

Fizyka

Badacz musi [...] podpatrzeć u przyrody owe ogólne zasady, gdy w dużych kompleksach faktów wziętych z doświadczenia rozpoznaje pewne ogólne cechy, dające się ściśle formułować.
Albert Einstein

Fizyka jest nauką przyrodniczą, która w oparciu o system niewielu idei oraz praw o charakterze podstawowym zajmuje się opisem, wyjaśnianiem i przewidywaniem zjawisk zachodzących w otaczającej nas rzeczywistości. Jest to więc sztuka rozumienia zjawisk przyrodniczych opierająca się na niewielu ideach oraz zasadach fundamentalnych.

Fizyka daje nam narzędzia do analizy i interpretacji zjawisk przyrodniczych od cząstek elementarnych poprzez zjawiska otaczające nas na co dzień aż po galaktyki i cały dostępny naszemu poznaniu wszechświat. Fizyka jest podstawą dla wielu innych dziedzin nauki, takich jak astronomia, chemia, biologia czy geologia. Zrozumienie podstawowych koncepcji fizycznych jest niezbędne do głębszego poznania innych dziedzin nauki i wykorzystania ich w praktyce. Fizyka jest źródłem innowacji technologicznych, które kształtują naszą codzienną rzeczywistość. Odgrywa kluczową rolę w tworzeniu nowych technologii, które poprawiają jakość życia i wpływają na rozwój gospodarki.

Nauczanie fizyki w liceum ogólnokształcącym i technikum stanowi istotny element kształcenia ogólnego. Głównym celem nauczania fizyki na tym etapie edukacyjnym jest dostarczenie narzędzi ułatwiających całościowe postrzeganie różnorodności i złożoności zjawisk otaczającego świata z punktu widzenia nauk przyrodniczych. Dzięki fizyce uczniowie rozwijają umiejętność logicznego myślenia, analizy problemów i tworzenia modeli opisujących rzeczywistość. Zdobycie wiedzy z fizyki ułatwia rozumienie procesów i zjawisk, które towarzyszą człowiekowi na co dzień.

Treści zawarte w podstawie programowej mają na celu wykształcenie podstaw rozumowania naukowego. Rozumowanie to obejmuje rozpoznawanie zagadnień, wyjaśnianie zjawisk fizycznych, interpretowanie oraz wykorzystywanie wyników i dowodów naukowych do budowania fizycznego obrazu rzeczywistości.

Nauczanie fizyki rozwija ponadto umiejętności niezbędne w życiu codziennym, takie jak rozwiązywanie problemów, krytyczne myślenie, zdolność do formułowania hipotez i przeprowadzania eksperymentów. Te kompetencje są ważne nie tylko w kontekście nauki, ale także w życiu zawodowym i społecznym. Są ważne, ponieważ budują cywilizacyjną świadomość człowieka.

FIZYKA ZAKRES PODSTAWOWY

Cele kształcenia – wymagania ogólne

- I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
- II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.
- III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.
- IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

- I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:
 - 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, **wyraża je poprzez jednostki podstawowe**; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;
 - 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;
 - 3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik;
 - 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
 - 5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne;
 - 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi;
 - 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;
 - 8) rozpoznaje zależność rosnącą bądź malejącą na podstawie danych z tabeli lub na podstawie wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie wykresu;
 - 9) ~~dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; interpretuje nachylenie tej prostej i punkty przecięcia z osiami;~~
 - 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia **na podstawie ich opisów**; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;
 - 11) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń;

- 12) wyznacza średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzanego;
- 13) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności;
- 14) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik **zaokrąglony do zadanej liczby cyfr znaczących** ~~zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych~~;
- 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;
- 16) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii;
- 17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki.

II. Mechanika. Uczeń:

- 1) rozróżnia pojęcia: położenie, tor i droga;
- 2) posługuje się do opisu ruchów wielkościami wektorowymi: przemieszczenie, prędkość i przyspieszenie wraz z ich jednostkami;
- 3) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości oraz drogi od czasu;
- 4) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami okresu, częstotliwości, prędkości liniowej wraz z ich jednostkami;
- 5) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie;
- 6) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;
- 7) rozróżnia opory ruchu (opory ośrodka i tarcie); omawia rolę tarcia na wybranych przykładach;
- 8) **identyfikuje siłę wypadkową działającą na ciało w ruchu jednostajnym po okręgu jako siłę dośrodkową**;
- 9) rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne; ~~posługuje się pojęciem siły bezwładności~~;
- 10) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń;
- 11) doświadczalnie:
 - a) **demonstruje zachowanie ciał w układach poruszających się z przyspieszeniem**,
 - b) bada **jakościowo** związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu.

III. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:

- 1) posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał;

- 2) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej; ~~oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu~~; omawia ruch satelitów wokół Ziemi;
- 3) opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia oraz podaje warunki i przykłady jego występowania;
- 4) opisuje budowę Układu Słonecznego ~~i jego miejsce w Galaktyce~~; wskazuje Słońce jako jedną z wielu gwiazd w Galaktyce oraz Galaktykę jako jedną z wielu galaktyk we Wszechświecie; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej i roku świetlnego;
- 5) opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk).

IV. Drgania. Uczeń:

- 1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; ~~posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką~~;
- 2) analizuje ruch drgający pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy oraz okresu drgań; podaje przykłady takiego ruchu;
- 3) analizuje przemiany energii w ruchu drgającym;
- 4) ~~opisuje drgania wymuszone i drgania słabo tłumione~~; omawia zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;
- 5) doświadczalnie:
 - a) ~~demonstruje niezależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od amplitudy~~;
 - b) bada jakościową zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od jego masy;
 - c) demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego.

V. Termodynamika. Uczeń:

- 1) opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy;
- 2) odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy;
- 3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;
- 4) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej ~~w analizie bilansu cieplnego do obliczeń~~;
- ~~5) posługuje się pojęciem wartości energetycznej paliw i żywności~~;
- 6) wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi;
- ~~7) opisuje zjawisko dyfuzji jako skutek chaotycznego ruchu cząsteczek~~;
- 8) doświadczalnie:
 - a) wyznacza ciepło właściwe substancji metalu, ~~posługując się bilansem cieplnym~~;
 - b) demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych.

VI. Elektrostatyka. Uczeń:

- 1) posługuje się zasadą zachowania ładunku;
- 2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba;
- 3) posługuje się pojęciem pola elektrycznego; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; opisuje pole jednorodne;
- ~~4) opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach i znikanie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya);~~
- 5) opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne oraz jako urządzenie magazynujące energię;
- 6) doświadcza:
 - a) ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,
 - b) demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskoc iskry).

VII. Prąd elektryczny. Uczeń:

- 1) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego, **oporu elektrycznego** oraz mocy wraz z ich jednostkami;
- 2) rozróżnia metale i półprzewodniki; omawia zależność oporu od temperatury dla metali i półprzewodników;
- 3) stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma);
- 4) stosuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku;
- 5) opisuje sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego; wyjaśnia funkcję bezpieczników różnicowych i przewodu uziemiającego;
- 6) wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń;
- 7) opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniów połączonych szeregowo i jej związek z zasadą zachowania energii;
- 8) opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku oraz jako źródła światła;
- ~~9) opisuje tranzystor jako trójelektrodowy, półprzewodnikowy element wzmacniający sygnały elektryczne;~~
- 10) doświadcza:
 - a) demonstruje I prawo Kirchhoffa,
 - b) **sprawdza** dodawanie napięć w układzie ogniów połączonych szeregowo,
 - c) demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła.

VIII. Magnetyzm. Uczeń:

- 1) posługuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica);

- 2) opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki z prądem i poruszające się cząstki naładowane; ~~omawia rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym;~~
- 3) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jej związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy lub zmianą natężenia prądu w elektromagnesie; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy;
- 4) opisuje cechy prądu przemiennego;
- 5) opisuje zasadę działania transformatora oraz podaje przykłady jego zastosowania;
- 6) doświadczalnie:
 - a) ilustruje układ linii pola magnetycznego,
 - b) demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej na przykładzie względnego ruchu magnesu i zwojnicy lub na przykładzie zmiany natężenia prądu w elektromagnesie.

IX. Fale i optyka. Uczeń:

- 1) opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych;
- 2) opisuje jakościowo dyfrakcję fali na szczelinie;
- 3) stosuje zasadę superpozycji fal; opisuje zjawisko interferencji fal; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal w zjawisku interferencji; opisuje przestrzenny obraz interferencji;
- 4) analizuje opisuje jakościowo efekt Dopplera ~~dla fal w przypadku, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala;~~ podaje przykłady występowania tego zjawiska (dla fal mechanicznych i elektromagnetycznych);
- 5) opisuje zjawiska jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia;
- 6) rozróżnia fale poprzeczne i podłużne; opisuje światło jako falę elektromagnetyczną; opisuje polaryzację światła wynikającą z poprzecznego charakteru fali;
- 7) opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal o różnych częstotliwościach;
- 8) opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie;
- 9) doświadczalnie:
 - a) obserwuje wygaszanie światła po przejściu przez dwa polaryzatory, których osie polaryzacji są prostopadłe,
 - b) demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku.

X. Fizyka atomowa. Uczeń:

- ~~1) analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury;~~
- 2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię;

- 3) opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów;
- 4) interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją fotonu; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu;
- 5) opisuje zjawiska jonizacji i fotoelektryczne i ~~fotokchemiczne~~ jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej.

XI. Fizyka jądrowa. Uczeń:

- 1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron do opisu składu materii; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej;
- 2) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku;
- 3) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta;
- 4) ~~posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego~~; opisuje powstawanie promieniowania gamma;
- 5) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu;
- 6) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciami energii wiązania i deficytu masy; ~~oblicza te wielkości dla dowolnego izotopu~~; posługuje się pojęciem energii spoczynkowej;
- 7) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego ~~na materię oraz~~ na organizmy żywe;
- 8) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;
- 9) opisuje jakościowo reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
- 10) opisuje ogólną zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej;
- 11) wskazuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel jako źródło energii gwiazd;
- 12) ~~opisuje elementy ewolucji gwiazd; omawia supernowe i czarne dziury.~~

Warunki i sposób realizacji

Podstawę programową fizyki dla szkół ponadpodstawowych w zakresie podstawowym otwierają cele ogólne określające główne zadania kształcenia na tym etapie edukacyjnym.

Przy uwzględnieniu kumulatywności wiedzy i umiejętności zdobytych w szkole podstawowej oraz ze względu na spiralny charakter kształcenia do podstawy programowej dla szkoły ponadpodstawowej, wprowadzone zostały nowe treści powiększające zasób wiedzy i kompetencji przedmiotowych zdobytych w szkole podstawowej. Stanowią one niezbędne uzupełnienie wykształcenia ogólnego w zakresie fizyki.

Uczenie fizyki powinno odwoływać się do przykładów z życia codziennego. Należy kłaść nacisk przede wszystkim na umiejętność identyfikacji zjawisk, znajomość warunków ich występowania i przebiegu, a także na umiejętność wyodrębniania zjawisk podstawowych w zjawisku złożonym oraz wskazania praw i zasad nimi rządzących. Ważnym elementem jest kształtowanie umiejętności budowania prawidłowych związków przyczynowo-skutkowych. Podczas zajęć fizyki wskazane jest, aby analiza jakościowa była priorytetowa w stosunku do analizy ilościowej. Sprawne wykonywanie obliczeń i oszacowań ilościowych jest ważną umiejętnością, ale nie może być uważane za główny cel nauczania na tym zakresie.

Uczniowie kończący edukację w zakresie podstawowym powinni być przygotowani do funkcjonowania we współczesnym świecie oraz postrzegać rolę fizyki jako fundamentu techniki i różnych gałęzi wiedzy przyrodniczej. Należy rozbudzać w nich ciekawość świata i umiejętność poszukiwania wiedzy, jednocześnie rozwijając krytyczne podejście do informacji i opinii. W procesie tym kluczową rolę odgrywa nauczyciel i szkoła m.in. poprzez zróżnicowanie form pracy z uczniami (np. metoda projektu, nauczanie przez działanie, odwrócona lekcja).

W nauczaniu fizyki w dużym stopniu można wykorzystywać zasoby cyfrowe – encyklopedie, strony popularnonaukowe, strony instytucji naukowych, filmy edukacyjne i programy komputerowe. Należy je wykorzystywać w taki sposób, aby przyczyniło się to nie tylko do nauczania fizyki, ale także pozwoliło w przyszłości wykorzystywać te lub podobne źródła w kształceniu się przez całe życie. Zadbaj też o kształcenie umiejętności krytycznej oceny źródeł internetowych.

Szczególnie cennym zasobem edukacyjnym są filmy przedstawiające doświadczenia niemożliwe do przeprowadzenia w szkole, które mogą inspirować do stawiania hipotez lub rozważań o tym, co ma wpływ na wynik, a także – do samodzielnego eksperymentowania. Wiele zjawisk można przybliżyć za pomocą symulacji komputerowych pozwalających na samodzielne zmiany parametrów układu fizycznego i obserwację wpływu tej zmiany na symulowany układ.

W trakcie obserwacji i doświadczeń uczniowie mogą używać dostępnych na urządzeniach mobilnych aplikacji takich jak stoper, metronom, program do oglądania filmów w zwolnionym tempie, aplikacji do generowania i analizy dźwięku, do pomiaru przyspieszenia, pola magnetycznego, ciśnienia i natężenia oświetlenia, a także użyć smartfona jako lampy stroboskopowej.

Dobór pomocy dydaktycznych przez nauczyciela powinien być uwarunkowany ich ścisłą korelacją z wymaganiami podstawy programowej. Nauczyciel może realizować doświadczenia, które nie są wymienione wprost w wymaganiach doświadczalnych, o ile te doświadczenia są bezpośrednio związane z treściami podstawy programowej i ułatwiają ich zrozumienie. Nie rekomenduje się realizacji treści wykraczających ponad wymagania podstawy programowej, gdyby realizacja wymagań podstawy była z tego tytułu niemożliwa w założonym czasie.

ZAKRES ROZSZERZONY

Cele kształcenia – wymagania ogólne

- I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
- II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.
- III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.
- IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł.
- V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

- I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:
 - 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, wyraża je poprzez jednostki podstawowe; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;
 - 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;
 - 3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik;
 - 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
 - 5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, mnożenie przez liczbę, rozkładanie na składowe);
 - 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi;
 - 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;
 - 8) rozpoznaje zależność rosnącą bądź malejącą na podstawie danych z tabeli lub na podstawie wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie wykresu;
 - 9) dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; interpretuje nachylenie tej prostej i punkty przecięcia z osiami;

- 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia **na podstawie ich** opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji;
- 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;
- 12) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń;
- 13) ~~rozdziela błędy przypadkowe i systematyczne;~~
- 14) wyznacza średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzanego;
- 15) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych ~~i złożonych~~; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności; uwzględnia niepewności przy sporządzaniu wykresów;
- 16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik **zaokrąglony do zadanej liczby cyfr znaczących zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych**;
- 17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki;
- 18) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii;
- 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;
- 20) tworzy modele fizyczne lub matematyczne wybranych zjawisk i opisuje ich założenia; ilustruje prawa i zależności fizyczne z wykorzystaniem tych założeń.

II. Mechanika. Uczeń:

- 1) opisuje ruch względem różnych układów odniesienia;
- 2) rozróżnia pojęcia położenie, tor i droga;
- 3) opisuje ruchy postępowe, posługując się wielkościami wektorowymi: przemieszczeniem, prędkością i przyspieszeniem wraz z ich jednostkami;
- 4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmiennie, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu;
- 5) sporządza i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;
- 6) wyznacza położenie, wartość prędkości, wartość przyspieszenia i drogę w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w postaci tabel i wykresów;
- 7) opisuje ruchy złożone jako sumę ruchów prostych; analizuje rzut poziomy jako przykład ruchu dwuwymiarowego;
- 8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej oraz przemieszczenia kąowego, prędkości kąowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami;

- 9) stosuje do obliczeń związku między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym;
- 10) identyfikuje siłę wypadkową działającą na ciało w ruchu jednostajnym po okręgu jako siłę dośrodkową;
- 11) opisuje ruch niejednostajny po okręgu;
- 12) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie;
- 13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;
- 14) posługuje się pojęciem pędu i jego jednostką; interpretuje II zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu, czasem i siłą;
- 15) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał;
- 16) rozróżnia i analizuje zderzenia sprężyste i niesprężyste;
- 17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach;
- 18) rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne; omawia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych; posługuje się pojęciem siły bezwładności;
- 19) stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza);
- 20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje twierdzenie o pracy siły wypadkowej i zmianie energii kinetycznej oraz zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń;
- 21) posługuje się pojęciem sprawności urządzeń mechanicznych;
- 22) interpretuje pole pod wykresem zależności siły od drogi i pole pod wykresem zależności mocy od czasu jako wykonaną pracę;
- 23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej;
- 24) posługuje się pojęciem ciśnienia hydrostatycznego i stosuje je do obliczeń; analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych;
- 25) stosuje do obliczeń prawo Archimedesusa i objaśnia warunki pływania ciał;
- 26) doświadczalnie:
 - a) demonstruje zachowanie ciał w układach poruszających się z przyspieszeniem,
 - b) bada zderzenia ciał oraz wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał, korzystając z zasady zachowania pędu,
 - c) jakościowo bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu,
 - d) wyznacza wartość współczynnika tarcia na podstawie analizy ruchu ciała na równi.

III. Mechanika bryły sztywnej. Uczeń:

- 1) wyznacza położenie środka masy układu ciał;

- 2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi;
- 3) stosuje warunki statyki bryły sztywnej; posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką;
- 4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; posługuje się pojęciami przyspieszenia kąowego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami;
- 5) oblicza energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej dookoła nieruchomej osi przy zadanym momencie bezwładności względem tej osi; oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy;
- 6) posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego i bryły; stosuje do obliczeń związek między momentem pędu i prędkością kąową;
- 7) stosuje zasadę zachowania momentu pędu;
- 8) doświadczalnie:
 - a) demonstruje zasadę zachowania momentu pędu,
 - b) bada ruch ciał o różnych momentach bezwładności.

IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:

- 1) posługuje się prawem powszechnego ciężenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał;
- 2) stosuje do obliczeń związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem;
- 3) analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców;
- 4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi;
- 5) interpretuje III prawo Keplera jako konsekwencję prawa powszechnego ciężenia; stosuje do obliczeń III prawo Keplera dla orbit kołowych i eliptycznych;
- 6) interpretuje II prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu;
- 7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu pod wpływem siły grawitacji; posługuje się pojęciem drugiej prędkości kosmicznej (prędkości ucieczki);
- 8) opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia oraz podaje warunki i przykłady jego występowania;
- 9) opisuje budowę Układu Słonecznego ~~i jego miejsce w Galaktyce~~; wskazuje Słońce jako jedną z wielu gwiazd w Galaktyce oraz Galaktykę jako jedną z wielu galaktyk we Wszechświecie; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej, roku świetlnego i parseka;

- 10) opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk); stosuje do obliczeń prawo Hubble'a.

V. Drgania. Uczeń:

- 1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką;
- 2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego; podaje przykłady takich ruchów;
- 3) opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy, częstości kołowej i przesunięcia fazowego; rozróżnia drgania o fazach zgodnych lub przeciwnych;
- 4) analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym oraz interpretuje wykresy tych zależności;
- 5) stosuje do obliczeń zależność okresu małych drgań wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie od ich parametrów;
- 6) oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii;
- 7) ~~opisuje drgania wymuszone i drgania słabo tłumione~~; omawia zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;
- 8) doświadczalnie:
 - a) demonstruje niezależność okresu małych drgań wahadła od amplitudy,
 - b) bada zależność okresu drgań od długości wahadła,
 - c) bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny,
 - d) demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego,
 - e) wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

VI. Termodynamika. Uczeń:

- 1) opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy;
- 2) rozróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy;
- 3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;
- 4) opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej;
- 5) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego;
- 6) opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych;
- 7) ~~posługuje się pojęciem wartości energetycznej paliw i żywności~~;
- 8) wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi;

- 9) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów;
- 10) posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego;
- 11) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego;
- 12) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego;
- 13) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;
- 14) posługuje się pojęciem ciepła molowego gazu; interpretuje związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego;
- 15) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych;
- 16) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych;
- 17) interpretuje drugą zasadę termodynamiki, podaje przykłady zjawisk odwracalnych i nieodwracalnych;
- ~~18) opisuje zjawisko dyfuzji; posługuje się pojęciem fluktuacji; opisuje ruchy Browna;~~
- 19) doświadcza:
 - a) demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych,
 - b) bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym,
 - c) demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej.

VII. Elektrostatyka. Uczeń:

- 1) posługuje się zasadą zachowania ładunku;
- 2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba;
- 3) posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; interpretuje zagęszczenie linii pola jako miarę natężenia pola; rozróżnia pole centralne i pole jednorodne;
- 4) analizuje natężenie pola wytwarzanego przez układ ładunków punktowych i oblicza jego wartość;
- 5) opisuje pole na zewnątrz sferycznie symetrycznego układu ładunków;
- 6) opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya), duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika;
- 7) analizuje ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym;
- 8) analizuje zmianę energii potencjalnej podczas ruchu ładunku w polu elektrycznym; posługuje się pojęciem napięcia pomiędzy punktami w polu elektrycznym; posługuje się pojęciem potencjału pola i jego jednostką;

- 9) oblicza zmianę energii ładunku w polu centralnym i jednorodnym; stosuje związek pomiędzy napięciem i natężeniem pola w jednorodnym polu elektrycznym;
- 10) opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne, oraz jako urządzenie magazynujące energię; opisuje ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego;
- ~~11) posługuje się pojęciem pojemności kondensatora i jej jednostką; posługuje się zależnością pojemności kondensatora płaskiego od jego wymiarów; oblicza energię zmagazynowaną w kondensatorze;~~
- ~~12) opisuje polaryzację dielektryków w polu elektrycznym zewnętrznym; i ich wpływ na pojemność kondensatora; oblicza pojemność kondensatora, uwzględniając stałą dielektryczną;~~
- 13) doświadczalnie:
 - a) ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,
 - b) demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskoc iskry).

VIII. Prąd elektryczny. Uczeń:

- 1) opisuje przewodnictwo w metalach, elektrolitach i gazach; ~~wyjaśnia procesy jonizacji w gazach, wskazuje rolę promieniowania, wysokiej temperatury i dużego natężenia pola;~~
- 2) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego; oporu elektrycznego oraz mocy wraz z ich jednostkami;
- 3) analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką;
- 4) rozróżnia metale i półprzewodniki; omawia zależność oporu od temperatury dla metali i półprzewodników;
- 5) stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma);
- 6) analizuje charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma);
- 7) posługuje się pojęciami oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej jako cechami źródła napięcia;
- 8) stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule'a-Lenza) z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem;
- 9) wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń;
- 10) interpretuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku;
- 11) opisuje sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego; wyjaśnia funkcję bezpieczników różnicowych i przewodu uziemiającego;
- 12) analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii (II prawo Kirchhoffa);
- 13) posługuje się pojęciem oporu zastępczego; oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle;

- 14) opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie w prostownikach oraz jako źródła światła;
- 15) ~~opisuje tranzystor jako trójelektrodowy, półprzewodnikowy element wzmacniający sygnały elektryczne;~~
- 16) doświadcza:
 - a) demonstruje I prawo Kirchhoffa,
 - b) bada dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo,
 - c) demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła,
 - d) bada charakterystykę prądowo-napięciową **elementu, który nie spełnia prawa Ohma.**

IX. Magnetyzm. Uczeń:

- 1) posługuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica);
- 2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (**siła elektrodynamiczna, siła Lorentza**); ~~opisuje rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym;~~
- 3) analizuje tor cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym;
- 4) rysuje siły działające na pętlę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym; na podstawie tego rysunku omawia zasadę działania silnika elektrycznego;
- 5) stosuje do obliczeń związki wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika i długiej zwojnicy;
- 6) analizuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych; ~~posługuje się definicją ampera;~~
- 7) opisuje jakościowo podstawowe właściwości oraz zastosowania ferromagnetyków;
- 8) oblicza strumień pola magnetycznego przez powierzchnię, stosuje jednostkę strumienia;
- 9) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej; stosuje regułę Lenza; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy;
- 10) oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia;
- 11) ~~opisuje jakościowo zjawisko samoindukcji;~~
- 12) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego;
- 13) opisuje zasadę działania transformatora; przedstawia uproszczony model transformatora, w którym przekładnia napięciowa i przekładnia prądowa zależą tylko od liczb zwojów; opisuje zastosowania transformatorów;

- 14) opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych;
- 15) doświadczalnie:
 - a) ilustruje układ linii pola magnetycznego,
 - b) demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie.

X. Fale i optyka. Uczeń:

- 1) analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych;
- 2) posługuje się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką (W/m^2) oraz proporcjonalnością do kwadratu amplitudy;
- 3) opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła;
- 4) opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach;
- 5) opisuje światło laserowe jako skolimowaną wiązkę światła monochromatycznego o zgodnej fazie;
- 6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka; oblicza kąt graniczny;
- 7) opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia;
- 8) opisuje jakościowo związek pomiędzy dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny i długością fali;
- 9) ~~analizuje zdolność rozdzielczą przyrządów optycznych w kontekście zjawiska dyfrakcji;~~
- 10) stosuje zasadę superpozycji fal; wyjaśnia zjawisko interferencji fal; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal;
- 11) analizuje jakościowo zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy;
- 12) opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami;
- 13) analizuje efekt Dopplera dla fal w przypadku, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala; podaje przykłady występowania tego efektu dla fal dźwiękowych oraz dla fal elektromagnetycznych;
- 14) rozróżnia fale poprzeczne i podłużne; opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane; analizuje polaryzację światła po przejściu przez polaryzator, wynikającą z poprzecznego charakteru fali elektromagnetycznej;
- 15) ~~opisuje jakościowo zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu;~~

- 16) opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje do obliczeń związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali;
- 17) opisuje jakościowo zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania; stosuje do obliczeń pojęcie zdolności skupiającej wraz z jej jednostką;
- 18) rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki; stosuje do obliczeń równanie soczewki;
- 19) opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie; ~~miraże, czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla;~~
- 20) doświadczalnie:
 - a) obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory, których osie polaryzacji tworzą różne kąty,
 - b) obserwuje zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie,
 - c) obserwuje zjawisko interferencji fal,
 - d) demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku,
 - e) wyznacza wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego,
 - f) bada związek między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu.

XI. Fizyka atomowa. Uczeń:

- 1) ~~analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury;~~
- 2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; ~~posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię;~~
- 3) ~~opisuje powstawanie promieniowania rentgenowskiego jako promieniowania hamowania; oblicza krótkofalową granicę widma promieniowania rentgenowskiego;~~
- 4) rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu;
- 5) analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widma atomu wodoru; ~~oblicza różnice energii pomiędzy poziomami energetycznymi w atomie wodoru; posługuje się wzorem Rydberga;~~
- 6) posługuje się pojęciem pędu fotonu; stosuje zasadę zachowania energii i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji przez swobodne atomy; opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła;
- 7) opisuje zjawiska jonizacji i fotoelektryczne ~~i fotochemiczne~~, jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej;
- 8) ~~opisuje jakościowo obraz dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na kryształach;~~
- 9) opisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek; oblicza długość fali de Broglie'a poruszających się cząstek;
- 10) doświadczalnie: obserwuje widma atomowe za pomocą siatki dyfrakcyjnej.

XII. Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądra. Uczeń:

- 1) wskazuje niezależność prędkości światła w próżni od prędkości źródła i prędkości obserwatora; **opisuje względność równoczesności**;
- 2) posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; posługuje się pojęciem energii spoczynkowej;
- 3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej;
- 4) wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu energii i informacji;
- 5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej;
- 6) zapisuje reakcje jądrowe stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku;
- 7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciem energii wiązania;
- 8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania;
- 9) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta (β^+ , β^-);
- 10) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje powstawanie promieniowania gamma;
- 11) opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych;
- 12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; **oblicza liczbę jąder izotopu promieniotwórczego, które pozostają w próbce po dowolnym czasie**; opisuje zasadę datowania substancji na podstawie węgla ^{14}C ;
- 13) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego **na materię oraz** na organizmy żywe;
- 14) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;
- 15) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
- 16) opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej;
- 17) **wskazuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel jako źródło energii gwiazd; analizuje reakcję termojądrową na podstawie podanego schematu reakcji**;
- 18) **opisuje elementy ewolucji gwiazd; omawia supernowe i czarne dziury**;
- 19) opisuje kreację lub anihilację par cząstka-antycząstka; stosuje zasady zachowania energii i pędu oraz zasadę zachowania ładunku do analizy kreacji lub anihilacji pary elektron-pozyton.

Warunki i sposób realizacji

Podstawę programową fizyki dla szkół ponadpodstawowych w zakresie rozszerzonym otwierają wymagania ogólne określające główne zadania kształcenia na tym etapie edukacyjnym. Do podstawy programowej szkoły ponadpodstawowej zostały wprowadzone nowe wymagania szczegółowe przy założeniu kumulatywności wiedzy i umiejętności zdobytych w szkole podstawowej oraz spiralnego charakteru kształcenia. W ten sposób powiększony został zasób wiedzy i kompetencji przedmiotowych **zdobytch w szkole podstawowej**, a uczeń przybliży się do rozwiązywania problemów w szerszej perspektywie poznawczej. Treści nauczania zostały poszerzone oraz uzupełnione tak, aby stanowiły pełniejszy obraz fizyki i przyrody.

Uczenie fizyki powinno odwoływać się do przykładów z życia codziennego, czynnego badania zjawisk i procesów fizycznych. Należy kłaść nacisk przede wszystkim na umiejętność identyfikacji zjawisk, znajomość warunków ich występowania i przebiegu, **a także na umiejętność wyodrębniania zjawisk podstawowych w zjawisku złożonym oraz ścisłego zapisu praw i zasad nimi rządzących**. Ważnym elementem jest kształtowanie umiejętności twórczego rozwiązywania problemów poprzez budowanie prawidłowych związków przyczynowo-skutkowych.

Podczas zajęć fizyki w zakresie rozszerzonym analiza ilościowa procesów i zjawisk fizycznych powinna być traktowana na równi z analizą jakościową tak, by obie wzajemnie się uzupełniały.

Niezbędnym elementem procesu poznawczego jest wykonywanie zaproponowanych doświadczeń i pokazów. Pozwalają one lepiej zrozumieć zasady i prawa fizyki oraz kształtować umiejętność interpretacji i oceny realności otrzymywanych wyników.

Istotnym elementem kształcenia jest umiejętność wykorzystywania dostępnych źródeł informacji, w tym internetu. W procesie pozyskiwania i weryfikowania informacji przez ucznia kluczową rolę odgrywa nauczyciel i szkoła.

Uczniowie kończący edukację w zakresie rozszerzonym powinni być przygotowani do funkcjonowania we współczesnym świecie. Powinni postrzegać i doceniać rolę fizyki jako fundamentu techniki i różnych gałęzi wiedzy przyrodniczej. Należy podtrzymywać w nich ciekawość świata i kształtować umiejętność poszerzania wiedzy oraz krytycznego podejścia do informacji.

Dobór treści podstawy programowej w zakresie rozszerzonym ma dać solidną podstawę do kontynuowania nauki na wyższych studiach.

Podczas realizacji wymagań podstawy programowej z fizyki w zakresie rozszerzonym istotne jest zwrócenie uwagi na stopień opanowania następujących umiejętności:

- 1) **rozwiązywania typowych i nietypowych, różnorodnych zadań zarówno takich, w których końcowym wynikiem jest wartość liczbowa z jednostką pewnej wielkości**

fizycznej, takich, które kończą się uzyskaniem algebraicznej zależności między wielkościami, oraz zadań problemowych, w których należy podać wyjaśnienie jakiego zjawiska lub jego aspektu w oparciu o prawa/zasady fizyki;

- 2) argumentacji opartej na poprawnym wykorzystaniu praw/zasad i pojęć fizycznych;
- 3) dyskusji rozwiązania – rozpatrywania szczególnych przypadków, zwłaszcza takich, w których łatwo o porównanie uzyskanego wyniku z doświadczeniem;
- 4) rachunku jednostek;
- 5) planowania i wykonywania doświadczeń pokazowych i pomiarów, opisu poszczególnych etapów doświadczenia, doboru odpowiednich przyrządów, przewidywania wyniku, wskazywania czynników wpływających na przebieg doświadczenia;
- 6) posługiwania się pojęciem niepewności pomiarowej.

W nauczaniu fizyki w dużym stopniu można wykorzystywać zasoby cyfrowe – encyklopedie, strony popularnonaukowe, strony instytucji naukowych, filmy edukacyjne i programy komputerowe. Należy je wykorzystywać w taki sposób, aby przyczyniło się to nie tylko do nauczania fizyki, ale także pozwoliło w przyszłości wykorzystywać te lub podobne źródła w kształceniu się przez całe życie. Zadbaj też o kształcenie umiejętności krytycznej oceny źródeł internetowych.

Szczególnie cennym zasobem edukacyjnym są filmy przedstawiające doświadczenia niemożliwe do przeprowadzenia w szkole, które mogą inspirować do stawiania hipotez lub rozważań o tym, co ma wpływ na wynik, a także – do samodzielnego eksperymentowania. Wiele zjawisk można przybliżyć za pomocą symulacji komputerowych pozwalających na samodzielne zmiany parametrów układu fizycznego i obserwację wpływu tej zmiany na symulowany układ.

W trakcie obserwacji i doświadczeń uczniowie mogą używać dostępnych na urządzeniach mobilnych aplikacji takich jak stoper, metronom, program do oglądania filmów w zwolnionym tempie, aplikacji do generowania i analizy dźwięku, do pomiaru przyspieszenia, pola magnetycznego, ciśnienia i natężenia oświetlenia, a także użyć smartfona jako lampy stroboskopowej.

Dobór pomocy dydaktycznych przez nauczyciela powinien być uwarunkowany ich ścisłą korelacją z wymaganiami podstawy programowej. Nauczyciel może realizować doświadczenia, które nie są wymienione wprost w wymaganiach doświadczalnych, o ile te doświadczenia są bezpośrednio związane z treściami podstawy programowej i ułatwiają ich zrozumienie. Nie rekomenduje się realizacji treści wykraczających ponad wymagania podstawy programowej, gdyby realizacja wymagań podstawy była z tego tytułu niemożliwa w założonym czasie.