | | X | (X) | |
| | ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola (zaznacza wektor natężenia pola); rozróżnia (i opisuje) pole centralne i pole jednorodne (interpretuje zagęszczenie linii jako miarę natężenia pola) | X | (X) | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące pola elektrycznego; uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące pola elektrycznego; ilustruje graficznie zjawisko lub problem | | | X | (X) |
| 12.4. Pole elektryczne wielu źródeł | opisuje pole elektryczne wokół dwóch ładunków punktowych (analizuje i wyznacza natężenie pola wytwarzanego przez układ dwóch ładunków punktowych i oblicza jego wartość) | X | (X) | | |
| | porównuje pole na zewnątrz jednorodnie naładowanego ciała sferycznie symetrycznego z polem wytwarzanym przez taki sam ładunek punktowy zgromadzony w jego środku | X | | | |
| | opisuje i ilustruje graficznie pole na zewnątrz sferycznie symetrycznego układu ładunków | | X | | |
| | analizuje natężenie pola wytwarzanego przez kilka ładunków, wyznacza wektor natężenia pola we wskazanych punktach | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem pola elektrycznego pochodzącego z wielu źródeł; uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy związane z opisem pola elektrycznego pochodzącego z wielu źródeł; ilustruje graficznie pole lub problem; formułuje i weryfikuje hipotezy | | | X | (X) |
| 12.5. Energia potencjalna, potencjał i napięcie | posługuje się pojęciem <i>energii potencjalnej ładunku w polu elektrycznym</i> (analizuje pracę jako zmianę energii potencjalnej podczas przemieszczania ładunku w polu elektrycznym) | | X | (X) | |
| | opisuje i oblicza zmianę energii potencjalnej ładunku podczas jego przemieszczania w polu centralnym i polu jednorodnym | | X | | |
| | porównuje elektryczną energię potencjalną i energię potencjalną grawitacji dla pola jednorodnego i pola centralnego | X | | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|--|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | 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 | | | X | |
| | posługuje się pojęciami <i>potencjału pola</i> i <i>napięcia elektrycznego</i> wraz z jednostką; oblicza potencjał w polu jednorodnym i polu centralnym | | X | | |
| | (wyprowadza), interpretuje i stosuje do obliczeń wzór na natężenie pola jednorodnego; wykazuje równość jednostek 1 V/m i 1 N/C | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym; wykazuje i ilustruje graficznie podane zależności | | | X | (X) |
| 12.6. Ładunki w przewodniku | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów – bada: rozkład ładunku w naładowanym przewodniku, działanie metalowego ostrza, układ linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola; opisuje, przedstawia na schematycznych rysunkach (wyjaśnia) wyniki obserwacji i formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) | | X | (X) | |
| | opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya) oraz duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika | | X | | |
| | wykazuje, że natężenie pola przy powierzchni naładowanej metalowej kuli jest odwrotnie proporcjonalne do jej promienia | | | X | |
| | wyjaśnia mechanizm powstawania burz (i działanie piorunochronu); opisuje zjawisko ekranowania zewnętrznego pola elektrycznego przez swobodne ładunki w przewodniku | (X) | | X | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą praktycznego wykorzystania rozkładu ładunków w przewodnikach (np. generator Van de Graaffa) | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z rozkładem ładunków w przewodnikach; uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy związane z rozkładem ładunków w przewodnikach; wykazuje podane zależności | | | X | (X) |
| 12.7. Ruch naładowanej cząstki w polu elektrycznym | analizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w stałym jednorodnym polu elektrycznym w przypadku ruchu zgodnego z kierunkiem linii pola oraz wtedy, gdy cząstka ma prędkość początkową prostopadłą (lub ^D skierowaną pod kątem) do linii pola; opisuje siły działające na cząstki w polu elektrycznym, ilustruje to na schematycznych rysunkach | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą praktycznego wykorzystania ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym (np. akceleratory) | | | X | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|--|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | porównuje ruch cząstek naładowanych w jednorodnym polu elektrycznym z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji – rzutem pionowym, poziomym i (p)ukośnym), opisuje podobieństwa i różnice | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym | | | X | (X) |
| 12.8. Kondensatory | opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne, oraz jako urządzenie magazynujące energię elektryczną | X | | (X) | |
| | wykonuje doświadczenia, korzystając z ich opisu: doświadczalnie demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry) ; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje i weryfikuje hipotezy) | | X | (X) | |
| | opisuje (jakościowo) i ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego, oblicza natężenie pola między jego okładkami | (X) | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące kondensatorów; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące kondensatorów; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy z działu <i>Pole elektryczne</i> ; sprawdzian) | realizuje i prezentuje projekt <i>Generator Kelvina</i> opisany w podręczniku (lub inny), w szczególności wykonuje i demonstruje model generatora Kelvina (formułuje i weryfikuje hipotezy) | | | X | (X) |
| | dokonuje syntezy wiedzy z działu <i>Pole elektryczne</i> ; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych (wyszukuje i analizuje materiały źródłowe dotyczące tego działu, posługuje się informacjami pochodzącymi z ich analizy) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Pole elektryczne</i> , w szczególności: (przelicza jednostki, wyodrębnia informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania), ilustruje zjawisko lub problem na schematycznym rysunku; ocenia podane stwierdzenia; interpretuje zależności | (X) | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|---|---|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Pole elektryczne</i> ; uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania (wykazuje podane zależności), ilustruje je graficznie | | | X | (X) |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu <i>Pole elektryczne</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i (jeśli to konieczne) ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć w tym zakresie | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |
| Dział 13. Prąd elektryczny | | | | | |
| 13.1. Prąd elektryczny i jego natężenie | opisuje przewodnictwo – przepływ prądu elektrycznego w metalach, elektrolitach i gazach; określa umowny kierunek przepływu prądu | X | (X) | | |
| | posługuje się pojęciem <i>natężenia prądu elektrycznego</i> wraz z jednostką (stosuje do obliczeń związek między natężeniem prądu a ładunkiem i czasem jego przepływu przez przekrój poprzeczny przewodnika) | X | (X) | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – sprawdza przepływ prądu przez elektrolit; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski | X | (X) | | |
| | odróżnia dryf elektronów od ich ruchu chaotycznego i od rozchodzenia się pola elektrycznego w przewodniku | | | X | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą przewodnictwa elektrycznego | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące prądu elektrycznego, uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania | | | X | (X) |
| 13.2. Obwody elektryczne | posługuje się podstawowymi pojęciami związanymi z obwodem elektrycznym; odróżnia źródło napięcia od odbiornika energii elektrycznej; omawia hydrauliczny odpowiednik obwodu elektrycznego | X | | | |
| | rozpoznaje wybrane symbole graficzne stosowane w obwodach elektrycznych (rysuje i opisuje – czyta schematy obwodów elektrycznych, posługując się tymi symbolami) | X | (X) | | |
| | posługuje się woltomierzem, amperomierzem (i miernikiem uniwersalnym; określa niepewność pomiaru miernikiem analogowym i miernikiem cyfrowym, posługując się klasą przyrządu pomiarowego) | X | (X) | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|--|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | mierzy napięcie między biegunami żarówki i natężenie płynącego przez nią prądu, zapisuje wynik wraz z jednostką, z uwzględnieniem informacji o niepewności | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące obwodów elektrycznych; wykonuje obliczenia, uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące obwodów elektrycznych | | | X | (X) |
| 13.3. Połączenia szeregowe i równoległe | opisuje i odróżnia połączenia szeregowe i równoległe w obwodach elektrycznych, przedstawia je na schematycznych rysunkach | X | | | |
| | doświadczalnie demonstruje pierwsze prawo Kirchhoffa; bada dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo; przedstawia i analizuje wyniki pomiarów z uwzględnieniem ich niepewności, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) | | X | (X) | |
| | interpretuje pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk | | X | | |
| | opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniw lub odbiorników połączonych szeregowo oraz jej związek z zasadą zachowania energii (uzasadnia to z definicji napięcia) i stosuje tę zasadę do obliczeń | | X | (X) | |
| | omawia zastosowania połączeń szeregowych i równoległych, wskazuje ich przykłady | X | | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych, z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądu; analizuje, rysuje i opisuje schematy obwodów elektrycznych; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych (projektuje układy elektryczne i rysuje ich schematy) | | | X | (X) |
| 13.4. Napięcie a natężenie. Prawo Ohma | posługuje się pojęciem <i>oporu elektrycznego</i> wraz z jednostką; rozróżnia opornik i potencjometr (omawia ich zastosowania) | X | | (X) | |
| | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada zależność między natężeniem prądu i napięciem dla opornika, buduje potencjometr i sprawdza jego działanie; przedstawia i analizuje wyniki doświadczeń, sporządza wykres badanej zależności (uwzględniając niepewności pomiarów), dopasowuje prostą i interpretuje jej nachylenie; formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia) | | X | (X) | |
| | analizuje i interpretuje charakterystykę prądowo-napięciową oporników (zgodną z prawem Ohma), ustala zakresy wartości I i U | | | X | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma); posługuje się tym prawem | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy z wykorzystaniem prawa Ohma; rysuje wykresy zależności $I(U)$ dla oporników; analizuje schematy obwodów elektrycznych; uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy z wykorzystaniem prawa Ohma; analizuje otrzymany wynik | | | X | (X) |
| 13.5. Łączenie oporników | rozdzieli podstawowe sposoby łączenia oporników (analizuje i rysuje schematy układów oporników) | X | | (X) | |
| | posługuje się pojęciem <i>oporu zastępczego</i> (omawia sposób jego wyznaczenia dla układu połączeń oporników) | X | (X) | | |
| | wyznacza, interpretuje i oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub/i równolegle | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma; wykonuje obliczenia | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma; uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania | | | X | (X) |
| 13.6. Od czego zależy opór elektryczny | analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika; posługuje się pojęciem <i>oporu właściwego materiału</i> i jego jednostką (stosuje do obliczeń wzór na opór przewodnika) | | (X) | X | |
| | doświadczalnie bada charakterystykę prądowo-napięciową żarówki i grafitu ; przedstawia, analizuje i opracowuje wyniki doświadczeń, uwzględnia niepewności pomiarów, sporządza wykres zależności $I(U)$ i $R(U)$, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje doświadczenie) | | | X | (X) |
| | rozdzieli i opisuje przewodniki, półprzewodniki i izolatory; omawia (opisuje i wyjaśnia) wpływ temperatury na opór elektryczny metali i półprzewodników (wyjaśnia, dlaczego żarówka nie spełnia prawa Ohma) | | X | (X) | |
| | analizuje charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma); porównuje wykresy $\rho(T)$ dla przewodnika i półprzewodnika oraz ^D nadprzewodnika | | | X | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą wykorzystania zależności oporu przewodnika od jego wymiarów, oporu właściwego i temperatury | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów i rodzaju przewodnika oraz od temperatury; formułuje i uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się tablicami fizycznymi i kalkulatorem naukowym | (X) | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów i rodzaju przewodnika oraz od temperatury; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |
| 13.7. Praca i moc prądu elektrycznego | posługuje się pojęciami <i>pracy prądu elektrycznego</i> i <i>mocy prądu elektrycznego</i> wraz z ich jednostkami; stosuje do obliczeń związku między tymi wielkościami; przelicza energię elektryczną wyrażoną w kilowatogodzinach na dżule i odwrotnie | X | | | |
| | wykonuje doświadczenie, korzystając z jego opisu – bada zależność jasności świecenia żarówek o różnych napięciach znamionowych od sposobu ich połączenia; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wniosek | | X | (X) | |
| | opisuje i stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku – ciepła Joule'a Lenza – z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem (wyjaśnia, kiedy wykorzystujemy dany wzór) | | X | (X) | |
| | wykorzystuje do obliczeń dane znamionowe urządzeń elektrycznych oraz pojęcie <i>sprawności</i> | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem naukowym | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego; uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania | | | X | (X) |
| 13.8. Siła elektromotoryczna i opór wewnętrzny | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: buduje proste ogniwo i bada jego właściwości, bada zależność $U(I)$ (oraz wyznacza SEM i opór wewnętrzny źródła napięcia); przedstawia i analizuje wyniki doświadczeń (sporządza i interpretuje wykres zależności $U(I)$ z uwzględnieniem niepewności pomiarów, określa współczynnik kierunkowy), formułuje wnioski (planuje i modyfikuje doświadczenie) | | X | (X) | |
| | podaje przykłady źródeł napięcia; opisuje budowę ogniwa | X | | | |
| | posługuje się pojęciami <i>oporu wewnętrznego</i> i <i>siły elektromotorycznej</i> jako cechami źródła; podaje (i interpretuje) prawo Ohma dla obwodu zamkniętego, stosuje to prawo do (wyjaśniania zjawisk) i obliczeń | | X | (X) | |
| | rysuje wykres zależności $U(I)$ uwzględniający SEM ogniwa i jego opór wewnętrzny (interpretuje nachylenie prostej i punkty przecięcia z osiami; analizuje zależność $I(U)$); stosuje do obliczeń wzór na siłę elektromotoryczną $\varepsilon = U + I \cdot r$ | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania i problemy dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia; wykonuje obliczenia | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła; uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania | | | X | (X) |
| 13.9. Drugie prawo Kirchhoffa | opisuje obwody elektryczne, w których występują oczka; zaznacza na ich schematach kierunki przepływu prądu | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|--|---|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii (podaje drugie prawo Kirchhoffa), interpretuje je jako przykład zasady zachowania energii; stosuje je do wyjaśniania zjawisk i obliczeń | | (X) | X | |
| | na wybranym przykładzie opisuje zastosowanie praw Kirchhoffa w obliczeniach dotyczących obwodów elektrycznych | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące obwodów elektrycznych, w których także wykorzystano prawa Kirchhoffa; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące obwodów elektrycznych, także z wykorzystaniem praw Kirchhoffa | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy z działu <i>Prąd stały</i> ; sprawdzian) | dokonyje syntezy wiedzy z działu <i>Prąd stały</i> ; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności | | X | | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu <i>Prąd stały</i> | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Prąd stały</i> , w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, prowadzi obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych), rysuje i interpretuje wykresy; rysuje i opisuje schematy obwodów elektrycznych; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Prąd stały</i> ; sporządza i interpretuje wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; uzasadnia odpowiedzi, stwierdzenia i rozwiązania (wykazuje podane zależności), ilustruje je graficznie (projektuje i analizuje układy elektryczne) | | | X | (X) |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu <i>Prąd stały</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i jeśli to konieczne ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć w tym zakresie | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |
| Dział 14. Pole magnetyczne | | | | | |
| 14.1. Źródła pola magnetycznego | opisuje oddziaływanie między biegunami magnesów stałych; posługuje się pojęciem <i>biegunów magnetycznych Ziemi</i> (rozdziela ferromagnetyki, paramagnetyki i diamagnetyki; opisuje jakościowo podstawowe właściwości i zastosowania ferromagnetyków) | X | (X) | | |
| | posługuje się pojęciem <i>domen magnetycznych</i> (opisuje zmiany układu domen pod wpływem namagnesowania ferromagnetyku) | | X | (X) | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|--|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | 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 ; przedstawia (analizuje i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski (modyfikuje przebieg doświadczenia) | X | (X) | | |
| | posługuje się pojęciem <i>pola magnetycznego</i> , wymienia jego źródła; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych (uzasadnia, że z polem magnetycznym jest związana energia potencjalna); rozpoznaje bieguny magnesu i wyznacza zwrot linii pola magnetycznego za pomocą igły magnetycznej lub kompasu | X | (X) | | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących pola magnetycznego Ziemi i oddziaływań magnetycznych | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ilustracji pola magnetycznego magnesów stałych; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące pola magnetycznego magnesów stałych; uzasadnia odpowiedzi | | | X | |
| 14.2. Linie pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów – doświadczalnie ilustruje układ linii pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem : prostego, w kształcie pętli lub zwojnicy; buduje elektromagnes i obrazuje jego działanie; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) | | X | (X) | |
| | rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica), określa ich zwrot | | X | | |
| | opisuje budowę i działanie elektromagnesu; wymienia (i omawia) przykłady zastosowania elektromagnesów | X | (X) | | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ilustracji pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe zadania i problemy dotyczące pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków; uzasadnia odpowiedzi | | | X | |
| 14.3. Siła Lorentza. Wektor indukcji magnetycznej | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: obserwuje ruch jonów w polu magnetycznym (wykazuje, że wewnątrz magnesu występuje pole magnetyczne); opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski | X | (X) | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | | |
|---|--|------------------------|------------|-----------------|--------------|--|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające | |
| | posługuje się pojęciem <i>wektora indukcji magnetycznej</i> wraz z jego jednostką (1 T); opisuje pole magnetyczne za pomocą wektora indukcji magnetycznej, określa jego kierunek i zwrot | | X | | | |
| | 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 | | X | | | |
| | omawia przykłady pól magnetycznych w przyrodzie i technice oraz naturę siły magnetycznej, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych | | | X | | |
| | analizuje oddziaływanie pola magnetycznego i pola elektrycznego na cząstkę naładowaną poruszającą się w selektorze prędkości, korzystając z opisu tego urządzenia | | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) | |
| 14.4. Ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym | 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, prostopadle do nich (i pod dowolnym do nich kątem) | | X | (X) | | |
| | wyznacza promień okręgu, po którym porusza się cząstka naładowana w polu magnetycznym, i okres jej obiegu, interpretuje otrzymane wzory (i stosuje je do obliczeń) | | (X) | X | | |
| | Opisuje, że pole magnetyczne Ziemi stanowi osłonę przed wiatrem słonecznym (wyjaśnia mechanizm powstawania zorzy polarnej) | | X | (X) | | |
| | wskazuje przykłady wykorzystania oddziaływania pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną (omawia cyklotron); posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych | | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym; ilustruje lub uzasadnia odpowiedzi, stwierdzenia i rozwiązania | | | X | (X) | |
| 14.5. Siła elektrodynamiczna | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem, obserwuje obraz włókna żarówki po zbliżeniu magnesu; analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) | | X | (X) | | |
| | analizuje i opisuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem; wyjaśnia, że siła elektrodynamiczna i siła Lorentza to określenia siły magnetycznej w szczególnych sytuacjach | | X | | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | interpretuje (i wyprowadza) wzór na siłę elektrodynamiczną; oblicza wartość siły elektrodynamicznej i wyznacza jej kierunek oraz zwrot | | X | (X) | |
| | wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych (oraz inne przykłady zastosowania siły elektrodynamicznej) | X | | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące siły elektrodynamicznej; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem naukowym | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące siły elektrodynamicznej; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |
| 14.6. Indukcja magnetyczna pola wokół przewodnika z prądem | opisuje zależność indukcji pola magnetycznego wokół prostego przewodu od natężenia prądu, odległości od niego i rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem <i>przenikalności magnetycznej</i> | | X | | |
| | uzasadnia, interpretuje i stosuje do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika, pętli i długiej zwojnicy | | X | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada oddziaływanie przewodników, w których płynie prąd; opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) | | X | (X) | |
| | (analizuje, wyznacza) i opisuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych (⁰ omawia zależność siły magnetycznej i siły elektrycznej od układu odniesienia) | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące indukcji magnetycznej pola wokół przewodnika z prądem; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące indukcji magnetycznej pola wokół przewodnika z prądem | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy z działu <i>Pole magnetyczne</i> ; sprawdzian) | realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt <i>Kierunek linii ziemskiego pola magnetycznego</i> , w szczególności buduje kompas inklinacyjny (planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu <i>Pole magnetyczne</i> ; formułuje i weryfikuje hipotezy) | | | X | (X) |
| | dokonyuje syntezy wiedzy z działu <i>Pole magnetyczne</i> ; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu <i>Pole magnetyczne</i> | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Pole magnetyczne</i> , w szczególności: przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów, tabel i ilustracji informacje kluczowe, posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania), ilustruje lub uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|--|---|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Pole magnetyczne</i> ; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania, ustala i/lub uzasadnia stwierdzenia (wykazuje lub udowadnia podane zależności) | | | X | (X) |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu <i>Pole magnetyczne</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i (jeśli to konieczne) ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |
| Dział 15. Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny | | | | | |
| 15.1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy ; bada kierunek przepływu prądu indukcyjnego (oraz ^o działanie głośników); opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) | | X | (X) | |
| | opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej, odróżnia to zjawisko od indukcji magnetycznej i wskazuje przykłady jego zastosowania; posługuje się pojęciami <i>prądu indukcyjnego</i> i <i>siły elektromotorycznej indukcji (SEM)</i> | | X | | |
| | omawia eksperyment Faradaya (oraz inne niż omówione wcześniej sposoby wytwarzania prądu elektrycznego przez zmiany pola magnetycznego) | | X | (X) | |
| | podaje regułę Lenza (wyjaśnia, że wynika ona z zasady zachowania energii i stosuje się ją do określania kierunku przepływu prądu indukcyjnego; ^o omawia budowę oraz zasadę działania mikrofonu i głośnika) | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą zjawiska indukcji elektromagnetycznej, w szczególności prądów wirowych | | | X | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |
| 15.2. Prawo indukcji Faradaya | posługuje się pojęciem <i>strumienia pola magnetycznego</i> wraz z jego jednostką (interpretuje wzór na strumień pola magnetycznego przez powierzchnię), oblicza strumień, gdy pole jest jednorodne (wyjaśnia sposób obliczania strumienia, gdy pole nie jest jednorodne) | | X | (X) | |
| | analizuje ruch pręta po szynach w polu magnetycznym, a na tej podstawie wyprowadza wzór na siłę elektromotoryczną indukcji | | | X | |
| | podaje (interpretuje i stosuje do wyjaśniania zjawisk) prawo indukcji Faradaya; wyjaśnia, kiedy zmienia się strumień pola magnetycznego | | X | (X) | |
| | oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia pola magnetycznego | | X | | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--------------------------------------|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy z wykorzystaniem prawa Faradaya; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy z wykorzystaniem prawa Faradaya i prawa Ohma dla obwodu zamkniętego; analizuje wynik rozwiązania, uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |
| 15.3. Prąd przemienny | wyjaśnia, jak powstaje napięcie przemiennie na przykładzie ramki obracającej się w jednorodnym polu magnetycznym; opisuje jakościowo przemiany energii podczas działania prądu | | X | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: porównuje napięcie maksymalne i skuteczne; opisuje i analizuje wyniki pomiaru, odczytu i obserwacji, formułuje wnioski | | | X | |
| | opisuje cechy prądu przemiennego; (opisuje i analizuje zależność napięcia od czasu); posługuje się pojęciami <i>napięcia</i> i <i>natężenia skutecznego</i> ; rozróżnia wartości napięcia i natężenia: chwilowe, maksymalne i skuteczne | | X | (X) | |
| | stosuje wzory na napięcie i natężenie skuteczne do obliczania napięcia i natężenia skutecznego dla przebiegu sinusoidalnego (uzasadnia zależność między napięciem skutecznym a napięciem maksymalnym na podstawie zależności mocy prądu od czasu) | | X | | (X) |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące prądu przemiennego; stosuje do obliczeń prawo Ohma, związek mocy wydzielonej na oporniku z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem; wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące prądu przemiennego; analizuje wynik rozwiązania, uzasadnia podane stwierdzenia i/lub zależności | | | X | (X) |
| 15.4. Domowa sieć elektryczna | opisuje domową sieć elektryczną jako przykład obwodu rozgałęzionego | | X | | |
| | przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada działanie bezpiecznika; omawia wyniki obserwacji, formułuje wniosek | X | | | |
| | (opisuje funkcję izolacji i bezpieczników przeciążeniowych; rozpoznaje symbol graficzny bezpiecznika); wyjaśnia funkcję wyłączników różnicowoprądowych i przewodu uziemiającego | (X) | X | | |
| | opisuje warunki bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej; wyjaśnia, jak udzielić pierwszej pomocy osobie po porażeniu elektrycznym | X | | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje nietypowe (złożone) zadania lub problemy dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| 15.5. Silniki elektryczne i prądnice | 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 | | | X | |
| | opisuje budowę i działanie najczęściej stosowanych silników elektrycznych; wymienia ich zastosowania | | | X | |
| | opisuje budowę i zasadę działania prądnicy; opisuje przemianę energii podczas jej działania (wymienia przykłady zastosowania prądnic) | (X) | X | | |
| | porównuje silnik i prądnicę; wyjaśnia, jakie zjawisko fizyczne stanowi podstawę działania prądnicy, a jakie – silnika | | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; uzasadnia rozwiązania | | | X | (X) |
| 15.6. Indukcja wzajemna i samoindukcja | przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie ; przedstawia, analizuje i (wyjaśnia) wyniki pomiarów i obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń, formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji) | | X | (X) | |
| | opisuje zjawisko indukcji wzajemnej; opisuje budowę i zasadę działania transformatora, przedstawia jego uproszczony model, w którym przekładnia napięciowa i przekładnia prądowa zależą tylko od liczb zwojów; podaje (i opisuje) zastosowania transformatorów | | X | | |
| | stosuje równanie transformatora do wyjaśniania zjawisk i obliczeń (uzasadnia to równanie; omawia przesyłanie energii elektrycznej) | | X | (X) | |
| | wskazuje przykłady jego znaczenia w urządzeniach elektrycznych; oblicza SEM samoindukcji | | X | (X) | |
| | posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, dotyczącymi zjawisk indukcji wzajemnej | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące transformatora; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące transformatora; uzasadnia odpowiedzi | | | X | (X) |
| 15.7. Dioda i prostowanie prądu | doświadczalnie demonstruje funkcję diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła ; bada działanie diod; opisuje i analizuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje i weryfikuje hipotezy) | | X | (X) | |

| Zagadnienie | Cele operacyjne (osiągnięcia ucznia) ¹ Uczeń: | Wymagania ² | | | |
|--|--|---|------------|-----------------|--------------|
| | | podstawowe | | ponadpodstawowe | |
| | | konieczne | podstawowe | rozszerzające | dopełniające |
| | opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie (w prostownikach) oraz jako źródła światła – diody LED | | X | (X) | |
| | wyjaśnia funkcję prostownika, wskazuje przykłady jego zastosowań (rozpoznaje graficzny symbol diody na schematach obwodów) | (X) | X | | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące diod; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe; analizuje schematy obwodów zawierających diody i wyjaśnia, które diody przewodzą; uzasadnia odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące diod | | | X | (X) |
| Powtórzenie i sprawdzian (powtórzenie wiedzy z działu <i>Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny</i> , sprawdzian) | analizuje tekst <i>Dynamo we wnętrzu Ziemi</i> , wyodrębnia z niego informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów; prezentuje wyniki doświadczeń domowych (projektuje i wykonuje doświadczenia, np. buduje i demonstruje działający model silnika elektrycznego, buduje układy elektroniczne złożone z diod; formułuje i weryfikuje hipotezy) | | | X | (X) |
| | dokonuje syntezy wiedzy z działu <i>Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny</i> ; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści tego działu | | X | (X) | |
| | rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny</i> , w szczególności: (przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe), posługuje się tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik (wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania), rysuje i interpretuje wykresy; uzasadnia swoje odpowiedzi | (X) | X | | |
| | rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny</i> ; ilustruje i/lub uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania, ustala i/lub uzasadnia stwierdzenia (wykazuje lub udowadnia podane zależności) | | | X | (X) |
| | rozwiązuje zestaw zadań dotyczący treści działu <i>Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny</i> ; ocenia stopień opanowania wymagań w tym zakresie, formułuje wnioski i (jeśli to konieczne) ustala sposoby uzupełnienia osiągnięć | X (zadania zróżnicowane pod względem trudności i złożoności) | | | |