

WYMAGANIA EDUKACYJNE DLA KLASY IV B NA ROK SZKOLNY 2026/27

Poszerzone wymagania w tej klasie wynikają z braku realizacji materiału w klasie 3 w roku szkolnym 2025/26

NA OCENĘ DOPUSZCZAJĄCĄ 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,
- 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 szeregowo 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 związku 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,
- 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 magnetycznego magnesów 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 pola wokół przewodnika z prądem,
- 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

- 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,
- wskazuje zmianę pola elektrycznego lub magnetycznego jako źródło fali elektromagnetycznej
- wymienia rodzaje fali elektromagnetycznych; wskazuje przykłady ich zastosowania
- opisuje światło białe jako mieszaninę barw
- stosuje zasadę superpozycji fal, podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal
- opisuje zjawisko odbicia światła
- opisuje jakościowo załamanie światła przy przejściu do innego ośrodka, wskazuje kierunek załamania
- opisuje jakościowo i ilustruje
- na schematycznym rysunku częściowe i całkowite wewnętrzne odbicie światła; posługuje się pojęciem kąta granicznego
- opisuje światło białe jako mieszaninę barw i ilustruje to rozszczepieniem światła w pryzmacie; wymienia inne przykłady rozszczepienia światła
- rozróżnia soczewki skupiające i rozpraszające, stosuje ich schematyczne oznaczenia, opisuje bieg wiązki światła przez te soczewki; posługuje się pojęciami ogniska, ogniskowej
- opisuje mechanizm tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą oraz podaje reguły jego konstruowania; rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewkę skupiającą
- opisuje rolę soczewek w korygowaniu wad wzroku: krótkowzroczności i dalekowzroczności
- rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone
- opisuje zasadę działania lupy; wskazuje zastosowanie lupy (lunety astronomicznej, lunety Galileusza, mikroskopu optycznego, teleskopu zwierciadlanego – spoza podstawy programowej)
- opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane
- objaśnia działanie filtrów polaryzacyjnych
- rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
 - powstawania i rozchodzenia się fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - związku między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
 - rozszczepienia światła
 - soczewek
 - tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą
 - tworzenia obrazów pozornych przez soczewki
 - lupy
 - polaryzacji światła,
- posługuje się pojęciem promieniowania termicznego
- przedstawia przyczyny oraz skutki globalnego ocieplenia
- rozróżnia smog i efekt cieplarniany
- objaśnia, na czym polega zjawisko fotoelektryczne
- opisuje światło jako strumień fotonów
- posługuje się pojęciem pędu fotonu
- wskazuje przykłady zjawisk ujawniających falowe albo cząsteczkowe własności światła

- wskazuje doświadczenia ujawniające falową naturę materii
- rozróżnia widma ciągłe i nieciągłe – dyskretne; wskazuje przykłady zastosowania analizy widm
- rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów
- rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu
- wskazuje zastosowania laserów
- rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
 - promieniowania termicznego
 - efektu cieplarnianego
 - zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
 - falowej natury materii
 - widm emisyjnych i absorpcyjnych
- posługuje się pojęciami: masa atomowa wraz jej jednostką, liczba masowa i liczba atomowa
- wyjaśnia różnice między reakcjami chemicznymi a jądrowymi; posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego
- wskazuje przykłady rozpadów alfa, beta
- wymienia właściwości promieniowania jądrowego
- rozróżnia promieniowanie jonizujące i niejonizujące; wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe
- opisuje jakościowo związek między zmianą energii ciała i zmianą jego masy
- wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie
- wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej
- wskazuje łączenie się jąder pierwiastków lekkich jako reakcję syntezy termojądrowej; rozróżnia syntezę termojądrową i reakcję rozszczepienia
- posługuje się pojęciem galaktyki, wskazuje Słońce jako jedną z wielu gwiazd w Galaktyce oraz Galaktykę jako jedną z wielu galaktyk we Wszechświecie; rozróżnia galaktyki i gwiazdozbiory
- podaje przybliżony wiek Wszechświata
- rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
 - składu jądra atomowego
 - reakcji jądrowych
 - promieniowania jądrowego
 - rozpadu promieniotwórczego
 - energii jądrowej
 - reakcji syntezy termojądrowej
 - ewolucji Słońca i innych gwiazd
 - rozszerzania się Wszechświata i ucieczki galaktyk,
- wskazuje niezależność prędkości światła w próżni od prędkości źródła i prędkości obserwatora
- wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu informacji
- wskazuje, że równoczesność zdarzeń zależy od układu odniesienia
- rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
 - czasoprzestrzeni
 - historii rozwoju teorii względności
 - związku między masą a energią,

DITYCZY WSZYSTKICH DZIAŁÓW:

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

NA OCENĘ DOSATATECZNĄ UCZEŃ:

- postępuje 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, postępuje 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; postępuje się pojęciem *przenikalności elektrycznej*: próżni, ośrodka i względnej
- porównuje siłę elektryczną z siłą grawitacji, wskazuje podobieństwa i różnice
- postępuje 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
- postępuje 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
- postępuje 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
 - demonstrowa przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskoc 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,
- postępuje 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
- 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, postępując się symbolami graficznymi stosowanymi w obwodach elektrycznych
- postępuje się miernikiem uniwersalnym; określa niepewność pomiaru zarówno za pomocą miernika analogowego, jak i cyfrowego, postępując się klasą przyrządu pomiarowego
- mierzy napięcie między 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 do obliczeń
- stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia w przypadku przewodników (prawo Ohma); postępuje 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*
- postępuje 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 $\epsilon = U + I \cdot r$
- 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,
- 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
- 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 prostopadłe 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 związki 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 magnetycznego magnesów 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 pola wokół przewodnika z prądem,
- 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
- 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 przemianę 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 funkcję wyłączników różnicowoprądowych i przewodu uziemiającego
- opisuje budowę i zasadę działania prądnicy oraz przemianę 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,
- 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
- opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych
- stosuje zależność między długością, prędkością i częstotliwością fali dla fal elektromagnetycznych
- posługuje się pojęciem natężenia fali elektromagnetycznej wraz z jej jednostką
- opisuje widmo fal elektromagnetycznych oraz wymienia źródła i własności fal z poszczególnych zakresów widma
- omawia schemat nadawania, rozchodzenia się i odbierania fal radiowych
- opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach
- opisuje zastosowania fal elektromagnetycznych z poszczególnych zakresów
- opisuje zjawisko dyfrakcji fal elektro-magnetycznych na przykładzie światła
- opisuje doświadczenie Younga oraz jego wyniki
- opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami; stosuje wzory opisujące wzmocnienie i wygaszenie fali do obliczeń
- opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali do obliczeń
- analizuje jakościowo zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy
- wskazuje przykłady interferencji światła w przyrodzie
- wskazuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z załamania światła
- opisuje ilościowo załamanie światła przy przejściu do innego ośrodka; stosuje prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków
- opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; stosuje zasadę odwracalności biegu promienia światła oraz prawo Snelliusa do wyjaśniania zjawisk i/lub obliczeń
- posługuje się pojęciem współczynnika załamania światła (n) w danym ośrodku
- stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu wewnętrznego odbicia światła
- oblicza kąt graniczny z prawa Snelliusa, interpretuje jego związek z współczynnikiem n
- opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia
- opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach
- wyjaśnia zjawisko rozszczepienia światła przy jego załamaniu; opisuje bieg światła przez pryzmat
- stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków do opisu rozszczepienia światła przez kroplę wody
- posługuje się pojęciem zdolności skupiającej wraz z jej jednostką, stosuje to pojęcie do obliczeń
- opisuje jakościowo zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania; stosuje przybliżenie cienkiej soczewki
- stosuje do obliczeń równanie soczewki przy obrazach rzeczywistych i pozornych; opisuje sposób pomiaru przybliżonej ogniskowej soczewki
- opisuje konstrukcję obrazów pozornych tworzonych przez soczewki oraz rysuje konstrukcyjnie te obrazy; określa cechy obrazu tworzonego przez soczewkę skupiającą w zależności od odległości przedmiotu od soczewki

- opisuje jakościowo zjawisko polaryzacji światła przy przejściu przez polaryzator
- wskazuje i opisuje zastosowania polaryzatorów
- przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisów:
 - obserwuje wytwarzanie fali elektromagnetycznej
 - obserwuje dyfrakcję światła na krawędzi przeszkody, obserwuje zjawisko interferencji fal
 - obserwuje obraz interferencyjny uzyskany za pomocą siatki dyfrakcyjnej
 - demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku
 - wyznacza współczynnik załamania światła w danej substancji
 - wyznacza wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego
 - demonstruje rozszczepienie światła w pryzmacie i połączenie barw w światło białe
 - bada związek między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu
 - bada obrazy pozorne tworzone przez soczewki
 - buduje i bada lunety: astronomiczną, Galileusza oraz teleskop zwierciadlany
 - obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadłe; opisuje wyniki obserwacji, analizuje wyniki pomiarów, wyciąga wnioski
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
 - powstawania i rozchodzenia się fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - związku między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
 - rozszczepienia światła
 - soczewek i tworzenia obrazów przez soczewki oraz wykorzystania równania soczewki
 - polaryzacji światła,
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących zwłaszcza: fal elektromagnetycznych, wykorzystania światłowodów, powstawania tęczy i halo, przyrządów optycznych, zastosowania polaryzatorów
- analizuje tekst: *O tym, do czego służą „odblaski”* lub inny; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania prostych zadań lub problemów
- dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
- analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury
- porównuje promieniowanie termiczne Słońca i tradycyjnej żarówki
- posługuje się pojęciem kwantu energii; przedstawia założenie Plancka dotyczące promieniowania termicznego jako kluczowe dla stworzenia mechaniki kwantowej
- wyjaśnia, na czym polega i jak powstaje efekt cieplarniany w atmosferze, odwołując się do działania szklarni
- omawia przykłady sprzężenia zwrotnego efektu cieplarnianego
- przedstawia sposoby przeciwdziałania globalnemu ociepleniu
- porównuje smog i efekt cieplarniany
- opisuje zjawiska fotoelektryczne i jonizacji jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej
- stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii oraz zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do wyjaśniania zjawisk i obliczeń
- przedstawia bilans energetyczny zjawiska fotoelektrycznego oraz stosuje go do wyjaśniania tego zjawiska; posługuje się pojęciem pracy wyjścia wraz z jej jednostką – elektronowoltem
- stosuje zależność między pędem fotonu a jego częstotliwością i energią do wyjaśniania zjawisk i obliczeń
- opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła, stosuje zasadę zachowania energii i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy
- przedstawia mikroskopowy opis odbicia światła
- opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła

- opisuje doświadczenia ujawniające falową naturę materii; opisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek
- objaśnia hipotezę de Broglie'a o falowych własnościach materii; oblicza długość fali de Broglie'a poruszających się cząstek
- opisuje pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść elektronów między poziomami energetycznymi
- w atomach połączonych z emisją lub absorpcją kwantu światła
- analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widm atomowych wodoru
- opisuje model Bohra atomu wodoru
- schematycznie przedstawia poziomy energetyczne atomu wodoru i przejścia między tymi poziomami połączone z emisją lub absorpcją kwantu; postuluje się pojęciem energii jonizacji
- przeprowadza doświadczenia na podstawie ich opisów:
 - bada promieniowanie termiczne
 - bada rolę diody LED jako fotodiody
 - obserwuje widma atomowe za pomocą siatki dyfrakcyjnej;
 - opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
 - promieniowania termicznego
 - efektu cieplarnianego
 - zjawiska fotoelektrycznego i fotokomórki
 - pędu fotonu
 - falowej natury materii
 - widm emisyjnych i absorpcyjnych
 - modelu Bohra
- postuluje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczących treści działu *Fizyka atomowa*, w tym: efektu cieplarnianego, falowej natury materii, widm
- dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fizyka atomowa*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
- opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej
- postuluje się pojęciami: antycząstka, antymateria, antyelektron (pozyton)
- opisuje kreację lub anihilację par cząstka – antycząstka; oblicza energię powstałą w wyniku anihilacji
- opisuje jakościowo oddziaływania jądrowe
- przedstawia wybrane informacje z historii odkrycia jądra atomowego, a w szczególności omawia doświadczenie Rutherforda
- opisuje rozpady alfa, beta plus i beta minus (β^+ i β^-) oraz zapisuje przykłady takich przemian jądrowych
- zapisuje reakcje jądrowe z zastosowaniem zasady zachowania liczby nukleonów i zasady zachowania ładunku
- opisuje powstawanie promieniowania gamma; opisuje właściwości promieniowania jądrowego
- doświadczalnie bada promieniowanie różnych substancji; przedstawia wyniki
- omawia wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe; wyjaśnia, dlaczego promieniowanie w dużych dawkach jest niebezpieczne dla zdrowia
- omawia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie
- opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych
- opisuje zasadę datowania substancji za pomocą węgla
- opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; postuluje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; analizuje i szkicuje wykres zależności liczby jąder materiału promieniotwórczego od czasu
- opisuje ilościowo związek między zmianą energii ciała i zmianą jego masy; stosuje do obliczeń wzór $\Delta E = \Delta mc^2$
- wykazuje, że jednostkę współczynnika c^2 można zapisać w postaci $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$; interpretuje wartość tego

współczynnika

- posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; stosuje wzór $E = mc^2$ do obliczeń
 - posługuje się pojęciami deficytu masy i energii wiązania; stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych
 - oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania
 - opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej
 - opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej
 - porównuje syntezę termojądrową z reakcją rozszczepienia
 - wyjaśnia, dlaczego Słońce i inne gwiazdy świecą; opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach
 - opisuje elementy ewolucji Słońca i innych gwiazd
 - rozróżnia białe i czarne karty, czerwone olbrzymy, supernowe, gwiazdy neutronowe oraz czarne dziury
 - opisuje miejsce Układu Słonecznego w Galaktyce; posługuje się pojęciami roku świetlnego
 - opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; oblicza przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata zwane ucieczką galaktyk
 - opisuje zależność między odległością do galaktyki a prędkością jej oddalania się; stosuje do obliczeń prawo Hubble'a
 - rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
 - składu jądra atomowego oraz anihilacji pary cząstka - antycząstka
 - reakcji jądrowych
 - promieniowania jądrowego
 - rozpadu promieniotwórczego
 - energii jądrowej
 - reakcji syntezy termojądrowej
 - ewolucji Słońca i innych gwiazd
 - rozszerzania się Wszechświata i ucieczki galaktyk,
 - posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści działu *Fizyka jądrowa*, zwłaszcza: zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie, datowania substancji za pomocą węgla ^{14}C , energetyki jądrowej i różnych rodzajów elektrowni, ewolucji
 - dokonuje syntezy wiedzy z działu *Fizyka jądrowa*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności
 - posługuje się pojęciem energii całkowitej jako sumy energii spoczynkowej i kinetycznej; rozróżnia energię newtonowską i relatywistyczną
 - posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; stosuje do obliczeń wzór na energię całkowitą
 - wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu energii
 - analizuje zależność energii od prędkości według fizyki newtonowskiej i relatywistycznej
 - rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące:
 - czasoprzestrzeni
 - związku między masą a energią
 - energii całkowitej,
 - posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu *Elementy fizyki relatywistycznej*
- dokonuje syntezy wiedzy z działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności

DO WSZYSTKICH DZIAŁÓW:

Posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, uzasadnia swoje odpowiedzi

NA OCENĘ DOBRĄ UCZEŃ:

- 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 obserwacji układu 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
- analizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w statym 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, przeskoc 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, przeskoc 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 kondensatoróworaz 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);postępuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów

- realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Generator Kelvina*, w szczególności wykonuje i demonstruje model generatora Kelvina
- 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, postuluje 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 $\rho(T)$ dla przewodnika, półprzewodnika i nadprzewodnika
- 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 (formuluje 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

- 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
- 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 cyklotronu
- wyprowadza wzór na siłę elektrodynamiczną
- wskazuje przykłady zastosowania siły elektrodynamicznej (inne niż silniki elektryczne)
- analizuje i wyznacza siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych;
- omawia zależność siły magnetycznej i siły elektrycznej od układu odniesienia
- planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formuluje 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 magnetycznego magnesów stałych
 - pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków
 - wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza
 - ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym
 - siły elektrodynamicznej
 - indukcji magnetycznej pola wokół 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
- 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; omawia 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:
 - bada 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 działania 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

- postępuje się wielkościami związanymi z mocą światła
- opisuje praktyczne znaczenie zjawiska dyfrakcji fal elektromagnetycznych
- stosuje wzory opisujące wzmocnienie i wygaszenie fali do wyjaśniania zjawisk
- stosuje związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali do wyjaśniania zjawisk oraz udowadnia ten związek
- opisuje przykłady interferencji światła w przyrodzie
- opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie wynikających z rozpraszania światła
- udowadnia, że prawo Snelliusa można zapisać: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$
- wyjaśnia powstawanie mirażu
- opisuje mechanizm powstawania okna Snelliusa
- wykazuje, że $n_{\text{fiolet}} > n_{\text{czerw}}$
- wyjaśnia mechanizm powstawania tęczy oraz współczynnika załamania
- rozróżnia soczewki sferyczne i asferyczne; wyjaśnia, na czym polegają aberracje sferyczna i chromatyczna, wskazuje sposoby korygowania tych wad soczewek
- wyprowadza i interpretuje równanie soczewki
- wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy przejściu przez polaryzator
- opisuje zmianę natężenia światła podczas przejścia przez polaryzator
- wyjaśnia wyniki przeprowadzonych obserwacji, opracowuje wyniki wykonanych pomiarów oraz planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formuluje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące:
 - powstawania i rozchodzenia się fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - interferencji światła
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
 - rozszczepienia światła
 - soczewek
 - tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą
 - tworzenia obrazów pozornych przez soczewki
 - wykorzystania równania soczewki i/lub równania zwierciadła polaryzacji światła
- ilustruje lub uzasadnia swoje odpowiedzi i rozwiązania, ustala i/lub uzasadnia podane stwierdzenia
- wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*, zwłaszcza dotyczące:
 - własności i zastosowań fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - wykorzystania światłowodów
 - powstawania tęczy i halo
 - przyrządów optycznych
 - zastosowania polaryzatorów;
 - postępuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązania zadań i problemów
- prezentuje wyniki własnych obserwacji i doświadczeń domowych
- wyjaśnia, do czego służy model ciała doskonale czarnego
- podaje zależność wyrażającą prawo Wiena oraz stosuje ją do wyjaśnienia zjawisk i obliczeń

- stosuje do obliczeń bilans energetyczny zjawiska fotoelektrycznego
- wyjaśnia, na czym polega zjawisko Comptona
- wyjaśnia, dlaczego zjawiska związanych z odrzutem atomów nie obserwujemy w życiu codziennym
- objaśnia założenia mechaniki kwantowej
- wyjaśnia budowę i zasadę działania mikroskopu elektronowego;
- opisuje przykłady zastosowania analizy widm
- interpretuje układ linii widmowych atomu wodoru
- wyjaśnia wyniki przeprowadzonych obserwacji oraz planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji)
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące:
 - promieniowania termicznego i prawa Wiena
 - efektu cieplarnianego
 - zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
 - falowej natury materii
 - widm emisyjnych i absorpcyjnych
 - oraz: uzasadnia swoje rozwiązania oraz podane stwierdzenia lub zależności, ilustruje je graficznie
- wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści działu *Fizyka atomowa*, a w szczególności dotyczące:
 - efektu cieplarnianego
 - falowej natury materii
 - widm
 - posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązywania zadań i problemów
- realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Spektroskop*
- stosuje zasady zachowania energii i pędu oraz zasadę zachowania ładunku do analizy kreacji lub anihilacji pary elektron - pozyton
- omawia sposoby wykrywania promieniowania jądrowego oraz wyznaczania energii kwantów gamma; przedstawia stosowane obecnie
- omawia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie
- wyjaśnia, że fizyka klasyczna jest deterministyczna, a fizyka współczesna – indeterministyczna
- stosuje prawo rozpadu promieniotwórczego do rozwiązywania zadań
- opisuje zastosowania czasu połowicznego rozpadu, gdy znamy jego wartość
- omawia cykl życia gwiazdy w zależności od jej masy
- omawia supernowe i czarne dziury
- omawia powstawanie pierwiastków we Wszechświecie
- opisuje obserwacje świadczące zarówno o słuszności teorii Wielkiego Wybuchu, jak i rozszerzaniu się Wszechświata
- stosuje do obliczeń wzory na częstotliwość i długość fali wynikające z efektu Dopplera dla światła
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące:
 - składu jądra atomowego oraz anihilacji pary cząstka - antycząstka
 - reakcji jądrowych
 - promieniowania jądrowego
 - rozpadu promieniotwórczego
 - związku między masą a energią
 - energii jądrowej
 - reakcji syntezy termojądrowej
 - ewolucji Słońca i innych gwiazd
 - przesunięcie ku czerwieni i ucieczki galaktyk
 - oraz: ilustruje i/lub uzasadnia swoje rozwiązania lub podane stwierdzenia wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści działu *Fizyka jądrowa*
- porównuje teorie Galileusza i Einsteina
- wykazuje stałość prędkości światła
- porównuje wskazane teorie z historii rozwoju teorii względności

- porównuje energię spoczynkową z innymi formami energii
- wyjaśnia, że zasada zachowania energii obowiązuje także w fizyce relatywistycznej oraz, że są różne umowy, co do znaczenia słowa *masa*
- opisuje zależność energii całkowitej od prędkości
- wyjaśnia, dlaczego przez zwiększanie energii kinetycznej ciała nie da się przekroczyć prędkości światła
- porównuje) zależność energii od prędkości według fizyki newtonowskiej i relatywistycznej
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące:
 - energii całkowitej i spoczynkowej
 - oraz: uzasadnia swoje rozwiązania, ilustruje je graficznie; analizuje i ocenia podane informacje
- analizuje tekst: *Świat zdrowo zafalował* lub inny, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązania zadań lub problemów
- wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści tego działu; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów oraz wykorzystuje do rozwiązania zadań i problemów

NA OCENĘ BARDZO DOBRĄ UCZENI:

- rozwiązuje 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
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Pole elektryczne*; formułuje i weryfikuje hipotezy
- planuje i modyfikuje przebieg wybranych doświadczeń, w szczególności badania charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki i grafitu
- rozwiązuje 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
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Prąd stały*; formułuje i weryfikuje hipotezy
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące:
 - wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza

- ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym
 - siły elektrodynamicznej
 - indukcji magnetycznej pola wokół przewodnika z prądem
 - oraz wykazuje lub udowadnia podane zależności
 - planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Pole magnetyczne*; formułuje i weryfikuje hipotezy
 - omawia bramki logiczne
 - rozwiązuje 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 zjawiska 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
 - planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny*; formułuje i weryfikuje hipotezy
-
- wykazuje, że pas tęczy widzimy pod kątem 42° , a tęcza jest kolorowa
 - wyprowadza równanie soczewki przy obrazach pozornych
 - rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące:
 - fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - interferencji światła
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
 - rozszczepienia światła
 - soczewek
 - tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą
 - tworzenia obrazów pozornych przez soczewki
 - wykorzystania równania soczewki i/lub równania zwierciadła
 - polaryzacji światła
 - oraz uzasadnia swoje rozwiązania i/lub podane stwierdzenia, wykazuje lub udowadnia podane związki oraz zależności
 - projektuje i przeprowadza obserwacje oraz doświadczenia, formułuje i weryfikuje hipotezy
 - planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Fale elektromagnetyczne i optyka*
 - rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące:
 - promieniowania termicznego i prawa Wiena
 - efektu cieplarnianego
 - zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
 - falowej natury materii
 - widm emisyjnych i absorpcyjnych
 - oraz wykazuje lub udowadnia podane zależności, ilustruje je graficznie
 - planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Fizyka atomowa*; formułuje i weryfikuje hipotezy

- rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące:
 - składu jądra atomowego oraz anihilacji pary cząstka - antycząstka
 - reakcji jądrowych
 - promieniowania jądrowego
 - rozpadu promieniotwórczego
 - związku między masą a energią
 - energii jądrowej
 - reakcji syntezy termojądrowej
 - ewolucji Słońca i innych gwiazd
 - przesunięcia ku czerwieni i ucieczki galaktyk
 - oraz wykazuje podane stwierdzenia
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Fizyka jądrowa*; formułuje i weryfikuje hipotezy
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące:
 - energii całkowitej i spoczynkowej
 - analizuje, dlaczego opis klasyczny przestaje być wystarczający dla prędkości bliskich prędkości światła
 - oraz wykazuje lub udowadnia podane związki lub zależności
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Elementy fizyki relatywistycznej*; formułuje i weryfikuje hipotezy

NA OCENĘ CELUJĄCĄ UCZEŃ:

- rozwiązuje nietypowe, 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
- rozwiązuje nietypowe, 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
- rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące:
 - wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza
 - ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym
 - siły elektrodynamicznej
 - indukcji magnetycznej pola wokół przewodnika z prądem
- rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy:

- dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej
- z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya i prawa Ohma dla obwodu zamkniętego
- dotyczące prądu przemiennego
- dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy
- dotyczące transformatora i zjawiska samoindukcji
- dotyczące diod
- rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące:
 - fal elektromagnetycznych
 - dyfrakcji i interferencji fal elektromagnetycznych
 - interferencji światła
 - odbicia i rozpraszania światła
 - załamania światła
 - wewnętrznego odbicia światła
 - rozszczepienia światła
 - soczewek
 - tworzenia obrazu rzeczywistego przez soczewkę skupiającą
 - tworzenia obrazów pozornych przez soczewki
 - wykorzystania równania soczewki i/lub równania zwierciadła
 - polaryzacji światła
 - nietypowego problemu relatywistycznego
 - Promieniowania termicznego i prawa Wiena
 - efektu cieplarnianego
 - zjawiska fotoelektrycznego pędu fotonu
 - falowej natury materii
 - widm emisyjnych i absorpcyjnych
- opracowuje porównanie opisu klasycznego i relatywistycznego dla zadanej sytuacji
- ocenia poprawność modelu fizycznego z uwzględnieniem granic jego stosowalności