

Wymagania edukacyjne dla uczniów klas 3 liceum ogólnokształcącego na poziomie rozszerzonym (Nowa Era)

Dział 11. Grawitacja i elementy astronomii	
11.1. Gwiazdy i planety	wyjaśnia, czym planeta różni się od gwiazdy
	(opisuje ruch planet na sferze niebieskiej i pozorny obrót sfery niebieskiej); opisuje rzeczywisty ruch planet wokół Słońca
	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)
	(podaje najważniejsze fakty z historii wiedzy astronomicznej); przedstawia rozwój poglądów na temat ruchu planet od teorii Ptolemeusza do teorii Newtona
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą gwiazd i planet
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi
11.2. Układ Słoneczny	opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; wyjaśnia, na czym polega ruch planet wokół Słońca i księżyców wokół planet (opisuje planety pozasłoneczne i poszukiwania życia pozaziemskiego)
	wymienia rodzaje ciał niebieskich w Układzie Słonecznym: Słońce, planety, planety karłowate, księżyce, planetoidy, komety (omawia budowę poszczególnych rodzajów planet Układu Słonecznego)
	posługuje się pojęciami <i>jednostki astronomicznej</i> i <i>roku świetlnego</i> , stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu dotyczącymi budowy Układu Słonecznego
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem budowy Układu Słonecznego
11.3. Księżyc widziany z Ziemi -	opisuje i wyjaśnia przyczynę powstawania faz Księżyca, doświadczalnie demonstruje mechanizm tego zjawiska na modelu
	opisuje zaćmienia Księżyca i Słońca i wyjaśnia ich przyczyny, wykorzystując prostoliniowe rozchodzenie się światła
	wyjaśnia za pomocą opisu ruchu obrotowego i obiegowego Księżyca, dlaczego z Ziemi jest widoczna tylko jedna strona Księżyca
	opisuje powierzchnię Księżyca (podaje konsekwencje wynikające z tego, że Księżyc nie ma atmosfery)

	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące Księżyca
11.4. Prawo powszechnego ciężenia	posługuje się prawem powszechnego ciężenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego (wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał)
	(podaje) wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem i interpretuje oraz stosuje do obliczeń
	wykazuje, że zależność $g(R)$ jest proporcjonalnością prostą; omawia wybrane metody wyznaczania stałej grawitacji
	wyjaśnia, jakie czynniki wpływają na przyspieszenie grawitacyjne i ciężar ciała na Ziemi
	posługuje się pojęciem <i>pola grawitacyjnego</i> do opisu oddziaływania grawitacyjnego
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy, wykorzystując prawo powszechnego ciężenia; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
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
	analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców
	opisuje ruch ciała pod wpływem siły grawitacji; podaje pierwsze prawo Keplera i stosuje je do wyjaśniania zjawisk (podaje przykłady torów ruchu ciał pod wpływem siły grawitacji innych niż elipsa)
	podaje drugie prawo Keplera (i interpretuje je jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu)
	wykazuje, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
11.6. Trzecie prawo Keplera	podaje trzecie prawo Keplera (interpretuje je jako konsekwencję prawa powszechnego ciężenia) i stosuje je do obliczeń dla orbit kołowych

	uzasadnia trzecie prawo Keplera dla orbit kołowych; wyprowadza wzór wyrażający związek między masą ciała niebieskiego a parametrami opisującymi ruch jego satelity
	oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie parametrów opisujących ruch jego satelity
	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
11.7. Energia potencjalna grawitacji	interpretuje wzór na pracę wykonaną przez siły zewnętrzne podczas przemieszczania się ciała, na które działa siła grawitacji
	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)
	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)
	posługuje się pojęciem <i>drugiej prędkości kosmicznej</i> zwanej prędkością ucieczki (oblicza jej wartość dla różnych ciał niebieskich)
	wyprowadza wzór na drugą prędkość kosmiczną
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
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)
	wskazuje i omawia na wybranych przykładach skutki sił pływowych na Ziemi i w Kosmosie
	wyprowadza wzór na siłę pływową (interpretuje wzór na siłę pływową i oblicza wartość sił pływowych)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą sił pływowych
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z siłami pływowymi; wykonuje obliczenia szacunkowe i liczbowe, posługując się kalkulatorem; analizuje otrzymany wynik

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 (wie, czym są kwarki i czym się charakteryzują, wskazuje przykłady cząstek zbudowanych z kwarków)
	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)
	posługuje się zasadą zachowania ładunku elektrycznego i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk
	opisuje sposoby elektryzowania ciał: przez potarcie, dotyk i indukcję (wyjaśnia mechanizm elektryzowania na podstawie wiadomości o mikroskopowej budowie materii)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą oddziaływań elektrycznych; opisuje praktyczne wykorzystanie tych oddziaływań na przykładach
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania; uzasadnia odpowiedzi
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
	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)
	odróżnia przewodniki od izolatorów (opisuje polaryzację cząsteczki izolatora, nazywanego też dielektrykiem, a na tej podstawie wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki papieru)
	opisuje zależność siły elektrycznej od rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem <i>przenikalności elektrycznej</i> : próżni, ośrodka i względnej
	porównuje siłę elektryczną z siłą grawitacji, wskazuje podobieństwa i różnice
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy, wykorzystując prawo Coulomba; ilustruje zjawisko lub problem na schematycznym rysunku; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem

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)
	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
	doświadczalnie ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika; opisuje, przedstawia na schematycznych rysunkach (i wyjaśnia) wyniki obserwacji
	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)
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące pola elektrycznego; uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
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)
	porównuje pole na zewnątrz jednorodnie naładowanego ciała sferycznie symetrycznego z polem wytwarzanym przez taki sam ładunek punktowy zgromadzony w jego środku
	opisuje i ilustruje graficznie pole na zewnątrz sferycznie symetrycznego układu ładunków
	analizuje natężenie pola wytwarzanego przez kilka ładunków, wyznacza wektor natężenia pola we wskazanych punktach
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z opisem pola elektrycznego pochodzącego z wielu źródeł; uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
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)
	opisuje i oblicza zmianę energii potencjalnej ładunku podczas jego przemieszczania w polu centralnym i polu jednorodnym
	porównuje elektryczną energię potencjalną i energię potencjalną grawitacji dla pola jednorodnego i pola centralnego

	<p>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</p>
	<p>posługuje się pojęciami <i>potencjału pola</i> i <i>napięcia elektrycznego</i> wraz z jednostką; oblicza potencjał w polu jednorodnym i polu centralnym</p>
	<p>(wyprowadza), interpretuje i stosuje do obliczeń wzór na natężenie pola jednorodnego; wykazuje równość jednostek 1 V/m i 1 N/C</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
12.6. Ładunki w przewodniku	<p>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)</p>
	<p>opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya) oraz duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika</p>
	<p>wykazuje, że natężenie pola przy powierzchni naładowanej metalowej kuli jest odwrotnie proporcjonalne do jej promienia</p>
	<p>wyjaśnia mechanizm powstawania burz (i działanie piorunochronu); opisuje zjawisko ekranowania zewnętrznego pola elektrycznego przez swobodne ładunki w przewodniku</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą praktycznego wykorzystania rozkładu ładunków w przewodnikach (np. generator Van de Graaffa)</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy związane z rozkładem ładunków w przewodnikach; uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
12.7. Ruch naładowanej cząstki w polu elektrycznym	<p>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 skierowaną pod kątem) do linii pola; opisuje siły działające na cząstki w polu elektrycznym, ilustruje to na schematycznych rysunkach</p>

	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą praktycznego wykorzystania ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym (np. akceleratory)</p>
	<p>porównuje ruch cząstek naładowanych w jednorodnym polu elektrycznym z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji – rzutem pionowym, poziomym i (ukośnym), opisuje podobieństwa i różnice</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
12.8. Kondensatory	<p>opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne, oraz jako urządzenie magazynujące energię elektryczną; wskazuje (i omawia) przykłady zastosowania kondensatorów</p>
	<p>wykonuje doświadczenia, korzystając z ich opisu: doświadczalnie demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry); bada, od czego zależy pojemność kondensatora płaskiego; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia; formułuje i weryfikuje hipotezy)</p>
	<p>opisuje (jakościowo) i ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego, oblicza natężenie pola między jego okładkami</p>
	<p>posługuje się pojęciem <i>pojemności kondensatora</i> i jej jednostką (1 F); posługuje się zależnością pojemności kondensatora płaskiego od jego wymiarów, stosuje ją do obliczeń</p>
	<p>oblicza energię zmagazynowaną w kondensatorze (uzasadnia i interpretuje wzory na energię kondensatora)</p>
	<p>opisuje (i wyjaśnia, odwołując się do polaryzacji dielektryków w polu zewnętrznym) wpływ dielektryków na pojemność kondensatora; oblicza pojemność kondensatora, uwzględniając stałą dielektryczną</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące kondensatorów; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
Dział 13. Prąd elektryczny	
13.1. Prąd elektryczny i jego natężenie	<p>opisuje przewodnictwo – przepływ prądu elektrycznego w metalach, elektrolitach i gazach; określa umowny kierunek przepływu prądu (wyjaśnia procesy jonizacji w gazach, wskazuje co wpływa na jonizację: promieniowanie, wysoka temperatura i duże natężenie pola)</p>

	<p>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)</p>
	<p>przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – sprawdza przepływ prądu przez elektrolit; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski</p>
	<p>odróżnia dryf elektronów od ich ruchu chaotycznego i od rozchodzenia się pola elektrycznego w przewodniku</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą przewodnictwa elektrycznego</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
13.2. Obwody elektryczne	<p>posługuje się podstawowymi pojęciami związanymi z obwodem elektrycznym; odróżnia źródło napięcia od odbiornika energii elektrycznej; omawia hydrauliczny odpowiednik obwodu elektrycznego</p>
	<p>rozpoznaje wybrane symbole graficzne stosowane w obwodach elektrycznych (rysuje i opisuje – czyta schematy obwodów elektrycznych, posługując się tymi symbolami)</p>
	<p>posługuje się woltomierzem, amperomierzem (i miernikiem uniwersalnym; określa niepewność pomiaru miernikiem analogowym i miernikiem cyfrowym, posługując się klasą przyrządu pomiarowego)</p>
	<p>mierzy napięcie między biegunami żarówki i natężenie płynącego przez nią prądu, zapisuje wynik wraz z jednostką, z uwzględnieniem informacji o niepewności</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące obwodów elektrycznych; wykonuje obliczenia, uzasadnia odpowiedzi</p>
	<p>opisuje i odróżnia połączenia szeregowe i równoległe w obwodach elektrycznych, przedstawia je na schematycznych rysunkach</p>

13.3. Połączenia szeregowe i równoległe	doświadczalnie demonstruje pierwsze prawo Kirchhoffa; bada dodawanie napięć w układzie ogniwo połączonych szeregowo; przedstawia i analizuje wyniki pomiarów z uwzględnieniem ich niepewności, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia)
	interpretuje pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk
	opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniwo lub odbiorników połączonych szeregowo oraz jej związek z zasadą zachowania energii (uzasadnia to z definicji napięcia) i stosuje tę zasadę do obliczeń
	omawia zastosowania połączeń szeregowych i równoległych, wskazuje ich przykłady
	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
13.4. Napięcie a natężenie. Prawo Ohma	posługuje się pojęciem <i>oporu elektrycznego</i> wraz z jednostką; rozróżnia opornik i potencjometr (omawia ich zastosowania)
	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)
	analizuje i interpretuje charakterystykę prądowo-napięciową oporników (zgodną z prawem Ohma), ustala zakresy wartości I i U
	stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma); posługuje się tym prawem
	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
13.5. Łączenie oporników	rozróżnia podstawowe sposoby łączenia oporników (analizuje i rysuje schematy układów oporników)
	posługuje się pojęciem <i>oporu zastępczego</i> (omawia sposób jego wyznaczania dla układu połączeń oporników)

	wyznacza, interpretuje i oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub/i równolegle
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma; wykonuje obliczenia
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)
	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)
	rozdziela 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)
	analizuje charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma); porównuje wykresy $\rho(T)$ dla przewodnika i półprzewodnika oraz nadprzewodnika
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą wykorzystania zależności oporu przewodnika od jego wymiarów, oporu właściwego i temperatury
	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
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
	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
	opisuje i stosuje do obliczeń związki mocy wydzielonej na oporniku – ciepła Joule’a Lenza – z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem (wyjaśnia, kiedy wykorzystujemy dany wzór)
	wykorzystuje do obliczeń dane znamionowe urządzeń elektrycznych oraz pojęcie <i>sprawności</i>

	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem naukowym
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)
	podaje przykłady źródeł napięcia; opisuje budowę ogniwa
	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
	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 $\mathcal{E} = U + I \cdot r$
	rozwiązuje typowe (proste) zadania i problemy dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia; wykonuje obliczenia
13.9. Drugie prawo Kirchhoffa	opisuje obwody elektryczne, w których występują oczka; zaznacza na ich schematach kierunki przepływu prądu
	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
	na wybranym przykładzie opisuje zastosowanie praw Kirchhoffa w obliczeniach dotyczących obwodów elektrycznych
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące obwodów elektrycznych, w których także wykorzystano prawa Kirchhoffa; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
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)
	posługuje się pojęciem <i>domen magnetycznych</i> (opisuje zmiany układu domen pod wpływem namagnesowania ferromagnetyku)

	<p>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)</p>
	<p>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</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących pola magnetycznego Ziemi i oddziaływań magnetycznych</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ilustracji pola magnetycznego magnesów stałych; uzasadnia odpowiedzi</p>
14.2. Linie pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków	<p>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)</p>
	<p>rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica), określa ich zwrot</p>
	<p>opisuje budowę i działanie elektromagnesu; wymienia (i omawia) przykłady zastosowania elektromagnesów</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ilustracji pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków</p>
14.3. Siła Lorentza. Wektor indukcji magnetycznej	<p>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</p>
	<p>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</p>

	<p>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</p>
	<p>omawia przykłady pól magnetycznych w przyrodzie i technice oraz naturę siły magnetycznej, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych</p>
	<p>analizuje oddziaływanie pola magnetycznego i pola elektrycznego na cząstkę naładowaną poruszającą się w selektorze prędkości, korzystając z opisu tego urządzenia</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące wektora indukcji magnetycznej i siły Lorentza; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
14.4. Ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym	<p>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)</p>
	<p>wyznacza promień okręgu, po którym porusza się cząstka naładowana w polu magnetycznym, i okres jej obiegu, interpretuje otrzymane wzory (i stosuje je do obliczeń)</p>
	<p>Opisuje, że pole magnetyczne Ziemi stanowi osłonę przed wiatrem słonecznym (wyjaśnia mechanizm powstawania zorzy polarnej)</p>
	<p>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</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące ruchu cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
14.5. Siła elektrodynamiczna	<p>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)</p>
	<p>analizuje i opisuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem; wyjaśnia, że siła elektrodynamiczna i siła Lorentza to określenia siły magnetycznej w szczególnych sytuacjach</p>
	<p>interpretuje (i wyprowadza) wzór na siłę elektrodynamiczną; oblicza wartość siły elektrodynamicznej i wyznacza jej kierunek oraz zwrot</p>

	wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych (oraz inne przykłady zastosowania siły elektrodynamicznej)
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące siły elektrodynamicznej; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem naukowym
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>
	uzasadnia, interpretuje i stosuje do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika, pętli i długiej zwojnicy
	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)
	(analizuje, wyznacza) i opisuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych (posługuje się definicją ampera w układzie SI – wyjaśnia, że obecnie jest ona oparta na wartości ładunku elementarnego; omawia zależność siły magnetycznej i siły elektrycznej od układu odniesienia)
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące indukcji magnetycznej pola wokół przewodnika z prądem; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
Dział 15. Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny	
15.1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstrowuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy; bada kierunek przepływu prądu indukcyjnego (oraz działanie głośników); opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń; formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji)
	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>
	omawia eksperyment Faradaya (oraz inne niż omówione wcześniej sposoby wytwarzania prądu elektrycznego przez zmiany pola magnetycznego)
	podaje regułę Lenza (wyjaśnia, że wynika ona z zasady zachowania energii i stosuje się ją do określania kierunku przepływu prądu indukcyjnego; omawia budowę oraz zasadę działania mikrofonu i głośnika)

	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą zjawiska indukcji elektromagnetycznej, w szczególności prądów wirowych</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej; uzasadnia odpowiedzi</p>
15.2. Prawo indukcji Faradaya	<p>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)</p>
	<p>analizuje ruch pręta po szynach w polu magnetycznym, a na tej podstawie wyprowadza wzór na siłę elektromotoryczną indukcji</p>
	<p>podaje (interpretuje i stosuje do wyjaśniania zjawisk) prawo indukcji Faradaya; wyjaśnia, kiedy zmienia się strumień pola magnetycznego</p>
	<p>oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia pola magnetycznego</p>
	<p>rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy z wykorzystaniem prawa Faradaya; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
15.3. Prąd przemienny	<p>wyjaśnia, jak powstaje napięcie przemiennie na przykładzie ramki obracającej się w jednorodnym polu magnetycznym; opisuje jakościowo przemianę energii podczas działania prądnicy</p>
	<p>przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: porównuje napięcie maksymalne i skuteczne; opisuje i analizuje wyniki pomiaru, odczytu i obserwacji, formułuje wnioski</p>
	<p>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</p>
	<p>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)</p>
	<p>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</p>
15.4. Domowa sieć elektryczna	<p>opisuje domową sieć elektryczną jako przykład obwodu rozgałęzionego</p>
	<p>przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada działanie bezpiecznika; omawia wyniki obserwacji, formułuje wniosek</p>

	(opisuje funkcję izolacji i bezpieczników przeciążeniowych; rozpoznaje symbol graficzny bezpiecznika); wyjaśnia funkcję wyłączników różnicowoprądowych i przewodu uziemiającego
	opisuje warunki bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej; wyjaśnia, jak udzielić pierwszej pomocy osobie po porażeniu elektrycznym
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
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
	opisuje budowę i działanie najczęściej stosowanych silników elektrycznych; wymienia ich zastosowania
	opisuje budowę i zasadę działania prądnicy; opisuje przemiany energii podczas jej działania (wymienia przykłady zastosowania prądnic)
	porównuje silnik i prądnicę; wyjaśnia, jakie zjawisko fizyczne stanowi podstawę działania prądnicy, a jakie – silnika
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy; uzasadnia odpowiedzi
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, obserwuje zjawisko samoindukcji; przedstawia, analizuje i (wyjaśnia) wyniki pomiarów i obserwacji, formułuje wnioski (planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń, formułuje hipotezę i prezentuje sposób jej weryfikacji)
	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
	stosuje równanie transformatora do wyjaśniania zjawisk i obliczeń (uzasadnia to równanie; omawia przesyłanie energii elektrycznej)
	opisuje jakościowo zjawisko samoindukcji, wskazuje przykłady jego znaczenia w urządzeniach elektrycznych; oblicza SEM samoindukcji
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych, dotyczącymi zjawisk indukcji wzajemnej i samoindukcji

	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące transformatora i zjawiska samoindukcji; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem
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)
	opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie (w prostownikach) oraz jako źródła światła – diody LED
	wyjaśnia funkcję prostownika, wskazuje przykłady jego zastosowań (rozpoznaje graficzny symbol diody na schematach obwodów)
	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
15.8. Tranzystor	opisuje tranzystor jako trójelektrodowy, półprzewodnikowy element wzmacniający sygnały elektryczne (rozpoznaje jego symbol graficzny)
	przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada wzmacniające działanie tranzystora; opisuje (wyjaśnia) wyniki obserwacji
	wyjaśnia – na uproszczonym schemacie – zasady działania tranzystora oraz wzmacniacza z jednym tranzystorem
	opisuje zastosowania tranzystora w technice analogowej i cyfrowej (omawia bramki logiczne)
	rozwiązuje typowe (proste) zadania lub problemy dotyczące tranzystorów; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe