WYMAGANIA EDUKACYJNE Z FIZYKI

Klasa trzecia - poziom rozszerzony

IV Liceum Ogólnokształcące im. Jana Pawła II w Łukowie

1. Co oceniamy w fizyce.

Przy przeprowadzaniu śródrocznej i rocznej klasyfikacji uczniów z fizyki należy brać pod uwagę następujące elementy świadczące o poziomie wykształcenia ucznia:

1. wiadomości teoretyczne dotyczące zjawisk, praw i wielkości fizycznych,
2. umiejętności: obserwacji, opisu i wyjaśniania zjawisk fizycznych (występujących zarówno w pracowni fizycznej, jak i w otoczeniu),
3. znajomość związków przyczynowo - skutkowych między zjawiskami fizycznymi,
4. umiejętność stosowania pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych,
5. umiejętność rozwiązywania zadań obliczeniowych i wyciągania wniosków z obliczeń,
6. umiejętność planowania, wykonywania i opracowywania wyników eksperymentów laboratoryjnych,
7. umiejętność stawiania hipotez i wskazywania sposobów ich sprawdzania,
8. sposób formułowania własnych myśli, zarówno w formie ustnej, jak i pisemnej,
9. umiejętność czerpania informacji naukowych z literatury naukowej i popularnonaukowej, filmów, programów komputerowych, obserwacji otoczenia oraz innych źródeł,
10. umiejętność krytycznej selekcji informacji oraz prezentowanie i uzasadnianie własnych poglądów,

11. pozalekcyjne i pozaszkolne zainteresowanie problemami fizyki i techniki,

12. trwałość zdobytej wiedzy.

2. Zasady ogólne:

1. Na podstawowym poziomie wymagań uczeń powinien wykonać zadania obowiązkowe(na stopień dopuszczający – łatwe, czyli wymagające prostych działań; na stopień dostateczny - umiarkowanie trudne, czyli nie stwarzające większych problemów); niektóre czynności ucznia mogą być wspomagane przez nauczyciela (np. wykonywanie doświadczeń, rozwiązywanie problemów, przy czym na stopień dostateczny uczeń wykonuje je pod kierunkiem nauczyciela, na stopień dopuszczający - przy pomocy nauczyciela lub innych uczniów).

2. Czynności wymagane na poziomach wymagań wyższych niż poziom podstawowy uczeń powinien wykonać samodzielnie (na stopień dobry niekiedy może jeszcze korzystać z niewielkiego wsparcia nauczyciela).

3. W wypadku wymagań na stopnie wyższe niż dostateczny uczeń wykonuje zadania dodatkowe (na stopień dobry - średnio trudne; na stopień bardzo dobry - trudne)

3. Wymagania na poszczególne oceny

Ocenę niedostateczną otrzymuje uczeń, który:

► nie opanował podstawowych pojęć i praw fizyki w stopniu pozwalającym na dalsze zdobywanie wiedzy,

► popełnia poważne błędy, opisując zjawiska i podając wielkości fizyczne, które tych zjawisk dotyczą.

Ocenę dopuszczającą otrzymuje uczeń, który:

► wykazuje braki w znajomości praw i zasad fizyki ujętych w podstawie programowej oraz popełnia błędy w przedstawianiu ich w formie słownej i matematycznej, błędy te jednak nie przekreślają dalszej możliwości kształcenia,

► wymienia zjawiska fizyczne ujęte w podstawie programowej i omawiane na lekcjach, lecz popełnia nieznaczne błędy w ich opisie,

► wymienia podstawowe wielkości fizyczne potrzebne do opisania poznanych zjawisk, ale popełnia błędy w ich definiowaniu,

► wybiera przyrządy do pomiaru poznanych wielkości fizycznych,

► rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o niewielkim stopniu trudności.

Ocenę dostateczną otrzymuje uczeń, który opanował wiadomości i umiejętności na stopień dopuszczający, a ponadto:

► wyjaśnia niewykraczające poza podstawę programową zależności między wielkościami fizycznymi opisującymi zjawiska poznane na lekcjach,

► opisuje i wyjaśnia typowe zjawiska omawiane na lekcjach,

► opisuje wykonywane na lekcjach doświadczenia i ćwiczenia,

► rozwiązuje zadania obliczeniowe o niewielkim stopniu

Ocenę dobrą otrzymuje uczeń, który spełnia wymagania przewidziane na stopień dostateczny, a ponadto:

► wyjaśnia ćwiczenia i pokazy wykonywane na lekcjach,

► prezentuje, analizuje i interpretuje wyniki doświadczeń, przewiduje wystąpienie określonych zjawisk na podstawie ogólnych zasad i praw fizyki,

► planuje czynności w celu wywołania zjawiska,

► rozwiązuje zadania obliczeniowe o średnim stopniu trudności.

Ocenę bardzo dobrą otrzymuje uczeń, który spełnia wymagania na niższe oceny, a ponadto:

► stosuje poznane prawa do rozwiązywania nietypowych problemów występujących w otaczającej rzeczywistości,

► planuje i przeprowadza doświadczenia potwierdzające określoną tezę,

► wykorzystuje wiadomości i umiejętności z innych przedmiotów przy rozwiązywaniu problemów z fizyki,

► wykorzystuje wiadomości pochodzące ze środków masowego przekazu,

► rozwiązuje zadania obliczeniowe o zwiększonym stopniu trudności.

Ocenę celującą otrzymuje uczeń, który spełnia wymagania na niższe oceny, a ponadto:

► rozwiązuje trudne zadania problemowe, rachunkowe i doświadczalne wymagające łączenia różnych wymagań szczegółowych i ogólnych Podstawy programowej.

Klasa 3.

11. Ruch po okręgu i grawitacja				
Uczeń: • rozróżnia ruchy prostoliniowy i krzywoliniowy; wskazuje w otoczeniu przykłady ruchu krzywoliniowego, w szczególności ruchu po okręgu • posługuje się pojęciami okresu i częstotliwości wraz z ich jednostkami; opisuje związek jednostki częstotliwości (1 Hz) z jednostką czasu (1 s) • wyjaśnia (na przykładach), jaki skutek wywołuje siła działająca prostopadle do kierunku ruchu • wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu • posługuje się pojęciem siły ciężkości; stosuje w obliczeniach związek między siłą ciężkości, masą i przyspieszeniem grawitacyjnym • wskazuje w otoczeniu i opisuje przykłady oddziaływania grawitacyjnego • stwierdza, że funkcję siły dośrodkowej w ruchu ciał niebieskich pełni siła grawitacji; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę ruchu krzywoliniowego ciał niebieskich (planet, księżyców); określa wpływ siły grawitacji na tor ruchu tych ciał	**Uczeń**: • opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości i prędkości liniowej, wraz z ich jednostkami • rysuje i opisuje wektor prędkości liniowej w ruchu jednostajnym po okręgu, określa jego cechy • oblicza okres i częstotliwość w ruchu jednostajnym po okręgu; opisuje związek między prędkością liniową a promieniem okręgu i okresem lub częstotliwością • porównuje okresy i częstotliwości w ruchu po okręgu wybranych ciał; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych (infografiki zamieszczonej w podręczniku) • wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu, określa jej cechy (kierunek i zwrot); wskazuje przykłady sił pełniących funkcję siły dośrodkowej • ilustruje na schematycznym rysunku wyniki obserwacji skutków działania siły dośrodkowej	**Uczeń**: • stosuje w obliczeniach związek między prędkością liniową a promieniem okręgu i okresem lub częstotliwością • wyjaśnia (na wybranym przykładzie), jak wartość siły dośrodkowej zależy od masy i prędkości ciała oraz promienia okręgu • analizuje (na wybranych przykładach ruchu) siły pełniące funkcję siły dośrodkowej • D stosuje w obliczeniach związek między siłą dośrodkową a masą ciała, jego prędkością liniową i promieniem okręgu • R opisuje siły w układzie nieinercjalnym związanym z obracającym się ciałem; R omawia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych na przykładzie obracającej się tarczy • stosuje w obliczeniach wzór na siłę gwawitacji w postaci $F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ • przedstawia wybrane z historii informacje odkryć związanych z grawitacją, w szczególności teorię ruchu Księżyca, na podstawie analizy tekstu wybranego samodzielnie	**Uczeń**: • analizuje siły działające na ciało poruszające się z przyspieszeniem skierowanym pionowo (na przykładzie innym niż poruszająca się winda) • powszechnego ciążenia • rozwiązuje złożone zadania i problemy związane z: – opisem ruchu jednostajnego po okręgu – wykorzystaniem związku między siłą dośrodkową a masą i prędkością ciała oraz promieniem okręgu – opisem oddziaływania grawitacyjnego – ruchem planet i księżyców – ruchem satelitów wokół Ziemi – opisywaniem stanów: nieważkości, przeciążenia i R niedociążenia – konsekwencjami ruchu Księżyca i Ziemi w Układzie Słonecznym – budową Układu Słonecznego oraz ruchem planet wokół Słońca i ruchem księżyców wokół planet • realizuje i prezentuje własny projekt związany z ruchem po okręgu i grawitacją	**Uczeń:** • D omawia różnice między opisami ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych (na przykładzie innym niż obracająca się tarcza) • D analizuje i oblicza wskazania wagi w windzie ruszającej w dół • R przeprowadza wybrane obserwacje nieba za pomocą smartfona lub korzystając z mapy nieba i ich opisu; (planuje i modyfikuje ich przebieg) D stosuje w obliczeniach trzecie prawo Keplera dla orbit kołowych; interpretuje to prawo jako konsekwencję • rozwiązuje nietypowe zadania i problemy związane z: – opisem ruchu jednostajnego po okręgu – wykorzystaniem związku między siłą dośrodkową

• wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu satelitów wokół Ziemi • Rwie, jak i gdzie można przeprowadzać obserwacje astronomiczne; wymienia i przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas obserwacji nieba • stwierdza, że wagi sprężynowa i elektroniczna bezpośrednio mierzą siłę nacisku ciała, które się na nich znajduje • opisuje, jak poruszają się po niebie gwiazdy i planety, gdy obserwujemy je z Ziemi; wskazuje przyczynę pozornego ruchu nieba • przeprowadza obserwacje i doświadczenia, korzystając z ich opisów: – obserwację skutków działania siły dośrodkowej – doświadczenia modelowe lub obserwacje faz Księżyca i ruchu Księżyca wokół Ziemi; opisuje wyniki doświadczeń i obserwacji • rozwiązuje proste zadania i problemy związane z: – opisem ruchu jednostajnego po okręgu – wykorzystaniem związku między siłą dośrodkową a masą i prędkością liniową ciała oraz promieniem okręgu – opisem oddziaływania grawitacyjnego – ruchem planet i księżyców – ruchem satelitów wokół Ziemi – opisywaniem stanów nieważkości i przeciążenia – konsekwencjami prostoliniowego rozchodzenia się światła oraz ruchu Księżyca i Ziemi w Układzie Słonecznym – budową Układu Słonecznego, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych • analizuje tekst *Nieoceniony towarzysz*; wyodrębnia informacje kluczowe,	• interpretuje związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu (na podstawie wyników doświadczenia); zapisuje wzór na wartość siły dośrodkowej • analizuje jakościowo (na wybranych przykładach ruchu) siły pełniące funkcję siły dośrodkowej, np. siły: tarcia, elektrostatyczną, naprężenia nici • nazywa obracający się układ odniesienia układem nieinercjalnym • wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał • formułuje prawo powszechnego ciążenia; posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; ilustruje na rysunku schematycznym siły oddziaływania grawitacyjnego • podaje i interpretuje wzór na siłę grawitacji w postaci $F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$; posługuje się pojęciem stałej grawitacji; podaje jej wartość, korzystając z materiałów pomocniczych • wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej; wyjaśnia, dlaczego planety krążą wokół Słońca, a księżyce –wokół planet, a nie odwrotnie • wyjaśnia, dlaczego Księżyc nie spada na Ziemię; ilustruje na rysunku schematycznym siły oddziaływania grawitacyjnego między tymi ciałami • przedstawia wybrane informacje z historii odkryć związanych z grawitacją, w szczególności teorię ruchu Księżyca, na podstawie analizy tekstów z podręcznika: *Jak można zmierzyć masę Ziemi i Działo Newtona* • Dopisuje wygląd nieba nocą oraz widomy obrót nieba w ciągu doby, wyjaśnia z czego on wynika; posługuje się pojęciami: Gwiazda Polarna, gwiazdozbiory • omawia ruch satelitów wokół Ziemi; posługuje się pojęciem satelity geostacjonarnego, omawia jego ruch i możliwości wykorzystania	• ilustruje właściwości siły grawitacji, posługując się analogią – porównuje ruch piłeczki przyczepionej do sznurka z ruchem Księżyca wokół Ziemi • opisuje wzajemne okrążanie się dwóch przyciągających się ciał na przykładzie podwójnych układów gwiazd • Rkorzysta ze stron internetowych pomocnych podczas obserwacji astronomicznych • Rwyjaśnia, jak korzystać z papierowej lub internetowej mapy nieba; rozróżnia prędkości kosmiczne pierwszą i drugą • przedstawia najważniejsze fakty z historii lotów kosmicznych; podaje przykłady zastosowania satelitów (na podstawie samodzielnie wybranych materiałów źródłowych) • wyjaśnia, czym jest nieważkość panująca w statku kosmicznym • analizuje siły działające na ciało poruszające się z przyspieszeniem skierowanym pionowo (na przykładzie windy); ilustruje je na schematycznym rysunku Ropisuje jakościowo stan niedociążenia, opisuje warunki i podaje przykłady jego występowania • analizuje i oblicza wskazania wagi w windzie ruszającej w górę • wyjaśnia, kiedy następuje zaćmienie Księżyca, a kiedy – zaćmienie Słońca; ilustruje to na rysunkach schematycznych • Rwymienia prawa rządzące ruchem planet wokół Słońca i ruchem księżyców wokół planet • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i internetu, dotyczącymi: – ruchu po okręgu – występowania faz Księżyca oraz zaćmień Księżyca i Słońca – rozwoju astronomii • rozwiązuje złożone (typowe) zadania i problemy związane z: – opisem ruchu jednostajnego po okręgu – wykorzystaniem zależności między		a masą i prędkością ciała oraz promieniem okręgu – opisem oddziaływania grawitacyjnego – ruchem planet i księżyców – ruchem satelitów wokół Ziemi – opisywaniem stanów: nieważkości, przeciążenia i Rniedociążenia – konsekwencjami ruchu Księżyca i Ziemi w Układzie Słonecznym – budową Układu Słonecznego oraz ruchem planet wokół Słońca i ruchem księżyców wokół planet

posługuje się nimi i przedstawia je w różnych postaciach	• opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia; podaje warunki i przykłady ich występowania • Ropisuje warunki i i podaje przykłady występowania stanu niedociążenia • opisuje wygląd powierzchni Księżyca oraz jego miejsce i ruch w Układzie Słonecznym • wyjaśnia mechanizm powstawania faz Księżyca i zaćmień jako konsekwencje prostoliniowego rozchodzenia się światła w ośrodku jednorodnym • opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej i roku świetlnego • opisuje budowę planet Układu Słonecznego oraz innych obiektów Układu Słonecznego • opisuje rozwój astronomii od czasów Kopernika do czasów Newtona • przeprowadza doświadczenia i obserwacje: – **bada jakościowo związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu** – obserwuje stan przeciążenia i stan nieważkości oraz pozorne zmiany ciężaru w windzie, korzystając z ich opisu; przedstawia, opisuje, analizuje i opracowuje wyniki doświadczeń i obserwacji, uwzględniając niepewności pomiarów; formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania i problemy związane z: – opisem ruchu jednostajnego po okręgu – wykorzystaniem związku między siłą dośrodkową a masą i prędkością liniową ciała oraz promieniem okręgu – oddziaływaniem grawitacyjnym oraz ruchem planet i księżyców – Robserwacjami nieba – ruchem satelitów wokół Ziemi, – opisywaniem stanów nieważkości i przeciążenia – konsekwencjami prostoliniowego rozchodzenia się światła oraz ruchu	siłą dośrodkową a masą i prędkością ciała oraz promieniem okręgu – opisem oddziaływania grawitacyjnego – ruchem planet i księżyców – opisywaniem stanów: nieważkości, przeciążenia i Rniedociążenia – konsekwencjami ruchu Księżyca i Ziemi w Układzie Słonecznym – budową Układu Słonecznego oraz ruchem planet wokół Słońca, a księżyców – wokół planet • planuje i modyfikuje przebieg doświadczalnego badania związku między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu • przeprowadza obserwacje astronomiczne, np. faz Wenus, księżyców Jowisza i pierścieni Saturna; opisuje wyniki obserwacji • realizuje i prezentuje projekt *Satelity* (opisany w podręczniku) • samodzielnie wyszukuje i analizuje tekst popularnonaukowy dotyczący ruchu po okręgu i grawitacji, posługuje się informacjami pochodzącymi z jego analizy		

	Księżyca i Ziemi w Układzie Słonecznym – budową Układu Słonecznego, w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; wykonuje obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem • wykorzystuje informacje pochodzące z analizy tekstu *Nieoceniony towarzysz* do rozwiązywania zadań i problemów • dokonuje syntezy wiedzy o ruchu po okręgu i grawitacji; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności			
Ocena				
dopuszczająca	dostateczna	dobra	bardzo dobra	celująca
11. Grawitacja i elementy astronomii				
Uczeń: • informuje, czym planeta różni się od gwiazdy • wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej • wymienia rodzaje ciał niebieskich w Układzie Słonecznym: Słońce, planety, planety karłowate, księżyce, planetoidy, komety • wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał • podaje i interpretuje związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem • interpretuje wzór na pracę wykonaną przez siły zewnętrzne podczas przemieszczania się ciała, na które działa siła grawitacji • posługuje się pojęciem *drugiej prędkości kosmicznej* zwanej prędkością ucieczki • rozwiązuje proste zadania lub problemy: – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca	**Uczeń:** • opisuje rzeczywisty ruch planet wokół Słońca • wyjaśnia ruch planet wokół Słońca, opierając się na działaniu siły grawitacji pełniącej funkcję siły dośrodkowej • podaje najważniejsze fakty z historii wiedzy astronomicznej • opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; wyjaśnia ruch planet wokół Słońca i księżyców wokół planet • posługuje się pojęciami *jednostki astronomicznej* i *roku świetlnego*; stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk • opisuje i wyjaśnia powstawanie faz Księżyca, doświadczalnie demonstruje mechanizm tego zjawiska na modelu • opisuje i wyjaśnia mechanizm zaćmień Księżyca i Słońca, wykorzystując prostoliniowe rozchodzenie się światła • wyjaśnia, za pomocą opisu ruchu obrotowego i obiegowego Księżyca, dlaczego z Ziemi jest widoczna tylko jedna strona Księżyca	**Uczeń:** • opisuje ruch planet na sferze niebieskiej i pozorny obrót sfery niebieskiej • przedstawia rozwój poglądów od teorii Ptolemeusza do teorii Newtona • opisuje planety pozasłoneczne i poszukiwania życia pozaziemskiego • omawia budowę poszczególnych rodzajów planet Układu Słonecznego • wymienia konsekwencje braku atmosfery Księżyca • wykazuje, że zależność $g(R)$ jest proporcjonalnością prostą; [D]omawia wybrane metody wyznaczania stałej grawitacji • [D]wyjaśnia, jakie czynniki wpływają na przyspieszenie grawitacyjne i ciężar ciała na Ziemi • [D]posługuje się pojęciem *pola grawitacyjnego* do opisu oddziaływania grawitacyjnego • [D]podaje przykłady torów ruchu ciał pod wpływem siły grawitacji innych niż elipsa	**Uczeń:** • wykazuje, że drugie prawo Keplera jest konsekwencję zasady zachowania momentu pędu • rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści dział *Grawitacja i elementy astronomii*, w szczególności: – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – z wykorzystaniem prawa powszechnego ciążenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi	**Uczeń:** • [D]wyprowadza wzór na siłę pływową • rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści działu *Grawitacja i elementy astronomii*, w szczególności: – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – z wykorzystaniem prawa powszechnego ciążenia – związane z pierwszym i drugim prawem

– korzystając z prawa powszechnego ciążenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi; w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza jednostki oraz wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania	• opisuje powierzchnię Księżyca • posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego • wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem; stosuje go do obliczeń • oblicza wartość prędkości ciała na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi; posługuje się pojęciem *pierwszej prędkości kosmicznej*, wyznacza ją i oblicza jej wartość dla różnych ciał niebieskich • analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i wpływ siły grawitacji pochodzącej od planet na ruch ich księżyców • opisuje ruch ciała pod wpływem siły grawitacji; podaje treść pierwszego prawa Keplera i stosuje je do wyjaśniania zjawisk • podaje treść drugiego prawa Keplera • podaje treść trzeciego prawa Keplera, stosuje to prawo do obliczeń dla orbit kołowych i eliptycznych • oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie parametrów opisujących ruch jego satelity • interpretuje wzór na energię potencjalną grawitacji oraz wykazuje, że energia potencjalna grawitacji jest zawsze ujemna • oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji • oblicza wartość drugiej prędkości kosmicznej dla różnych ciał niebieskich • opisuje przypływy i odpływy morskie, wymienia ich przyczyny • interpretuje wzór na siłę pływową, oblicza wartość sił pływowych • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – z wykorzystaniem prawa powszechnego ciążenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera	• interpretuje drugie prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu • interpretuje trzecie prawo Keplera jako konsekwencję prawa powszechnego ciążenia • uzasadnia trzecie prawo Keplera dla orbit kołowych i eliptycznych; wyprowadza wzór wyrażający związek między masą ciała niebieskiego a parametrami, które opisują ruch jego satelity • ilustruje na wykresie zależność energii potencjalnej grawitacji ciała od odległości od jej źródła • analizuje zmiany energii potencjalnej i kinetycznej w ruchu planety po orbicie eliptycznej, stosuje zasadę zachowania energii do opisu ruchu orbitalnego • wyprowadza wzór na drugą prędkość kosmiczną • wyjaśnia mechanizm powstawania sił pływowych pochodzących od Księżyca i Słońca • przeprowadza wybrane obserwacje astronomiczne, korzystając z ich opisów • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – wykorzystując prawo powszechnego ciążenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi oraz uzasadnia odpowiedzi, podane stwierdzenia i zależności • samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści działu *Grawitacja i elementy astronomii*, w szczególności dotyczące: – gwiazd i planet – budowy Układu Słonecznego – sił pływowych;	oraz wykazuje podane zależności, ilustruje je graficznie • planuje i modyfikuje przebieg przedstawionych obserwacji astronomicznych; prezentuje wyniki własnych obserwacji astronomicznych • planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Grawitacja i elementy astronomii*; formułuje i weryfikuje hipotezy	Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi

	– związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi, w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i astronomicznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem naukowym, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; interpretuje zależności • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczących treści działu *Grawitacja i elementy astronomii*, w szczególności obserwacji astronomicznych • analizuje tekst *Rok na Czerwonej Planecie*; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania prostych zadań lub problemów • dokonuje syntezy wiedzy z tego działu; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów		

Ocena				
dopuszczająca	**dostateczna**	**dobra**	**bardzo dobra**	**celująca**
12. Elektrostatyka				
Uczeń: • opisuje na przykładach elektryzowanie ciał przez potarcie i dotyk; wyjaśnia, że te zjawiska polegają na przemieszczaniu się elektronów • informuje, kiedy naelektryzowane ciała się przyciągają, a kiedy odpychają; opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych • analizuje zjawiska elektryzowania ciał, posługując się pojęciem *ładunku elektrycznego*; rozróżnia dwa rodzaje ładunków elektrycznych • posługuje się pojęciem *ładunku elektrycznego* jako wielokrotnością ładunku elementarnego; stosuje jednostkę ładunku elektrycznego • podaje zasadę zachowania ładunku elektrycznego	**Uczeń:** • wyjaśnia mechanizm zjawiska elektryzowania ciał, odwołując się do budowy materii i modelu atomu; określa ładunek protonu, elektronu i atomu • informuje, że ładunek 1 C to ładunek około $6{,}24 \cdot 10^{18}$ protonów; posługuje się wartością ładunku elementarnego równą w przybliżeniu $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C do opisu zjawisk i obliczeń • posługuje się zasadą zachowania ładunku i stosuje ją do obliczania ładunku naelektryzowanych ciał • opisuje budowę elektroskopu i zasadę jego działania • formułuje i interpretuje prawo Coulomba oraz zapisuje wzór opisujący to prawo; porównuje prawo Coulomba z prawem powszechnego ciążenia	**Uczeń:** • opisuje na wybranych przykładach praktyczne wykorzystanie oddziaływań elektrostatycznych (np. kserograf, drukarka laserowa) • wyjaśnia mechanizm przyciągania ciała elektrycznie obojętnego (przewodnika lub izolatora) przez ciało naelektryzowane • uzasadnia, że zmiana w polu elektrycznym nie następuje natychmiast, lecz rozchodzi się z prędkością światła • interpretuje zagęszczenie linii pola elektrycznego • [D]opisuje pole centralne; szkicuje linie pola centralnego • wyjaśnia działanie kondensatora jako układu dwóch przeciwnie naładowanych przewodników,	**Uczeń:** • rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektrostatyka*, w szczególności: – związane z wykorzystaniem prawa Coulomba – związane z opisem pola elektrycznego – dotyczące kondensatorów; uzasadnia stwierdzenia i odpowiedzi • realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką rozdziału *Elektrostatyka* (inny niż opisany w podręczniku); formułuje i weryfikuje hipotezy; planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia	**Uczeń:** • rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektrostatyka*, w szczególności: – związane z wykorzystaniem prawa Coulomba – związane z opisem pola elektrycznego – dotyczące kondensatorów

• posługuje się pojęciem *siły elektrycznej* i wyjaśnia, od czego ona zależy • odróżnia przewodniki od izolatorów i wskazuje ich przykłady • informuje, kiedy mamy do czynienia z polem elektrycznym, i wskazuje przykłady jego występowania w otaczającej rzeczywistości • omawia zasady ochrony przed burzą • posługuje się pojęciem *napięcia elektrycznego* wraz z jego jednostką • doświadczalnie bada oddziaływania ciał naelektryzowanych, korzystając z opisu doświadczenia; opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski • rozwiązuje proste zadania lub problemy: – dotyczące ładunków elektrycznych i oddziaływań ciał naelektryzowanych – związane z obliczaniem ładunku naelektryzowanych ciał i wykorzystaniem zasady zachowania ładunku – – związane z wykorzystaniem prawa Coulomba – związane z opisem pola elektrycznego – związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące kondensatorów, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z danych • analizuje tekst *Ciekawa nauka wokół nas*; wyodrębnia z niego informacje kluczowe i posługuje się nimi	• oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba; posługuje się pojęciem *stałej elektrycznej*; zaznacza wektory sił elektrycznych i opisuje je • opisuje przemieszczanie się ładunków w przewodnikach pod wpływem oddziaływania ładunku zewnętrznego • posługuje się pojęciem *pola elektrycznego* do opisu oddziaływań elektrycznych • wymienia źródła wysokiego napięcia używane w doświadczeniach z elektrostatyki i opisuje zasady bezpiecznego korzystania z nich • informuje, że zmiana w polu elektrycznym nie następuje natychmiast, lecz rozchodzi się z prędkością światła • posługuje się pojęciem *linii pola elektrycznego*; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola, określa i zaznacza ich zwrot na schematycznych rysunkach • opisuje pole jednorodne; szkicuje linie pola jednorodnego i zaznacza ich zwrot; określa kierunek i zwrot sił elektrycznych na podstawie rysunku linii pola • opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, między którymi istnieje napięcie elektryczne, oraz jako urządzenie magazynujące energię • określa miarę napięcia jako różnicę energii w przeliczeniu na jednostkę ładunku; interpretuje i stosuje w obliczeniach wzór $U = \frac{\Delta E}{q}$ • wskazuje praktyczne zastosowania kondensatorów • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: – bada oddziaływanie ciała naelektryzowanego i ciał elektrycznie obojętnych – **doświadczalnie ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika** – bada rozkład ładunków w przewodniku – **doświadczalnie demonstruje przekaz energii podczas rozładowywania się kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry)**; przedstawia, opisuje, analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji lub doświadczenia, formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektrostatyka*, w szczególności: – dotyczące ładunków elektrycznych i oddziaływań ciał naelektryzowanych – związane z obliczaniem ładunku naelektryzowanych ciał i wykorzystaniem zasady zachowania ładunku – związane z wykorzystaniem prawa Coulomba – związane z opisem pola elektrycznego	między którymi istnieje napięcie elektryczne, oraz jako urządzenia magazynującego energię • omawia na wybranych przykładach (np. lampy błyskowej, defibrylatora) praktyczne zastosowania kondensatorów; omawia wykorzystanie superkondensatorów • wykorzystuje informacje dotyczące kondensatorów do rozwiązywania zadań lub problemów i wyjaśniania zjawisk • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektrostatyka*, w szczególności: – związane z wykorzystaniem prawa Coulomba – związane z opisem pola elektrycznego – związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące kondensatorów; uzasadnia odpowiedzi • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: – bada znak ładunku naelektryzowanych ciał – buduje elektroskop i wykorzystuje go do przeprowadzenia doświadczenia, opisuje i wyjaśnia wyniki obserwacji – [D]bada pole elektryczne wokół metalowego ostrza • poszukuje materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści rozdziału *Elektrostatyka*, i analizuje je; posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów • realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Burze małe i duże*; prezentuje wyniki doświadczeń domowych; formułuje i weryfikuje hipotezy		

	– związane z rozkładem ładunków w przewodnikach; posługuje się kartą wybranych wzorów i stałych oraz kalkulatorem; tworzy teksty i rysunki schematyczne w celu zilustrowania zjawiska bądź problemu, prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; uzasadnia odpowiedzi • dokonuje syntezy wiedzy z elektrostatyki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności • analizuje przedstawione materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe lub zaczerpnięte z internetu, dotyczące treści rozdziału *Elektrostatyka*, w szczególności: ładunków elektrycznych i oddziaływań elektrostatycznych, rozkładu ładunków w przewodnikach oraz kondensatorów; przedstawia własnymi słowami główne tezy; posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań			
13. Prąd elektryczny				
Uczeń: • opisuje przepływ prądu w obwodach jako ruch elektronów swobodnych albo jonów w przewodnikach; opisuje warunki przepływu prądu elektrycznego i określa jego kierunek • rozróżnia symbole graficzne podstawowych elementów obwodów elektrycznych • posługuje się pojęciem *napięcia elektrycznego* wraz z jego jednostką • rozróżnia pojęcia *natężenie prądu* i *napięcie elektryczne*; posługuje się pojęciem *natężenia prądu* wraz z jego jednostką • wskazuje przyrządy pomiarowe służące do pomiaru napięcia i natężenia prądu elektrycznego oraz ich symbole graficzne • wymienia sposoby łączenia elementów obwodu elektrycznego; rozróżnia połączenia szeregowe i równoległe, wskazuje ich przykłady • posługuje się pojęciem *węzła* (połączenia przewodów); wskazuje węzły w przedstawionym obwodzie elektrycznym • formułuje pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku; wskazuje zastosowanie tego prawa m.in. w przypadku obwodu składającego się z połączonych równolegle odbiorników prądu	**Uczeń:** • rysuje schematy obwodów składających się z jednego źródła energii, jednego odbiornika i wyłączników, posługując się symbolami graficznymi tych elementów; zaznacza kierunek przepływu prądu elektrycznego • podaje definicję napięcia elektrycznego i wzór na jego obliczanie • interpretuje oraz stosuje w obliczeniach związek między natężeniem prądu a ładunkiem i czasem jego przepływu przez przekrój poprzeczny przewodnika • omawia funkcję baterii w obwodzie elektrycznym i porównuje ją z kondensatorem • posługuje się pojęciami *amperogodziny* i *miliamperogodziny* jako jednostkami ładunku używanymi do określania pojemności baterii • wyjaśnia, jak zmierzyć napięcie między punktami w obwodzie, w którym płynie prąd elektryczny; opisuje sposób podłączania do obwodu woltomierza i amperomierza • omawia różnice między połączeniem szeregowym a połączeniem równoległym elementów obwodu elektrycznego • uzasadnia na podstawie zasady zachowania ładunku, że przy połączeniu szeregowym natężenie prądu jest takie samo w każdym punkcie obwodu	**Uczeń:** • [D]odróżnia pojęcia *amperogodziny* i *miliamperogodziny* używane do określania pojemności baterii od pojęcia *pojemności kondensatora* • posługuje się miernikiem uniwersalnym, wybiera odpowiedni zakres pomiaru i odczytuje wynik; oblicza (szacuje) niepewność pomiaru napięcia lub natężenia prądu, stosując uproszczone reguły • uzasadnia, że zasada dodawania napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo wynika z zasady zachowania energii • uzasadnia sumowanie napięć na przykładzie szeregowego połączenia odbiorników energii elektrycznej • interpretuje pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku • [D]uwzględnia niepewności pomiarowe przy sporządzaniu wykresu zależności $I(U)$; interpretuje nachylenie prostej dopasowanej do danych przedstawionych w postaci tego wykresu • uzasadnia zależność oporu od wymiarów przewodnika i rodzaju substancji, z jakiej go wykonano • wyznacza opór elektryczny na podstawie wykresu zależności $I(U)$; stawia hipotezy	**Uczeń:** • opisuje przepływ prądu w obwodach jako ruch elektronów swobodnych albo jonów w przewodnikach; opisuje warunki przepływu prądu elektrycznego i określa jego kierunek • rozróżnia symbole graficzne podstawowych elementów obwodów elektrycznych • posługuje się pojęciem *napięcia elektrycznego* wraz z jego jednostką • rozróżnia pojęcia *natężenie prądu* i *napięcie elektryczne*; posługuje się pojęciem *natężenia prądu* wraz z jego jednostką • wskazuje przyrządy pomiarowe służące do pomiaru napięcia i natężenia prądu elektrycznego oraz ich symbole graficzne • wymienia sposoby łączenia elementów obwodu elektrycznego; rozróżnia połączenia szeregowe i równoległe, wskazuje ich przykłady • posługuje się pojęciem *węzła* (połączenia przewodów); wskazuje węzły w przedstawionym obwodzie elektrycznym • formułuje pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku; wskazuje zastosowanie tego prawa m.in. w przypadku obwodu składającego się z połączonych równolegle odbiorników prądu	**Uczeń:** • rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Prąd elektryczny*, w szczególności: – związane z opisywaniem, rysowaniem i analizowaniem obwodów elektrycznych – związane z wykorzystaniem wzorów na napięcie elektryczne i natężenie prądu elektrycznego – związane z pomiarem napięcia i natężenia prądu – związane z połączeniami

- formułuje prawo Ohma
- posługuje się pojęciem *oporu elektrycznego* jako własnością przewodnika; posługuje się jednostką oporu
- rozróżnia metale i półprzewodniki
- wyróżnia formy energii, na jakie jest zamieniana energia elektryczna; wskazuje źródła energii elektrycznej i odbiorniki; omawia przykłady zastosowania energii elektrycznej
- posługuje się pojęciami *energii elektrycznej* i *mocy prądu elektrycznego* wraz z ich jednostkami
- analizuje tekst *Energia na czarną godzinę*; wyodrębnia informacje kluczowe i posługuje się nimi
- przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: buduje – według podanego schematu – obwód elektryczny składający się ze źródła napięcia, odbiornika – żarówki, wyłącznika i przewodów; opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących obwodów elektrycznych i prądu elektrycznego
- rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Prąd elektryczny*, w szczególności:
  - związane z opisywaniem, rysowaniem i analizowaniem obwodów elektrycznych
  - związane z wykorzystaniem wzorów na napięcie elektryczne i natężenie prądu elektrycznego
  - związane z pomiarem napięcia i natężenia prądu
  - związane z połączeniami szeregowym i równoległym elementów obwodów elektrycznych
  - związane z wykorzystaniem pierwszego prawa Kirchhoffa
  - związane z wykorzystaniem prawa Ohma
  - związane z oporem elektrycznym
  - związane z zależnością oporu elektrycznego od temperatury
  - dotyczące energii elektrycznej i mocy prądu elektrycznego;

  wyodrębnia z tekstów, tabel, wykresów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr

- opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo i jej związek z zasadą zachowania energii; opisuje jej wykorzystanie
- opisuje sumowanie napięć w obwodzie na przykładzie szeregowego połączenia odbiorników energii elektrycznej
- stosuje pierwsze prawo Kirchhoffa do wyznaczania natężeń prądów płynących w rozgałęzionym obwodzie
- sporządza wykres zależności $I(U)$; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie wykresu
- interpretuje prawo Ohma i opisuje warunki, w jakich ono obowiązuje
- stosuje w obliczeniach proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma)
- interpretuje pojęcie *oporu elektrycznego*
- wyjaśnia, skąd się bierze opór elektryczny; opisuje jakościowo zależność oporu od wymiarów przewodnika i rodzaju substancji, z jakiej go wykonano
- stosuje w obliczeniach związek między napięciem a natężeniem prądu i oporem elektrycznym
- wyjaśnia, czym są oporniki i potencjometry, wskazuje ich przykłady i zastosowania; omawia zastosowanie omomierza
- omawia zależność oporu od temperatury dla metali i półprzewodników
- porównuje przewodniki, izolatory i półprzewodniki, wskazuje ich przykłady i zastosowania
- interpretuje i stosuje w obliczeniach związek między energią elektryczną a mocą prądu elektrycznego
- wyjaśnia, od czego zależy moc prądu elektrycznego; interpretuje i stosuje w obliczeniach związek między mocą prądu a napięciem i natężeniem prądu
- wykorzystuje w obliczeniach dane znamionowe urządzeń elektrycznych
- analizuje tekst z podręcznika *Pożytek z pomyłek i przypadków*; przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju elektryczności
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych lub zaczerpniętych z internetu, związanych z zależnością oporu od temperatury oraz energią elektryczną i mocą prądu elektrycznego
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów:
  - porównuje napięcia uzyskane na bateriach nieobciążonej i obciążonej

- buduje potencjometr i bada jego działanie w obwodzie elektrycznym z żarówkami, korzystając z opisu doświadczenia; formułuje wnioski
- przedstawia i porównuje na wykresach zależność oporu od temperatury dla metali i półprzewodników
- wyjaśnia, dlaczego wraz ze wzrostem temperatury opór przewodnika rośnie, a opór półprzewodnika maleje (do pewnej granicy); opisuje na wybranych przykładach praktyczne wykorzystanie tych zależności
- uwzględnia straty energii w obliczeniach związanych z wykorzystaniem związku między energią i mocą prądu a napięciem i natężeniem prądu oraz danych znamionowych urządzeń elektrycznych
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Prąd elektryczny*, w szczególności:
  - związane z wykorzystaniem wzorów na napięcie elektryczne i natężenie prądu elektrycznego
  - związane z pomiarem napięcia elektrycznego i natężenia prądu
  - związane z połączeniami szeregowym i równoległym elementów obwodu elektrycznego
  - związane z wykorzystaniem pierwszego prawa Kirchhoffa
  - związane z wykorzystaniem prawa Ohma
  - związane z oporem elektrycznym
  - związane z zależnością oporu od temperatury
  - dotyczące energii elektrycznej i mocy prądu elektrycznego;

  uzasadnia odpowiedzi

- planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń opisanych w podręczniku, formułuje i weryfikuje hipotezy, opracowuje i analizuje wyniki pomiarów z uwzględnieniem niepewności pomiarowych
- poszukuje materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych lub z internetu, dotyczących treści rozdziału *Prąd elektryczny*, i analizuje je. Dotyczy to w szczególności materiałów:

- formułuje prawo Ohma
- posługuje się pojęciem *oporu elektrycznego* jako własnością przewodnika; posługuje się jednostką oporu
- rozróżnia metale i półprzewodniki
- wyróżnia formy energii, na jakie jest zamieniana energia elektryczna; wskazuje źródła energii elektrycznej i odbiorniki; omawia przykłady zastosowania energii elektrycznej
- posługuje się pojęciami *energii elektrycznej* i *mocy prądu elektrycznego* wraz z ich jednostkami
- analizuje tekst *Energia na czarną godzinę*; wyodrębnia informacje kluczowe i posługuje się nimi
- przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: buduje – według podanego schematu – obwód elektryczny składający się ze źródła napięcia, odbiornika – żarówki, wyłącznika i przewodów; opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących obwodów elektrycznych i prądu elektrycznego
- rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Prąd elektryczny*, w szczególności:
  - związane z opisywaniem, rysowaniem i analizowaniem obwodów elektrycznych
  - związane z wykorzystaniem wzorów na napięcie elektryczne i natężenie prądu elektrycznego
  - związane z pomiarem napięcia i natężenia prądu
  - związane z połączeniami szeregowym i równoległym elementów obwodów elektrycznych
  - związane z wykorzystaniem pierwszego prawa Kirchhoffa
  - związane z wykorzystaniem prawa Ohma
  - związane z oporem elektrycznym
  - związane z zależnością oporu elektrycznego od temperatury

  szeregowym i równoległym elementów obwodów elektrycznych
  - związane z wykorzystaniem pierwszego prawa Kirchhoffa
  - związane z wykorzystaniem prawa Ohma
  - związane z oporem elektrycznym
  - związane z zależnością oporu elektrycznego od temperatury
  - dotyczące energii elektrycznej i mocy prądu elektrycznego;

znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych	– mierzy natężenie prądu w różnych punktach obwodu i bada dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo – doświadczalnie demonstruje pierwsze prawo Kirchhoffa i bada połączenie równoległe baterii – bada zależność między napięciem a natężeniem prądu – sprawdza prawo Ohma dla żarówki i grafitu; buduje obwody elektryczne według przedstawionych schematów, odczytuje wskazania mierników, zapisuje wyniki pomiarów wraz z jednostką, z uwzględnieniem informacji o niepewności pomiarowej, analizuje wyniki pomiarów, formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Prąd elektryczny*, w szczególności: – związane z opisywaniem, rysowaniem i analizowaniem obwodów elektrycznych – związane z wykorzystaniem wzorów na napięcie elektryczne i natężenie prądu elektrycznego – związane z pomiarami napięcia i natężenia prądu – związane z połączeniami szeregowym i równoległym elementów obwodu elektrycznego – związane z wykorzystaniem pierwszego prawa Kirchhoffa – związane z wykorzystaniem prawa Ohma – związane z oporem elektrycznym – związane z zależnością oporu od temperatury – dotyczące energii elektrycznej i mocy prądu elektrycznego; posługuje się kartą wybranych wzorów i stałych oraz kalkulatorem, analizuje otrzymany wynik; rysuje i analizuje schematy obwodów elektrycznych, posługując się symbolami graficznymi; uzasadnia odpowiedzi • dokonuje syntezy wiedzy o prądzie elektrycznym; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności	– dotyczących obwodów elektrycznych i prądu elektrycznego – związanych z zależnością oporu od temperatury – związanych z energią elektryczną i mocą prądu elektrycznego; posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów • realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Jak działają baterie*; prezentuje wyniki doświadczeń domowych	– dotyczące energii elektrycznej i mocy prądu elektrycznego; wyodrębnia z tekstów, tabel, wykresów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub danych	
14. Elektryczność i magnetyzm				
Uczeń: • rozróżnia pojęcia *napięcie stałe* i *napięcie przemienne* • opisuje rolę izolacji i bezpieczników przeciążeniowych w domowej sieci elektrycznej oraz warunki bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej • wymienia zasady postępowania w przypadku porażenia elektrycznego	**Uczeń**: • opisuje cechy prądu przemiennego, posługuje się pojęciami *napięcia skutecznego* i *natężenia skutecznego* • opisuje domową sieć elektryczną jako przykład obwodu rozgałęzionego; stwierdza, że odbiorniki w sieci domowej są połączone równolegle, a łączna moc pobierana z sieci jest równa sumie mocy poszczególnych urządzeń	**Uczeń:** • analizuje i opisuje wykres prądu przemiennego • uzasadnia, że odbiorniki w sieci domowej są połączone równolegle, a łączna moc pobierana z sieci jest równa sumie mocy poszczególnych urządzeń • [D]opisuje budowę ferromagnetyków, posługując się pojęciem *domen magnetycznych*; opisuje	**Uczeń:** • rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektryczność i magnetyzm*, w szczególności związane z: – domową siecią elektryczną i zapewnieniem bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej	**Uczeń:** • rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektryczność i magnetyzm*, w szczególności związane z:

• nazywa bieguny magnesów stałych i opisuje oddziaływanie między nimi; opisuje zachowanie się igły magnetycznej w obecności magnesu oraz zasadę działania kompasu; posługuje się pojęciem *biegunów magnetycznych Ziemi*; opisuje na przykładzie żelaza oddziaływanie magnesów na materiały magnetyczne • porównuje oddziaływanie magnesów z oddziaływaniem ładunków elektrycznych; wskazuje podobieństwa i różnice • opisuje budowę elektromagnesu; podaje przykłady zastosowania elektromagnesów i zwojnic • wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych • rozpoznaje symbole diody na schematach obwodów elektronicznych • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: – bada napięcie przemienne – bada oddziaływanie magnesu na przedmioty wykonane z różnych substancji oraz oddziaływanie dwóch magnesów – bada odpychanie grafitu przez magnes – demonstruje magnesowanie się żelaza w polu magnetycznym – **doświadczalnie ilustruje układ linii pola magnetycznego** wokół magnesu; opisuje i przedstawia na schematycznych rysunkach wyniki obserwacji, odczytuje wyniki pomiarów napięcia, formułuje wnioski • rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektryczność i magnetyzm*, w szczególności związane z: – domową siecią elektryczną i zapewnieniem bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej – oddziaływaniem magnetycznym i magnetyzmem – opisem pola magnetycznego – siłą magnetyczną – indukcją elektromagnetyczną – transformatorem – diodami • wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, i zapisuje wynik zgodnie	• wykorzystuje w obliczeniach dane znamionowe urządzeń elektrycznych; oblicza zużycie energii elektrycznej i jego koszt • wyjaśnia funkcję bezpieczników różnicowych – wyłączników różnicowoprądowych i przewodu uziemiającego • stosuje w obliczeniach wzory na moc prądu (urządzenia) elektrycznego i łączną moc pobieraną z sieci elektrycznej • przelicza ilość energii elektrycznej wyrażoną w kilowatogodzinach na dżule • opisuje zachowanie się igły magnetycznej w otoczeniu prostoliniowego przewodnika z prądem • posługuje się pojęciami *pola magnetycznego* i *siły magnetycznej*; wymienia źródła pola magnetycznego: magnesy oraz prąd elektryczny, a ogólnie – poruszający się ładunek elektryczny • rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnika prostoliniowego i zwojnicy) • opisuje działanie elektromagnesu • opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki z prądem i poruszające się cząstki naładowane • porównuje siłę magnetyczną z siłą elektryczną, wskazuje różnice • omawia funkcję pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym • opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jej związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy; podaje przykłady jego praktycznego wykorzystania (np. prądnica, mikrofon i głośnik, kuchenka indukcyjna) • opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy • opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jej związek ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie • opisuje budowę i zasadę działania transformatora, podaje przykłady jego zastosowania • opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jedną stronę oraz jako źródła światła; zaznacza symbol diody na schematach obwodów elektrycznych • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, dotyczących: • bezpieczeństwa sieci elektrycznej • magnetyzmu	zachowanie się domen w polu magnetycznym i proces magnesowania żelaza • [D]wyjaśnia mechanizm przyciągania nienamagnesowanej sztabki żelaza przez magnes, posługując się pojęciem *domen magnetycznych* • określa i zaznacza zwrot linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica), stosując regułę prawej ręki • wyjaśnia zasadę działania wybranego urządzenia zawierającego elektromagnes • określa kierunek i zwrot siły magnetycznej; analizuje zmiany toru cząstki w polu magnetycznym w zależności od kierunku jej ruchu • opisuje powstawanie zorzy polarnej • opisuje budowę prądnicy i wyjaśnia zasadę jej działania na modelu lub schemacie • wyjaśnia – na modelu lub schemacie – zasadę działania transformatora i rolę rdzenia w kształcie ramki • wykazuje, że transformator nie pozwala uzyskać na wyjściu wyższej mocy niż na wejściu; wyjaśnia, do czego służą linie wysokiego napięcia; omawia przesyłanie energii elektrycznej • porównuje źródła światła: tradycyjne żarówki, świetlówki (tzw. żarówki energooszczędne) i diody świecące (LED) • przedstawia zastosowanie diody w prostownikach; wyjaśnia, do czego służy prostownik i wskazuje jego zastosowanie • omawia zastosowania tranzystorów • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących [D]układów z mostkiem prostowniczym oraz ich zastosowań; wykorzystuje te informacje do rozwiązywania zadań lub problemów • wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Elektryczność i magnetyzm*, w szczególności: – magnetyzmu oraz historii odkryć dotyczących magnetyzmu – oddziaływania pola magnetycznego na poruszające się cząstki naładowane – zjawiska indukcji elektromagnetycznej	– oddziaływaniem magnetycznym i magnetyzmem – opisem pola magnetycznego i siłą magnetyczną – indukcją elektromagnetyczną i transformatorem – diodami i wykorzystaniem diod, – analizuje schematy obwodów elektronicznych zawierających diody; wyjaśnia, jakie diody przewodzą, i wskazuje kierunek przepływu prądu; uzasadnia odpowiedzi • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: – bada działanie mikrofonu i głośnika – bada świecenie diody zasilanej z kondensatora • planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń: – zbudowanie elektromagnesu i badanie jego działania – badanie siły działającej na przewodnik z prądem oraz zbudowanie prostego pojazdu elektrycznego • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących [D]układów z mostkiem prostowniczym oraz ich zastosowań; wykorzystuje te informacje do rozwiązywania zadań lub problemów • wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału *Elektryczność i magnetyzm*, w szczególności: – magnetyzmu – oddziaływania pola magnetycznego na poruszające się cząstki naładowane – zjawiska indukcji elektromagnetycznej – diod i ich zastosowań posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów	domową siecią elektryczną i zapewnieniem bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej oddziaływaniem magnetycznym i magnetyzmem opisem pola magnetycznego i siłą magnetyczną indukcją elektromagnetyczną i transformatorem diodami i wykorzystaniem diod, analizuje schematy obwodów elektronicznych zawierających diody; wyjaśnia, jakie diody przewodzą, i wskazuje kierunek przepływu prądu; uzasadnia odpowiedzi • [D]buduje mostek prostowniczy i bada jego działanie • wyszukuje i analizuje materiały źródłowe dotyczące: – historii odkryć dotyczących magnetyzmu tranzystorów i ich zastosowań; posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów

z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących	• historii odkryć w dziedzinie magnetyzmu • oddziaływania pola magnetycznego na poruszające się cząstki naładowane • zjawiska indukcji elektromagnetycznej • diod i ich zastosowania • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: • bada zwarcie i działanie bezpiecznika • magnesuje gwóźdź i buduje kompas • **doświadczalnie ilustruje układ linii pola magnetycznego** wokół prostoliniowego przewodnika z prądem • buduje elektromagnes i bada jego działanie • bada siłę działającą na przewodnik z prądem; buduje prosty pojazd elektryczny • **demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz zmianą natężenia prądu w elektromagnesie** • **demonstruje funkcję diody jako elementu składowego prostowników i źródło światła**; bada działanie diody jako prostownika • bada straty energii powodowane przez diodę; opisuje, analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji, analizuje wyniki pomiarów napięcia, formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektryczność i magnetyzm*, w szczególności związane z: • oddziaływaniem magnetycznym i magnetyzmem • opisem pola magnetycznego • siłą magnetyczną • indukcją elektromagnetyczną • transformatorem • diodami, posługuje się kartą wybranych wzorów i stałych oraz kalkulatorem; analizuje otrzymany wynik obliczeń; analizuje schematy obwodów zawierających diodę; uzasadnia odpowiedzi lub stwierdzenia • analizuje tekst *Szósty zmysł? Magnetyczny!* i rozwiązuje związane z nim zadania • dokonuje syntezy wiedzy o elektryczności i magnetyzmie; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady, prawa i zależności	– diod i ich zastosowań – tranzystorów i ich zastosowań; posługuje się informacjami pochodzącymi z tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Elektryczność i magnetyzm*, w szczególności związane z: – domową siecią elektryczną i zapewnieniem bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej – oddziaływaniem magnetycznym i magnetyzmem – opisem pola magnetycznego i siłą magnetyczną – indukcją elektromagnetyczną i transformatorem – diodami i wykorzystaniem diod, • analizuje schematy obwodów elektronicznych zawierających diody; wyjaśnia, jakie diody przewodzą, i wskazuje kierunek przepływu prądu; • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: – bada działanie mikrofonu i głośnika – bada świecenie diody zasilanej z kondensatora • planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń: – zbudowanie elektromagnesu i badanie jego działania – badanie siły działającej na przewodnik z prądem oraz zbudowanie prostego pojazdu elektrycznego – **demonstracja zjawiska indukcji elektromagnetycznej i jego związku ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy** – badanie działania diody; formułuje i weryfikuje hipotezy • realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Ziemskie pole magnetyczne*; prezentuje wyniki doświadczeń domowych		
12. Pole elektryczne				

Uczeń:	**Uczeń:**	**Uczeń:**	**Uczeń:**	**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	• posługuje się zasadą zachowania ładunku elektrycznego i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk • wyjaśnia mechanizm elektryzowania na podstawie wiadomości o mikroskopowej budowie materii • podaje i interpretuje prawo Coulomba, posługuje się pojęciem *stałej elektrycznej* wraz z jej jednostką; oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków elektrycznych, stosując prawo Coulomba; stosuje to prawo do obliczeń i wyjaśniania zjawisk • wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki folii aluminiowej • opisuje zależność siły elektrycznej od rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem *przenikalności elektrycznej*: próżni, ośrodka i względnej • porównuje siłę elektryczną z siłą grawitacji, wskazuje podobieństwa i różnice • posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką, określa kierunek i zwrot tego wektora i oblicza jego wartość; oblicza wartość natężenia pola wytworzonego przez pojedynczy ładunek w odległości *r* od niego • zaznacza wektor natężenia pola; opisuje pole centralne i pole jednorodne; interpretuje zagęszczenie linii jako miarę natężenia pola • analizuje i wyznacza natężenie pola wytwarzanego przez układ dwóch ładunków punktowych; oblicza jego wartość • opisuje i ilustruje graficznie pole na zewnątrz sferycznie symetrycznego układu ładunków • posługuje się pojęciem *energii potencjalnej ładunku* w polu elektrycznym • opisuje i oblicza zmianę energii potencjalnej ładunku podczas jego przemieszczania się w polu centralnym i polu jednorodnym • posługuje się pojęciami *potencjału pola* i *napięcia elektrycznego* wraz z ich jednostkami; oblicza potencjał w polu jednorodnym i polu centralnym	• [D]wyjaśnia, co to są kwarki i czym się charakteryzują, wskazuje przykłady cząstek zbudowanych z kwarków • opisuje na przykładach praktyczne wykorzystanie oddziaływań elektrycznych • opisuje polaryzację cząsteczki izolatora (dielektryka) i na tej podstawie wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki papieru • wykazuje, że zmiany pola elektrycznego rozchodzą się z prędkością światła • wyjaśnia wyniki 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 • [D]analizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w stałym jednorodnym polu elektrycznym w przypadku, gdy cząstka ma prędkość początkową skierowaną pod kątem do linii pola; porównuje ten ruch z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji (z rzutem ukośnym) • wyjaśnia wyniki obserwacji przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry)	• 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	• 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

– związane z opisem pola elektrycznego pochodzącego z wielu źródeł – związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym – związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym – dotyczące kondensatorów, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza jednostki, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania	• interpretuje i stosuje do obliczeń wzór na natężenie pola jednorodnego; wykazuje równość jednostek 1 V/m i 1 N/C • opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya) oraz duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika • analizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w stałym jednorodnym polu elektrycznym w przypadku ruchu zgodnie z kierunkiem linii pola oraz wtedy, gdy cząstka ma prędkość początkową prostopadłą do linii pola; opisuje siły działające na cząstki w polu elektrycznym, ilustruje to na schematycznych rysunkach • porównuje ruch cząstek naładowanych w jednorodnym polu elektrycznym z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji – rzutem pionowym i rzutem poziomym; opisuje podobieństwa i różnice • opisuje ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego; oblicza natężenie pola między jego okładkami • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: – **ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika** – bada: rozkład ładunku w naładowanym przewodniku, działanie metalowego ostrza, układ linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola – **demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry)** przedstawia na schematycznych rysunkach i opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: – dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania – z wykorzystaniem prawa Coulomba – dotyczące pola elektrycznego – związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł – związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym	• planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji): – demonstracji oddziaływania ciał naelektryzowanych i elektryzowania ciał – badania: rozkładu ładunku w naładowanym przewodniku, działania metalowego ostrza, układu linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola – **demonstracji przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry)** • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: – dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania oraz pola elektrycznego – z wykorzystaniem prawa Coulomba – związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł – związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym – związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym – dotyczące kondensatorów oraz ilustruje zjawisko lub problem graficznie; uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania • poszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści tego działu, w szczególności dotyczące: – oddziaływań elektrycznych – praktycznego wykorzystania rozkładu ładunków w przewodnikach (np. generator Van de Graaffa) oraz ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym (np. akceleratory); posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów • realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt *Generator Kelvina*, w szczególności wykonuje i demonstruje model generatora Kelvina		

	– związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym – dotyczące kondensatorów, w szczególności: ilustruje zjawisko lub problem na schematycznym rysunku; posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; uzasadnia odpowiedzi, ocenia podane stwierdzenia; interpretuje zależności • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu *Pole elektryczne* • dokonuje syntezy wiedzy z działu *Pole elektryczne*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności			
13. Prąd elektryczny				
Uczeń: • opisuje przewodnictwo – przepływ prądu elektrycznego w metalach, elektrolitach i gazach; określa umowny kierunek przepływu prądu • posługuje się pojęciem *natężenia prądu elektrycznego* wraz z jego jednostką • posługuje się podstawowymi pojęciami związanymi z obwodem elektrycznym; odróżnia źródło napięcia od odbiornika energii elektrycznej; omawia hydrauliczny odpowiednik obwodu elektrycznego • rozpoznaje wybrane symbole graficzne stosowane w obwodach elektrycznych • posługuje się woltomierzem i amperomierzem • opisuje i rozróżnia połączenia szeregowe i równoległe w obwodach elektrycznych, przedstawia je na schematycznych rysunkach • omawia zastosowania połączeń szeregowych i równoległych i podaje ich przykłady • posługuje się pojęciem *oporu elektrycznego* wraz z jego jednostką; rozróżnia opornik i potencjometr	**Uczeń:** • stosuje do obliczeń związek między natężeniem prądu a ładunkiem i czasem jego przepływu przez poprzeczny przekrój przewodnika • wyjaśnia wyniki obserwacji przepływu prądu przez elektrolit • rysuje i opisuje (czyta) schematy obwodów elektrycznych, posługując się symbolami graficznymi stosowanymi w obwodach elektrycznych • posługuje się miernikiem uniwersalnym; określa niepewność pomiaru zarówno za pomocą miernika analogowego, jak i cyfrowego, posługując się klasą przyrządu pomiarowego • mierzy napięcie miedzy biegunami żarówki i natężenie płynącego przez nią prądu, zapisuje wynik wraz z jego jednostką, z uwzględnieniem informacji o niepewności	**Uczeń:** • odróżnia dryf elektronów od ruchu chaotycznego i rozchodzenia się pola elektrycznego w przewodniku • uzasadnia z definicji napięcia zasadę dodawania napięć w układzie ogniw lub odbiorników połączonych szeregowo i jej związek z zasadą zachowania energii • omawia zastosowania oporników i potencjometrów • analizuje i interpretuje charakterystykę prądowo-napięciową oporników (zgodną z prawem Ohma), ustala zakresy wartości *I* i *U* • analizuje i rysuje schematy układów oporników • wyznacza, interpretuje i oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo i równolegle • analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem *oporu właściwego materiału i* jego jednostką	**Uczeń:** • 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	**Uczeń:** • 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

- rozróżnia podstawowe sposoby łączenia oporników
- posługuje się pojęciem *oporu zastępczego*
- rozróżnia przewodniki, półprzewodniki i izolatory
- posługuje się pojęciami *pracy prądu elektrycznego* i *mocy prądu elektrycznego* wraz z ich jednostkami; stosuje do obliczeń związki między tymi wielkościami; przelicza energię elektryczną wyrażoną w kilowatogodzinach na dżule i odwrotnie
- wskazuje przykłady źródeł napięcia; opisuje budowę ogniwa
- przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: sprawdza przepływ prądu przez elektrolit; opisuje wyniki obserwacji i formułuje wnioski
- rozwiązuje proste zadania lub problemy:
  - dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu
  - dotyczące obwodów elektrycznych
  - dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądów
  - z wykorzystaniem prawa Ohma
  - z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma
  - dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów, rodzaju przewodnika i temperatury
  - dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego
  - dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia,

  w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych

- interpretuje pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk
- opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniw lub odbiorników połączonych szeregowo i jej związek z zasadą zachowania energii, stosuje ją obliczeń
- stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia w przypadku przewodników (prawo Ohma); posługuje się tym prawem
- omawia sposób wyznaczenia oporu zastępczego w przypadku różnych układów połączeń oporników
- wyznacza, interpretuje i oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle
- stosuje do obliczeń wzór na opór przewodnika
- opisuje przewodniki, półprzewodniki i izolatory; omawia wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników
- opisuje i stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule'a Lenza) z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem
- wykorzystuje do obliczeń dane znamionowe urządzeń elektrycznych oraz pojęcie *sprawności*
- posługuje się pojęciami *oporu wewnętrznego* i *siły elektromotorycznej* jako cechami źródła; podaje prawo Ohma dla obwodu zamkniętego, stosuje to prawo do obliczeń
- rysuje wykres zależności $U(I)$, uwzględniający SEM ogniwa i jego opór wewnętrzny; stosuje do obliczeń wzór na siłę elektromotoryczną $\epsilon = U + I \cdot r$
- 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

- 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 [D]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 (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji):
  - **demonstracji pierwszego prawa Kirchhoffa**; **badania dodawania napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo**
  - badania zależności między natężeniem prądu a napięciem dla opornika, zbudowania potencjometru i sprawdzania jego działania

  oraz sporządza wykres badanej zależności, uwzględniając niepewności pomiarów
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
  - dotyczące 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

  - 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

	– bada zależność jasności świecenia żarówek o różnych napięciach znamionowych od sposobu ich połączenia – buduje proste ogniwo i bada jego właściwości, bada zależność $U(I)$; przedstawia i analizuje wyniki pomiarów z uwzględnieniem ich niepewności; sporządza wykres badanej zależności, dopasowuje prostą i interpretuje jej nachylenie; opisuje wyniki obserwacji; formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: – dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu – dotyczące obwodów elektrycznych – dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych, z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądów – z wykorzystaniem prawa Ohma – z wykorzystaniem wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle oraz prawa Ohma – dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów, rodzaju przewodnika i temperatury – dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego – dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia – dotyczące obwodów elektrycznych i z wykorzystaniem praw Kirchhoffa, w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; analizuje, rysuje i opisuje schematy obwodów elektrycznych; rysuje wykresy zależności $I(U)$ dla oporników; analizuje schematy obwodów elektrycznych; rysuje i interpretuje wykresy wskazanych zależności; uzasadnia odpowiedzi • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów	– dotyczące prądu elektrycznego, z wykorzystaniem wzoru na natężenie prądu – dotyczące połączeń elementów w obwodach elektrycznych, z wykorzystaniem zależności między napięciami i natężeniami prądów – z wykorzystaniem prawa Ohma oraz wzorów na opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle – dotyczące zależności oporu elektrycznego od wymiarów, rodzaju przewodnika i temperatury – dotyczące pracy i mocy prądu elektrycznego – dotyczące SEM i oporu wewnętrznego źródła napięcia – dotyczące obwodów elektrycznych i z wykorzystaniem praw Kirchhoffa oraz: sporządza i interpretuje wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; uzasadnia odpowiedzi, stwierdzenia i rozwiązania; ilustruje graficznie podane zależności; analizuje otrzymany wynik • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą przewodnictwa elektrycznego oraz wykorzystania zależności oporu od wymiarów przewodnika, oporu właściwego i temperatury • wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści działu *Prąd stały*; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów		

	popularnonaukowych, dotyczących treści działu *Prąd stały* • dokonuje syntezy wiedzy z działu *Prąd stały*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności			
14. Pole magnetyczne				
Uczeń: • opisuje oddziaływanie między biegunami magnesów stałych; posługuje się pojęciem *biegunów magnetycznych Ziemi* • posługuje się pojęciem *pola magnetycznego*, wymienia jego źródła; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych; rozpoznaje bieguny magnesu i wyznacza zwrot linii pola magnetycznego za pomocą igły magnetycznej lub kompasu • opisuje budowę i działanie elektromagnesu; wymienia przykłady zastosowania elektromagnesów • wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: – magnesuje stalowy spinacz oraz stalowy gwóźdź i bada ich właściwości, **doświadczalnie ilustruje układ linii pola magnetycznego wokół magnesów trwałych** – obserwuje ruch jonów w polu magnetycznym; przedstawia i/lub opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski • rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące: – ilustracji pola 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, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności	**Uczeń:** • rozróżnia ferromagnetyki, paramagnetyki i diamagnetyki; opisuje jakościowo podstawowe właściwości i zastosowania ferromagnetyków; posługuje się pojęciem *domen magnetycznych* • analizuje i wyjaśnia wyniki obserwacji dotyczącej **doświadczalnej ilustracji układu linii pola magnetycznego wokół magnesów trwałych**; modyfikuje przebieg doświadczenia • uzasadnia, że z polem magnetycznym jest związana energia potencjalna • rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica), określa ich zwrot • omawia przykłady zastosowania elektromagnesów • posługuje się pojęciem *wektora indukcji magnetycznej* wraz z jego jednostką (1 T); opisuje pole magnetyczne za pomocą wektora indukcji magnetycznej, określa jego kierunek i zwrot • analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną; podaje, interpretuje i stosuje do obliczeń wzór na siłę Lorentza; określa kierunek i zwrot siły Lorentza • analizuje siłę Lorentza działającą na cząstkę naładowaną poruszającą się w jednorodnym polu magnetycznym oraz tor cząstki w zależności od kierunku jej ruchu względem linii pola: wzdłuż linii i prostopadle do nich • stosuje do obliczeń wzory: na promień okręgu, po którym porusza się cząstka naładowana w polu magnetycznym, i na okres jej obiegu • informuje, że pole magnetyczne Ziemi stanowi osłonę przed wiatrem słonecznym • podaje przykłady wykorzystania oddziaływania pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną	**Uczeń:** • opisuje zmiany układu domen pod wpływem namagnesowania ferromagnetyku • omawia przykłady pól magnetycznych w przyrodzie i technice oraz naturę siły magnetycznej, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych • analizuje oddziaływanie pola magnetycznego i pola elektrycznego na cząstkę naładowaną poruszającą się w selektorze prędkości, korzystając z opisu tego urządzenia • analizuje tor cząstki poruszającej się w jednorodnym polu magnetycznym w dowolnym kierunku względem linii pola • wyznacza promień okręgu, który stanowi tor, po którym porusza się naładowana cząstka w polu magnetycznym, i okres jej obiegu; interpretuje otrzymane wzory • omawia zasadę działania cyklotron • wyprowadza wzór na siłę elektrodynamiczną • wskazuje przykłady zastosowania siły elektrodynamicznej (inne niż silniki elektryczne) • analizuje i wyznacza siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych; • [D]omawia zależność siły magnetycznej i siły elektrycznej od układu odniesienia • planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji) oraz wyjaśnia wyniki obserwacji: – **ilustracji układu linii pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem**: prostego, w kształcie pętli lub zwojnicy; zobrazowania działania skonstruowanego elektromagnesu – badania oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem, badania zmian obrazu włókna świecącej żarówki po zbliżeniu magnesu	**Uczeń:** • 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	**Uczeń:** • 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

i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania. z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania	• analizuje i opisuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem; wyjaśnia, że siła elektrodynamiczna i siła Lorentza to określenie siły magnetycznej w szczególnych sytuacjach • interpretuje wzór na siłę elektrodynamiczną, oblicza wartość tej siły, wyznacza jej kierunek i zwrot • opisuje zależność indukcji pola magnetycznego wokół prostego przewodu od natężenia prądu, odległości od niego i rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem *przenikalności magnetycznej* • uzasadnia, interpretuje i stosuje do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika, pętli i długiej zwojnicy • opisuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: – **ilustruje układ linii pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem**: prostego, w kształcie pętli lub zwojnicy; buduje elektromagnes i obrazuje jego działanie – wykazuje, że wewnątrz magnesu występuje pole magnetyczne – bada oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem, obserwuje obraz włókna żarówki po zbliżeniu magnesu – bada oddziaływanie przewodników, w których płynie prąd; analizuje, opisuje lub wyjaśnia wyniki obserwacji, formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy dotyczące: – ilustracji pola 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	– 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		

	– indukcji magnetycznej pola wokół przewodnika z prądem, w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, ilustruje i/lub uzasadnia odpowiedzi • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczących treści działu *Pole magnetyczne*, w szczególności: pola magnetycznego Ziemi i oddziaływań magnetycznych, pola magnetycznego wytwarzanego przez ruch ładunków, wykorzystania oddziaływania pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną • dokonuje syntezy wiedzy z działu *Pole magnetyczne*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności			
15. Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny				
Uczeń: • informuje, na czym polega zjawisko indukcji elektromagnetycznej; podaje przykłady jego zastosowania • odróżnia prąd przemienny od prądu stałego • opisuje funkcję izolacji i bezpieczników przeciążeniowych; rozpoznaje symbol graficzny bezpiecznika • opisuje warunki bezpiecznego korzystania z energii elektrycznej; informuje, jak udzielić pierwszej pomocy osobie po porażeniu elektrycznym • wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych • podaje przykłady zastosowania prądnic • rozpoznaje graficzny symbol diody na schematach obwodów • przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: bada działanie bezpiecznika; omawia obserwacje, formułuje wniosek • rozwiązuje proste zadania lub problemy:	**Uczeń:** • opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej, odróżnia to zjawisko od indukcji magnetycznej i wskazuje przykłady jego zastosowania; posługuje się pojęciami *prądu indukcyjnego i siły elektromotorycznej indukcji* (SEM) • omawia eksperyment Faradaya • podaje regułę Lenza • posługuje się pojęciem *strumienia pola magnetycznego* wraz z jego jednostką, oblicza strumień, gdy pole jest jednorodne • podaje prawo indukcji Faradaya; informuje, kiedy zmienia się strumień pola magnetycznego • oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia pola magnetycznego • wyjaśnia, jak powstaje napięcie przemienne, na przykładzie ramki obracającej się w jednorodnym polu magnetycznym; opisuje jakościowo przemiany energii podczas działania prądnicy	**Uczeń:** • opisuje inne niż omówiono sposoby wytwarzania prądu elektrycznego – przez zmiany pola magnetycznego • wyjaśnia, że reguła Lenza wynika z zasady zachowania energii i stosuje ją do określania kierunku przepływu prądu indukcyjnego; [D]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	**Uczeń:** • 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 [D]zjawiska samoindukcji – dotyczące diod i [D]tranzystorów oraz: wykazuje lub udowadnia podane zależności, projektuje schematy obwodów elektronicznych zawierających diody • projektuje i wykonuje doświadczenia, np. buduje i demonstruje działający model silnika	**Uczeń:** • rozwiązuje nietypowe 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 zjawiska indukcji elektromagnetycznej – z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya – dotyczące prądu przemiennego – dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej – dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy – dotyczące transformatora – dotyczące diod, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych	• opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciami *napięcia skutecznego i natężenia skutecznego;* rozróżnia wartości napięcia i natężenia: chwilowe, maksymalne i skuteczne • stosuje wzory na napięcie i natężenie skuteczne do obliczania napięcia i natężenia skutecznego w przypadku ich przebiegu sinusoidalnego • opisuje domową sieć elektryczną jako przykład obwodu rozgałęzionego • wyjaśnia funkcje wyłączników różnicowoprądowych i przewodu uziemiającego • opisuje budowę i zasadę działania prądnicy oraz przemiany energii podczas jej działania • porównuje silnik z prądnicą; wyjaśnia, jakie zjawisko fizyczne stanowi podstawę działania prądnicy, a jakie – silnika • opisuje zjawisko indukcji wzajemnej; opisuje budowę i zasadę działania transformatora, przedstawia jego uproszczony model, w którym przekładnia napięciowa i przekładnia prądowa zależą tylko od liczby zwojów; podaje zastosowania transformatorów • stosuje równanie transformatora do wyjaśniania zjawisk i obliczeń • opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie jako źródła światła – diody LED • wyjaśnia funkcję prostownika, wskazuje przykłady jego zastosowań • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: – **demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie**; bada kierunek przepływu prądu indukcyjnego – **demonstruje funkcję diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła**; bada działanie diody przedstawia, opisuje i analizuje wyniki pomiarów i/lub obserwacji, formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: – dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej	• 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* • [D]opisuje budowę i działanie najczęściej stosowanych silników elektrycznych, wymienia ich zastosowania • uzasadnia równanie transformatora • opisuje zastosowania transformatorów; omawia przesyłanie energii elektrycznej • [D]opisuje jakościowo zjawisko samoindukcji, podaje przykłady jego znaczenia w urządzeniach elektrycznych; oblicza SEM samoindukcji • przedstawia zastosowanie diody w prostownikach • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: – [D]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 działanie diod • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: – dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej – z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya i prawa Ohma dla obwodu zamkniętego – dotyczące prądu przemiennego – dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej	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	i [D]zjawiska samoindukcji – dotyczące diod i [D]tranzystorów

	– z wykorzystaniem prawa indukcji Faradaya – dotyczące prądu przemiennego – dotyczące bezpieczeństwa domowej sieci elektrycznej – dotyczące silnika elektrycznego i prądnicy – dotyczące transformatora – dotyczące diod, w szczególności: posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, posługuje się kalkulatorem, rysuje i interpretuje wykresy, stosuje do obliczeń prawo Ohma, związek mocy wydzielonej na oporniku z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem, wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych, analizuje schematy obwodów zawierających diody i określa, które diody przewodzą, uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści działu *Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny*, w szczególności zjawisk indukcji wzajemnej • dokonuje syntezy wiedzy z działu *Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności	– 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		

16. Atomy i promieniowanie				
Uczeń: • informuje, na czym polega zjawisko fotoelektryczne; posługuje się pojęciem fotonu • posługuje się pojęciem widma • opisuje jakościowo uproszczony model budowy atomu • posługuje się pojęciami: *pierwiastek*, *jądro atomowe*, *izotop*, *proton*, *neutron* i *elektron* do opisu składu materii • informuje, że w niezjonizowanym atomie liczba elektronów	**Uczeń:** • opisuje zjawisko fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej; wskazuje i opisuje przykłady tego zjawiska • opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; wyjaśnia pojęcie fotonu oraz jego energii; interpretuje wzór na energię fotonu, stosuje go do obliczeń • posługuje się pojęciami elektronowoltu i pracy wyjścia • opisuje wynik obserwacji promieniowania termicznego, formułuje wniosek • analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury, wskazuje przykłady wykorzystania tej zależności	Uczeń: • wyjaśnia na przykładach mechanizm zjawiska fotoelektrycznego • stosuje do wyjaśniania zjawisk wzór na energię fotonu • wykorzystuje pojęcia energii fotonu oraz pracy wyjścia w analizie bilansu energetycznego zjawiska fotoelektrycznego, wyznacza energię kinetyczną wybitego elektronu • opisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek, [D]podaje przykłady ich wykorzystania	**Uczeń:** • rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Atomy i promieniowanie*, w szczególności: – dotyczące zjawisk fotoelektrycznego – [D]związane z falami materii – dotyczące promieniowania termicznego ciał – dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji	**Uczeń:** • rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Atomy i promieniowanie*, w szczególności: – dotyczące zjawiska fotoelektrycznego – [D]związane z falami materii – dotyczące promieniowania termicznego ciał

poruszających się wokół jądra jest równa liczbie protonów w jądrze
- obserwuje wykrywanie promieniotwórczości różnych substancji; przedstawia wyniki obserwacji
- przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu:
  – obserwuje promieniowanie termiczne
  – obserwuje widma żarówki i świetlówki;

przedstawia wyniki obserwacji, formułuje wnioski

- rozwiązuje proste zadania lub problemy dotyczące:
  – zjawisk fotoelektrycznego
  – promieniowania termicznego ciał
  – powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji
  – związane z opisem składu jądra atomowego; ilustruje na schematycznych rysunkach jądra wybranych izotopów
  – związane z właściwościami promieniowania jądrowego
  – dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na organizmy żywe

w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących, ustala odpowiedzi, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania

- porównuje widma żarówki i świetlówki
- rozróżnia widma ciągłe i liniowe oraz widma emisyjne i absorpcyjne; opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów
- analizuje i porównuje widma emisyjne i absorpcyjne tej samej substancji, opisuje je jakościowo
- posługuje się pojęciem orbit dozwolonych; informuje, że energia elektronu w atomie nie może być dowolna, opisuje jakościowo jej zależność od odległości elektronu od jądra
- rozróżnia stan podstawowy atomu i jego stany wzbudzone; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach w związku z emisją lub absorpcją kwantu światła
- opisuje zjawisko jonizacji jako wywoływane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej; posługuje się pojęciem energii jonizacji
- opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej
- posługuje się pojęciem sił przyciągania jądrowego
- wyjaśnia, na czym polega promieniotwórczość naturalna; wymienia wybrane metody wykrywania promieniowania jądrowego
- opisuje obserwacje związane z wykrywaniem promieniotwórczości różnych substancji; podaje przykłady substancji emitujących promieniowanie jądrowe w otaczającej rzeczywistości
- wymienia właściwości promieniowania jądrowego; rozróżnia promieniowanie: alfa (α), beta (β) i gamma (γ)
- podaje przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie
- odróżnia promieniowanie jonizujące od promieniowania niejonizującego; informuje, że promieniowanie jonizujące wpływa na materię oraz na organizmy żywe
- podaje przykłady wykorzystywania promieniowania jądrowego w medycynie
- rozwiązuje typowe zadania lub problemy:
  – dotyczące zjawisk fotoelektrycznego i promieniowania termicznego ciał
  – ^{D}związane z falami materii
  – związane z analizą oraz opisem widm emisyjnych i absorpcyjnych
  – dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji
  – związane z opisem składu jądra atomowego i właściwościami promieniowania jądrowego
  – dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na organizmy żywe

wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe; posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych

- posługuje się pojęciem fal materii (fal de Broglie'a); ^{D}stosuje podany wzór na długość fali de Broglie'a do wyjaśniania zjawisk
- ^{D}uzasadnia, że pomiędzy mikroświatem a makroświatem nie ma wyraźnej granicy; uzasadnia, dlaczego w życiu codziennym nie obserwujemy falowej natury ciał
- ^{D}analizuje zależność mocy ich promieniowania od jego częstotliwości w przypadku Słońca i włókna żarówki
- wyjaśnia, dlaczego prążki w widmach emisyjnych i absorpcyjnych dla danego gazu przy tych samych częstotliwościach znajdują się w tych samych miejscach
- opisuje wybrane metody wykrywania promieniowania jądrowego
- opisuje przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie
- opisuje wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe
- opisuje przykłady wykorzystania promieniowania jądrowego w medycynie
- rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy:
  – dotyczące zjawisk fotoelektrycznego i promieniowania termicznego ciał
  – ^{D}związane z falami materii
  – związane z analizą oraz opisem widm emisyjnych i absorpcyjnych
  – dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji
  – dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na organizmy żywe

ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia

- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, które dotyczą treści tego rozdziału, w szczególności: zjawisk fotoelektrycznego i natury światła, historii odkryć kluczowych dla rozwoju kwantowej teorii promieniowania (założenie Plancka), wykorzystania analizy promieniowania (widm) podczas poznawania budowy gwiazd i jako metody współczesnej kryminalistyki, skutków i zastosowań promieniowania jądrowego, występowania oraz wykorzystania izotopów

  – dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na materię i na organizmy żywe

ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia

- realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką tego rozdziału; planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń domowych oraz obserwacji, formułuje i weryfikuje hipotezy

  – dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji
  – dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na materię i na organizmy żywe

	wzorów i stałych; stosuje do obliczeń związek gęstości z masą i objętością; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi • dokonuje syntezy wiedzy z rozdziału *Atomy i promieniowanie*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności: historii odkryć kluczowych dla rozwoju mechaniki kwantowej, historii badań promieniotwórczości naturalnej, • prezentuje efekty własnej pracy, np.: doświadczeń domowych i obserwacji	promieniotwórczych (np. występowanie radonu, pozyskiwanie helu) • planuje przebieg wybranych doświadczeń domowych i obserwacji, formułuje i weryfikuje hipotezy; prezentuje przedstawiony projekt związany z tematyką tego rozdziału		

17. Reakcje jądrowe: na Ziemi i w kosmosie				
Uczeń: • odróżnia reakcje chemiczne od reakcji jądrowych • podaje przykłady wykorzystania reakcji rozszczepienia • podaje warunki, w jakich może zachodzić reakcja termojądrowa przemiany wodoru w hel • podaje reakcje termojądrowe przemiany wodoru w hel jako źródło energii Słońca oraz podaje warunki ich zachodzenia • podaje przybliżony wiek Słońca • wskazuje początkową masę gwiazdy jako czynnik warunkujący jej ewolucję • podaje przybliżony wiek Wszechświata • rozwiązuje proste zadania lub problemy: – dotyczące reakcji jądrowych – związane z czasem połowicznego rozpadu – związane z energią jądrową – dotyczące równoważności energii i masy – związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, przelicza jednostki, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik	**Uczeń:** • opisuje powstawanie promieniowania gamma • opisuje rozpady alfa (α) i beta (β); zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku • opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu, podaje przykłady zastosowania prawa połowicznego rozpadu • opisuje zależność liczby jąder lub masy izotopu promieniotwórczego od czasu, szkicuje wykres tej zależności • opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu, uzupełnia zapis takiej reakcji; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej; informuje, co to jest masa krytyczna • opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej • opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel – reakcję syntezy termojądrowej – zachodzącą w gwiazdach; zapisuje i omawia reakcję termojądrową na przykładzie syntezy jąder trytu i deuteru • wymienia ograniczenia i perspektywy wykorzystania energii termojądrowej • stwierdza, że ciało emitujące energię traci masę; interpretuje i stosuje do obliczeń wzór wyrażający równoważność energii i masy $E = m \cdot c^2$ • posługuje się pojęciami energii wiązania i deficytu masy; oblicza te wielkości dla dowolnego izotopu	**Uczeń:** • wykorzystuje do obliczeń wykres zależności liczby jąder izotopu promieniotwórczego od czasu • opisuje zasadę datowania substancji – skał, zabytków, szczątków organicznych – na podstawie zawartości izotopów promieniotwórczych; stosuje ją do obliczeń • omawia budowę reaktora jądrowego • wyjaśnia, dlaczego żelazo jest pierwiastkiem granicznym w możliwościach pozyskiwania energii jądrowej • posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; • oblicza energię wyzwoloną podczas reakcji jądrowych przez porównanie mas substratów i produktów reakcji • opisuje powstawanie pierwiastków we Wszechświecie oraz ewolucję i dalsze losy Wszechświata • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: – dotyczące reakcji jądrowych – związane z czasem połowicznego rozpadu – związane z energią jądrową – związane z reakcją i energią syntezy termojądrowej – dotyczące równoważności energii i masy – związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy	**Uczeń:** • rozwiązuje złożone zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Reakcje jądrowe: na Ziemi i w kosmosie*, w szczególności: – dotyczące reakcji jądrowych – związane z czasem połowicznego rozpadu – związane z energią jądrową i energią syntezy termojądrowej – dotyczące równoważności energii i masy – związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy; ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia; formułuje hipotezy • realizuje i prezentuje własny projekt związany z tematyką tego rozdziału; planuje i modyfikuje przebieg wskazanych obserwacji, formułuje i weryfikuje hipotezy	**Uczeń:** • rozwiązuje nietypowe zadania lub problemy dotyczące treści rozdziału *Reakcje jądrowe: na Ziemi i w kosmosie*, w szczególności: – dotyczące reakcji jądrowych – związane z czasem połowicznego rozpadu – związane z energią jądrową i energią syntezy termojądrowej – dotyczące równoważności energii i masy – związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy

zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących, ustala odpowiedzi, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania	• stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych • opisuje, jak Słońce będzie produkować energię, gdy wodór się skończy – reakcję przemiany helu w węgiel • opisuje elementy ewolucji Słońca (czerwony olbrzym, mgławica planetarna, biały karzeł) • opisuje elementy ewolucji gwiazd: najlżejszych, o masie podobnej do masy Słońca, oraz gwiazd masywniejszych od Słońca; omawia supernowe i czarne dziury • opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; opisuje jakościowo rozszerzanie się Wszechświata – ucieczkę galaktyk • wymienia najważniejsze metody badania kosmosu • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: – dotyczące reakcji jądrowych – związane z czasem połowicznego rozpadu – związane z energią jądrową i z reakcją oraz energią syntezy termojądrowej – dotyczące równoważności energii i masy – związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy – dotyczące życia Słońca – dotyczące Wszechświata; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe; posługuje się tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych; uzupełnia zapisy reakcji jądrowych; wykonuje obliczenia szacunkowe, posługuje się kalkulatorem, analizuje otrzymany wynik; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi • dokonuje syntezy wiedzy z rozdziału *Reakcje jądrowe: na Ziemi i w kosmosie*; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności: historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki jądrowej, energii jądrowej, reakcji jądrowych, równoważności masy-energii, ewolucji gwiazd • prezentuje efekty własnej pracy, np.: analizy wskazanego tekstu, wybranych obserwacji	– dotyczące życia Słońca – dotyczące Wszechświata; ilustruje i/lub uzasadnia zależności, odpowiedzi lub stwierdzenia • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących treści tego rozdziału, w szczególności: reakcji jądrowych, równoważności masy-energii, ewolucji gwiazd, historii badań dziejów Wszechświata • prezentuje efekty własnej pracy, np. analizy samodzielnie wyszukanego tekstu, wybranych obserwacji, realizacji przedstawionego projektu		