

Podstawa programowa kształcenia ogólnego

z komentarzem

Szkoła ponadpodstawowa:
liceum ogólnokształcące, technikum
oraz branżowa szkoła I stopnia

Fizyka



MINISTERSTWO
EDUKACJI
NARODOWEJ

Podstawa programowa kształcenia ogólnego

z komentarzem

**Szkoła ponadpodstawowa:
4-letnie liceum
5-letnie technikum**

Fizyka

Spis treści

Preambuła podstawy programowej kształcenia ogólnego, III etap edukacyjny: 4-letnie liceum ogólnokształcące oraz 5-letnie technikum	7
Podstawa programowa przedmiotu fizyka	13
Zakres podstawowy	13
Cele kształcenia – wymagania ogólne	13
Treści nauczania – wymagania szczegółowe	13
Warunki i sposób realizacji	19
Zakres rozszerzony	19
Cele kształcenia – wymagania ogólne	19
Treści nauczania – wymagania szczegółowe	20
Warunki i sposób realizacji	30
Komentarz do podstawy programowej liceum i technikum <i>Dariusz Bossowski, Tomasz Greczyło, Mariusz Mroczek, Lidia Sibińska, Marek Thomas</i>	32
Preambuła podstawy programowej kształcenia ogólnego, III etap edukacyjny: branżowa szkoła I stopnia	65
Podstawa programowa przedmiotu fizyka	71
Cele kształcenia – wymagania ogólne	71
Treści nauczania – wymagania szczegółowe	71
Warunki i sposób realizacji	75
Komentarz do podstawy programowej branżowa szkoła <i>Dariusz Bossowski, Tomasz Greczyło, Mariusz Mroczek, Lidia Sibińska, Marek Thomas</i>	76

Preambuła podstawy programowej kształcenia ogólnego

III etap edukacyjny: 4-letnie liceum ogólnokształcące oraz 5-letnie technikum

Kształcenie ogólne w szkole ponadpodstawowej tworzy programowo spójną całość i stanowi fundament wykształcenia, umożliwiającą zdobycie zróżnicowanych kwalifikacji zawodowych, a następnie ich doskonalenie lub modyfikowanie, otwierając proces uczenia się przez całe życie.

Celem kształcenia ogólnego w liceum ogólnokształcącym i technikum jest:

- 1) traktowanie uporządkowanej, systematycznej wiedzy jako podstawy kształtowania umiejętności;
- 2) doskonalenie umiejętności myślowo-językowych, takich jak: czytanie ze zrozumieniem, pisanie twórcze, formułowanie pytań i problemów, posługiwanie się kryteriami, uzasadnianie, wyjaśnianie, klasyfikowanie, wnioskowanie, definiowanie, posługiwanie się przykładami itp.;
- 3) rozwijanie osobistych zainteresowań ucznia i integrowanie wiedzy przedmiotowej z różnych dyscyplin;
- 4) zdobywanie umiejętności formułowania samodzielnych i przemyślanych sądów, uzasadniania własnych i cudzych sądów w procesie dialogu we wspólnocie dociekającej;
- 5) łączenie zdolności krytycznego i logicznego myślenia z umiejętnościami wyobrażeniowo-twórczymi;
- 6) rozwijanie wrażliwości społecznej, moralnej i estetycznej;
- 7) rozwijanie narzędzi myślowych umożliwiających uczniom obcowanie z kulturą i jej rozumienie;
- 8) rozwijanie u uczniów szacunku dla wiedzy, wyrabianie pasji poznawania świata i zachęcanie do praktycznego zastosowania zdobytych wiadomości.

Do najważniejszych umiejętności zdobywanych przez ucznia w trakcie kształcenia ogólnego w liceum ogólnokształcącym i technikum należą:

- 1) myślenie – rozumiane jako złożony proces umysłowy, polegający na tworzeniu nowych reprezentacji za pomocą transformacji dostępnych informacji, obejmującej interakcję wielu operacji umysłowych: wnioskowanie, abstrahowanie, rozumowanie, wyobrażanie sobie, sążenie, rozwiązywanie problemów, twórczość. Dzięki temu, że uczniowie szkoły ponadpodstawowej uczą się równocześnie różnych przedmiotów, możliwe jest rozwijanie następujących typów myślenia: analitycznego, syntetycznego, logicznego, komputacyjnego, przyczynowo-skutkowego, kreatywnego, abstrakcyjnego; zachowanie ciągłości kształcenia ogólnego rozwija zarówno myślenie percepcyjne, jak i myślenie pojęciowe. Synteza obu typów myślenia stanowi podstawę wszechstronnego rozwoju ucznia;
- 2) czytanie – umiejętność łącząca zarówno rozumienie sensów, jak i znaczeń symbolicznych wypowiedzi; kluczowa umiejętność lingwistyczna i psychologiczna prowadząca do

- rozwoju osobowego, aktywnego uczestnictwa we wspólnocie, przekazywania doświadczeń między pokoleniami;
- 3) umiejętność komunikowania się w języku ojczystym i w językach obcych, zarówno w mowie, jak i w piśmie, to podstawowa umiejętność społeczna, której podstawą jest znajomość norm językowych oraz tworzenie podstaw porozumienia się w różnych sytuacjach komunikacyjnych;
 - 4) kreatywne rozwiązywanie problemów z różnych dziedzin ze świadomym wykorzystaniem metod i narzędzi wywodzących się z informatyki, w tym programowanie;
 - 5) umiejętność sprawnego posługiwania się nowoczesnymi technologiami informacyjno-komunikacyjnymi, w tym dbałość o poszanowanie praw autorskich i bezpieczne poruszanie się w cyberprzestrzeni;
 - 6) umiejętność samodzielnego docierania do informacji, dokonywania ich selekcji, syntezy oraz wartościowania, rzetelnego korzystania ze źródeł;
 - 7) nabywanie nawyków systematycznego uczenia się, porządkowania zdobytej wiedzy i jej pogłębiania;
 - 8) umiejętność współpracy w grupie i podejmowania działań indywidualnych.

Jednym z najważniejszych zadań liceum ogólnokształcącego i technikum jest rozwijanie kompetencji językowej i kompetencji komunikacyjnej stanowiących kluczowe narzędzie poznawcze we wszystkich dyscyplinach wiedzy. Istotne w tym zakresie jest łączenie teorii i praktyki językowej. Bogacenie słownictwa, w tym poznawanie terminologii właściwej dla każdego z przedmiotów, służy rozwojowi intelektualnemu ucznia, a wspomaganie i dbałość o ten rozwój należy do obowiązków każdego nauczyciela.

Ważnym zadaniem szkoły jest przygotowanie uczniów do życia w społeczeństwie informacyjnym. Nauczyciele wszystkich przedmiotów powinni stwarzać uczniom warunki do nabywania umiejętności wyszukiwania, porządkowania i wykorzystywania informacji z różnych źródeł oraz dokumentowania swojej pracy, z uwzględnieniem prawidłowej kompozycji tekstu i zasad jego organizacji, z zastosowaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych.

Realizację powyższych celów powinna wspomagać dobrze wyposażona biblioteka szkolna, dysponująca aktualnymi zbiorami, zarówno w postaci księgozbioru, jak i w postaci zasobów multimedialnych. Nauczyciele wszystkich przedmiotów powinni odwoływać się do zasobów biblioteki szkolnej i współpracować z nauczycielami bibliotekarzami w celu wszechstronnego przygotowania uczniów do samokształcenia i świadomego wyszukiwania, selekcjonowania i wykorzystywania informacji.

Ponieważ środki społecznego przekazu odgrywają coraz większą rolę, zarówno w życiu społecznym, jak i indywidualnym, każdy nauczyciel powinien poświęcić dużo uwagi edukacji medialnej, czyli wychowaniu uczniów do właściwego odbioru i wykorzystania mediów.

Ważnym celem działalności szkoły jest skuteczne nauczanie języków obcych. Bardzo ważne jest dostosowanie zajęć do poziomu przygotowania ucznia, które uzyskał na wcześniejszych etapach edukacyjnych.

Ważnym zadaniem szkoły jest także edukacja zdrowotna, której celem jest rozwijanie u uczniów postawy dbałości o zdrowie własne i innych ludzi oraz umiejętności tworzenia środowiska sprzyjającego zdrowiu.

W procesie kształcenia ogólnego szkoła kształtuje u uczniów postawy sprzyjające ich dalszemu rozwojowi indywidualnemu i społecznemu, takie jak: uczciwość, wiarygodność, odpowiedzialność, wytrwałość, poczucie własnej wartości, szacunek dla innych ludzi, ciekawość poznawcza, kreatywność, przedsiębiorczość, kultura osobista, gotowość do uczestnictwa w kulturze, podejmowania inicjatyw oraz do pracy zespołowej. W rozwoju społecznym bardzo ważne jest kształtowanie postawy obywatelskiej, postawy poszanowania tradycji i kultury własnego narodu, a także postawy poszanowania dla innych kultur i tradycji.

Kształcenie i wychowanie w liceum ogólnokształcącym i technikum sprzyja rozwijaniu postaw obywatelskich, patriotycznych i społecznych uczniów. Zadaniem szkoły jest wzmocnienie poczucia tożsamości narodowej, etnicznej i regionalnej, przywiązania do historii i tradycji narodowych, przygotowanie i zachęcanie do podejmowania działań na rzecz środowiska szkolnego i lokalnego, w tym do angażowania się w wolontariat. Szkoła dba o wychowanie młodzieży w duchu akceptacji i szacunku dla drugiego człowieka, kształtuje postawę szacunku dla środowiska przyrodniczego, motywuje do działań na rzecz ochrony środowiska oraz rozwija zainteresowanie ekologią.

Duże znaczenie dla rozwoju młodego człowieka oraz jego sukcesów w dorosłym życiu ma nabywanie kompetencji społecznych, takich jak: komunikacja i współpraca w grupie, w tym w środowiskach wirtualnych, udział w projektach zespołowych lub indywidualnych oraz organizacja i zarządzanie projektami.

Strategia uczenia się przez całe życie wymaga umiejętności podejmowania ważnych decyzji, poczynając od wyboru szkoły ponadpodstawowej, kierunku studiów lub konkretnej specjalizacji zawodowej, poprzez decyzje o wyborze miejsca pracy, sposobie podnoszenia oraz poszerzania swoich kwalifikacji, aż do ewentualnych decyzji o zmianie zawodu. I te umiejętności kształtowane będą w szkole ponadpodstawowej.

Przedmioty w liceum ogólnokształcącym i technikum mogą być nauczane w zakresie podstawowym lub w zakresie rozszerzonym:

- 1) tylko w zakresie podstawowym – przedmioty: muzyka, plastyka, podstawy przedsiębiorczości, wychowanie fizyczne, edukacja dla bezpieczeństwa, wychowanie do życia w rodzinie, etyka;
- 2) w zakresie podstawowym i w zakresie rozszerzonym: język polski, język obcy nowożytny, matematyka, język mniejszości narodowej lub etnicznej oraz język regionalny – język

kaszubski, historia, wiedza o społeczeństwie, geografia, biologia, chemia, filozofia, fizyka, informatyka;

- 3) tylko w zakresie rozszerzonym – przedmioty: historia muzyki, historia sztuki, język łaciński i kultura antyczna.

Szkoła ma stwarzać uczniom warunki do nabywania wiedzy i umiejętności potrzebnych do rozwiązywania problemów z wykorzystaniem metod i technik wywodzących się z informatyki, w tym logicznego i algorytmicznego myślenia, programowania, posługiwania się aplikacjami komputerowymi, wyszukiwania i wykorzystywania informacji z różnych źródeł, posługiwania się komputerem i podstawowymi urządzeniami cyfrowymi oraz stosowania tych umiejętności na zajęciach z różnych przedmiotów, m.in. do pracy nad tekstem, wykonywania obliczeń, przetwarzania informacji i jej prezentacji w różnych postaciach.

Każda sala lekcyjna powinna mieć dostęp do internetu, uczniowie i nauczyciele powinni mieć zapewniony dostęp do pracowni stacjonarnej lub mobilnej oraz możliwość korzystania z własnego sprzętu. Wszystkie pracownie powinny być wyposażone w monitor interaktywny (z wbudowanym komputerem i oprogramowaniem) lub zestaw: komputer, projektor i tablica interaktywna lub ekran.

Szkoła ma również przygotowywać uczniów do dokonywania świadomych i odpowiedzialnych wyborów w trakcie korzystania z zasobów dostępnych w internecie, krytycznej analizy informacji, bezpiecznego poruszania się w przestrzeni cyfrowej, w tym nawiązywania i utrzymywania opartych na wzajemnym szacunku relacji z innymi użytkownikami sieci.

Szkoła oraz poszczególni nauczyciele podejmują działania mające na celu zindywidualizowane wspomaganie rozwoju każdego ucznia, stosownie do jego potrzeb i możliwości.

Uczniom z niepełnosprawnościami szkoła zapewnia optymalne warunki pracy. Wybór form indywidualizacji nauczania powinien wynikać z rozpoznania potencjału każdego ucznia. Zatem nauczyciel powinien tak dobierać zadania, aby z jednej strony nie przerastały one możliwości ucznia (uniemożliwiały osiągnięcie sukcesu), a z drugiej nie powodowały obniżenia motywacji do radzenia sobie z wyzwaniami.

Bardzo istotna jest edukacja zdrowotna, która prowadzona konsekwentnie i umiejętnie będzie przyczyniać się do poprawy kondycji zdrowotnej społeczeństwa oraz pomyślności ekonomicznej państwa.

Zastosowanie metody projektu, oprócz wspierania w nabywaniu opisanych wyżej kompetencji, pomaga również rozwijać u uczniów przedsiębiorczość i kreatywność oraz umożliwia stosowanie w procesie kształcenia innowacyjnych rozwiązań programowych, organizacyjnych lub metodycznych.

Opis wiadomości i umiejętności zdobytych przez ucznia w szkole ponadpodstawowej jest przedstawiany w języku efektów uczenia się, zgodnie z Polską Ramą Kwalifikacji¹.

Działalność edukacyjna szkoły określona jest przez:

- 1) szkolny zestaw programów nauczania;
- 2) program wychowawczo-profilaktyczny szkoły.

Szkolny zestaw programów nauczania oraz program wychowawczo-profilaktyczny szkoły tworzą spójną całość i muszą uwzględniać wszystkie wymagania opisane w podstawie programowej. Ich przygotowanie i realizacja są zadaniem zarówno całej szkoły, jak i każdego nauczyciela.

Obok zadań wychowawczych i profilaktycznych nauczyciele wykonują również działania opiekuńcze odpowiednio do istniejących potrzeb.

Działalność wychowawcza szkoły należy do podstawowych celów polityki oświatowej państwa. Wychowanie młodego pokolenia jest zadaniem rodziny i szkoły, która w swojej działalności musi uwzględniać wolę rodziców, ale także i państwa, do którego obowiązków należy stwarzanie właściwych warunków wychowania. Zadaniem szkoły jest ukierunkowanie procesu wychowawczego na wartości, które wyznaczają cele wychowania i kryteria jego oceny. Wychowanie ukierunkowane na wartości zakłada przede wszystkim podmiotowe traktowanie ucznia, a wartości skłaniają człowieka do podejmowania odpowiednich wyborów czy decyzji. W realizowanym procesie dydaktyczno-wychowawczym szkoła podejmuje działania związane z miejscami ważnymi dla pamięci narodowej, formami upamiętniania postaci i wydarzeń z przeszłości, najważniejszymi świętami narodowymi i symbolami państwowymi.

W czteroletnim liceum ogólnokształcącym i pięcioletnim technikum są realizowane następujące przedmioty:

- 1) język polski;
- 2) język obcy nowożytny;
- 3) filozofia;
- 4) język łaciński i kultura antyczna;
- 5) muzyka;
- 6) historia muzyki;
- 7) plastyka;

¹ Ustawa z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji (Dz. U. z 2017 r. poz. 986 i 1475).

- 8) historia sztuki;
- 9) historia;
- 10) wiedza o społeczeństwie;
- 11) geografia;
- 12) podstawy przedsiębiorczości;
- 13) biologia;
- 14) chemia;
- 15) fizyka;
- 16) matematyka;
- 17) informatyka;
- 18) wychowanie fizyczne;
- 19) edukacja dla bezpieczeństwa;
- 20) wychowanie do życia w rodzinie²⁾;
- 21) etyka;
- 22) język mniejszości narodowej lub etnicznej³⁾;
- 23) język regionalny – język kaszubski³⁾.

Fizyka

Fizyka jest nauką przyrodniczą ściśle związaną z codzienną aktywnością człowieka. 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. Zdobywanie ogólnej wiedzy, wykształcenie podstawowych umiejętności oraz ukształtowanie postaw charakterystycznych dla fizyki ułatwia rozumienie procesów i zjawisk, które towarzyszą człowiekowi na co dzień. Zgodnie z założeniem spiralnego nauczania ogólnego treści zawarte w podstawie programowej zostały poszerzone i uzupełnione w celu holistycznego kształtowania podstaw rozumowania naukowego. Rozumowanie to obejmuje rozpoznawanie zagadnień, wyjaśnianie zjawisk fizycznych, interpretowanie oraz wykorzystywanie wyników i dowodów naukowych do budowania fizycznego obrazu rzeczywistości.

² Sposób nauczania przedmiotu wychowanie do życia w rodzinie określają przepisy wydane na podstawie art. 4 ust. 3 ustawy z dnia 7 stycznia 1993 r. o planowaniu rodziny, ochronie płodu ludzkiego i warunkach dopuszczalności przerywania ciąży (Dz. U. poz. 78, z 1995 r. poz. 334, z 1996 r. poz. 646, z 1997 r. poz. 943 i poz. 1040, z 1999 r. poz. 32 oraz z 2001 r. poz. 1792).

³ Przedmiot język mniejszości narodowej lub etnicznej oraz przedmiot język regionalny – język kaszubski jest realizowany w szkołach (oddziałach) z nauczaniem języka mniejszości narodowych lub etnicznych oraz języka regionalnego – języka kaszubskiego, zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 13 ust. 3 ustawy z dnia 7 września 1991 r. o systemie oświaty (Dz. U. z 2017 r. poz. 2198, 2203 i 2361).

Podstawa programowa przedmiotu fizyka

III etap edukacyjny: 4-letnie liceum ogólnokształcące oraz 5-letnie technikum

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.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

- I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:
 - 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; 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 korzystając z 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 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 i 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) wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu;
- 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) demonstrowa działanie siły bezwładności, m.in. na przykładzie pojazdów gwałtownie hamujących,

- b) bada 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 ciężenia 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; 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; ilustruje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;
- 5) doświadcza:
 - a) demonstruje niezależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od amplitudy;
 - b) bada 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;
- 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 metalu, posługując się bilansem cieplnym,
 - b) demonstrowuje 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) doświadczalnie:
 - a) ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,
 - b) demonstrowuje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry).

VII. Prąd elektryczny. Uczeń:

- 1) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia 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 ogniwo 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) doświadczalnie:
 - a) demonstrowuje I prawo Kirchhoffa,
 - b) bada dodawanie napięć w układzie ogniwo połączonych szeregowo,
 - c) demonstrowuje 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) doświadcza:
 - a) ilustruje układ linii pola magnetycznego,
 - b) demonstrowa zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą 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; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal; opisuje zjawisko interferencji fal i przestrzenny obraz interferencji;
- 4) analizuje efekt Dopplera dla fal w przypadku, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala; podaje przykłady występowania tego zjawiska;
- 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) doświadcza:
 - a) obserwuje wygaszenie światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione prostopadle,
 - b) demonstrowa 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; wyjaśnia pojęcie fotonu oraz jego energii;
- 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 kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu;
- 5) opisuje zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne 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;
- 7) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe;
- 8) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;
- 9) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
- 10) opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej;
- 11) opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach;
- 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. Uwzględniając kumulatywność wiedzy i umiejętności zdobytych w szkole podstawowej oraz ze względu na spiralny charakter kształcenia do podstawy programowej, wprowadzone zostały nowe treści powiększające zasób wiedzy i kompetencji przedmiotowych. 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. 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).

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 lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.
- IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.
- 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, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; 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, 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 korzystając z 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) rozróżnia 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 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 zmiennne, 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 kąтового, prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami;
- 9) stosuje do obliczeń związku między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym;
- 10) wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu;
- 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 i popędem siły;
- 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 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 działanie siły bezwładności, m.in. na przykładzie pojazdów gwałtownie hamujących,
 - b) bada zderzenia ciał oraz wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał, korzystając z zasady zachowania pędu,
 - c) 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 kątownego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami;
- 5) 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 kątową;
- 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;
- 6) interpretuje II prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu;
- 7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu orbitalnego; 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; 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; ilustruje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;
- 8) doświadcza:

- a) demonstruje niezależność okresu 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) doświadczalnie:

- 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 pracę jako zmianę energii potencjalnej podczas przemieszczenia ładunku w polu elektrycznym; posługuje się pojęciem potencjału pola i jego jednostką;
- 9) oblicza zmianę energii ładunku w polu centralnym i jednorodnym;
- 10) 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 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, przeskok 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 oraz mocy wraz z ich jednostkami;
- 3) analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką;
- 4) opisuje wpływ temperatury na opór 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;
- 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) doświadczaalnie:
 - a) demonstruje I prawo Kirchhoffa,
 - b) bada dodawanie napięć w układzie ogniwo połączonych szeregowo,
 - c) demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła,
 - d) bada charakterystykę prądowo-napięciową żarówki.

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 Lorentza, siła elektrodynamiczna); 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 zjawiska;
- 14) rozróżnia fale poprzeczne i podłużne; opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane;
- 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: miraż, czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla;
- 20) doświadczalnie:
 - a) obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle,
 - 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; stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii;
- 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 widm atomowych 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, 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 jądrowa. 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; 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) opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach;
- 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, 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. 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.

Komentarz do podstawy programowej przedmiotu fizyka

III etap edukacyjny: 4-letnie liceum ogólnokształcące oraz 5-letnie technikum

Zakres podstawowy i rozszerzony

Dariusz Bossowski, dr Tomasz Greczyło, Mariusz Mroczek, dr Lidia Skibińska, dr Marek Thomas

Ogólne założenia podstawy programowej

Podstawa programowa kształcenia ogólnego dla czteroletniego liceum ogólnokształcącego i pięcioletniego technikum – z przedmiotu fizyka – może być realizowana przez uczniów wymienionych szkół w zakresie podstawowym lub rozszerzonym.

Każda z podstaw programowych: w zakresie podstawowym i rozszerzonym, stanowi odrębną oraz integralną całość. Obie zakładają spiralny charakter kształcenia – to oznacza, że do treści z ośmioletniej szkoły podstawowej powraca się na wyższym poziomie, przedstawia się je w szerszej perspektywie i poszerza się ich zakres.

W omawianych podstawach programowych z fizyki określone zostały cele kształcenia oraz treści nauczania. Cele kształcenia zapisane zostały w języku wymagań ogólnych, natomiast treści nauczania ujęto w języku wymagań szczegółowych. Wymagania ogólne opisują zbiór najważniejszych kompetencji związanych z przedmiotem fizyka, które są oczekiwane od ucznia po ukończeniu danego etapu kształcenia. Z kolei każde z wymagań szczegółowych opisuje konkretne umiejętności oczekiwane od uczniów w kontekście danego elementu wiedzy.

Treści nauczania oraz cele kształcenia na poziomie podstawowym skupiają się na umiejętnościach rozpoznawania zjawisk fizycznych, ich wyjaśniania (szczególnie od strony jakościowej), opisywania oraz interpretowania za pomocą podstawowych praw i pojęć fizycznych. Analiza ilościowa zjawisk w tym zakresie nie jest traktowana priorytetowo.

Podstawa programowa z przedmiotu fizyka w zakresie rozszerzonym zawiera te same – odnośnie tematyki – treści nauczania, co w zakresie podstawowym, oraz ponadto zawiera ich poszerzenie i uzupełnienie o: 1) spektrum umiejętności związanych z tematyką fizyczną wspólną dla obu zakresów; oraz o 2) nowe zagadnienia fizyczne i pojęcia o wyższym stopniu abstrakcji. Pierwsze oznaczają, że w zakresie rozszerzonym oczekuje się dodatkowych umiejętności lub umiejętności na wyższym poziomie. Często chodzi o umiejętności posługiwania się aparatem matematycznym i związanej z tym ilościowej analizy zjawisk.

Przykładowo, zamiast wymagania typu „uczeń opisuje jakościowo [...]” lub „uczeń posługuje się pojęciem [...]” jest wymaganie typu „uczeń stosuje do obliczeń [...]” lub „uczeń analizuje [...]”. Drugie oznacza, że treści nauczania w zakresie rozszerzonym zawierają dodatkowe działy tematyczne fizyki. Są to m.in.: mechanika bryły sztywnej, elementy szczególnej teorii względności. Oprócz tego, w zakresie rozszerzonym operuje się pojęciami fizycznymi o wyższym stopniu abstrakcji (np. zasada względności Galileusza, punkt środka masy, względność równoczesności zdarzeń w szczególnej teorii względności).

Cele kształcenia w zakresie rozszerzonym zostały poszerzone – w porównaniu do zakresu podstawowego – o jedno wymaganie ogólne związane z budowaniem modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. Cel ten istotnie odróżnia zakres podstawowy od zakresu rozszerzonego, o czym wspomnimy w sekcji komentarza 2. *O celach kształcenia.*

Podstawa programowa – w obu zakresach – kładzie nacisk na konieczność wykonywania obserwacji i doświadczeń fizycznych. Czynne badanie i analizowanie zjawisk jest niezastąpionym środkiem dydaktycznym ułatwiającym oraz pogłębiającym proces poznawczy. Nowym rozwiązaniem w tej podstawie programowej jest umieszczenie wymagań doświadczalnych na końcu wykazu treści nauczania prawie każdego bloku tematycznego. Jest to rozwinięcie pomysłu wyodrębniania wymagań doświadczalnych, wprowadzonego w poprzedniej podstawie.

Głównym czynnikiem kształtowania umiejętności jest uporządkowana i systematyczna wiedza, a ponadto zazwyczaj przedmiotem umiejętności jest właśnie konstruktywne operowanie wiedzą. W naukach ścisłych (i nie tylko) opanowanie nowych pojęć i kształtowanie kolejnych umiejętności jest możliwe dopiero po opanowaniu i ukształtowaniu wcześniej wprowadzonych pojęć oraz umiejętności. Sprzyja temu klasyczny układ treści nauczania w postaci ponadczasowych zagadnień tematycznych fizyki: od mechaniki klasycznej i grawitacji poprzez termodynamikę, elektryczność i magnetyzm, fale i optykę, aż do fizyki kwantowej i jądrowej.

Założenia na płaszczyźnie celów kształcenia – wymagań ogólnych oraz treści nauczania – wymagań szczegółowych

W omawianej podstawie programowej pierwsze cztery cele kształcenia (I–IV) są identyczne dla obu zakresów. Wymagania ogólne – wyrażające te cele – opisują kompetencje nabywane stopniowo podczas nauki o zjawiskach fizycznych, a nawet więcej – w procesie poznawania fizyki i metody naukowej w ogóle.

Fizyka jest nauką przyrodniczą zajmującą się opisem, wyjaśnianiem oraz przewidywaniem procesów i zjawisk fizycznych wyodrębnionych w otaczającej nas rzeczywistości – w najszerszym tego słowa znaczeniu, tzn. z uwzględnieniem mikroskali oraz skali kosmologicznej. Zwracamy uczniom uwagę na fakt, że możliwość wyodrębnienia zjawiska

wynika z jego powtarzalności – zjawisko zachodzi zawsze tak samo (albo bardzo podobnie), gdy tylko wystąpią te same (albo bardzo podobne) warunki. Te zjawiska i procesy opisuje się pojęciami fizycznymi reprezentującymi wielkości, które można obserwować (bezpośrednio lub pośrednio) w danym zjawisku fizycznym (np. położenie, czas, prędkość, siła, moment bezwładności, natężenie prądu, temperatura, ciepło wymienione) albo pojęciami reprezentującymi pewne aspekty zjawiska (np. określenie „stan równowagi cieplnej”, „układ inercjalny”, „stan nieważkości”, „układ izolowany”, „przemiana izobaryczna”, „gaz doskonały”). Tych podstaw metody naukowej fizyki dotyczy pierwszy cel kształcenia:

I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.

Realizację I celu kształcenia można osiągnąć, odwołując się do przykładów zjawisk obserwowanych w życiu codziennym. Należy przy tym podkreślać, że fizyka używa ściśle określonych pojęć. Język naukowy fizyki należy bezwzględnie oddzielać i odróżniać od czasem identycznych słów i wyrażen używanych w języku potocznym, jednak mających inne znaczenie. Należy podkreślić, że odpowiednio używany język naukowy – tzn. ściśle określone pojęcia, oznaczenia wielkości, formuły, schematy, wykresy, założenia – służy temu, żeby opis zjawiska, zagadnienia, problemu, czy zadania był: prosty, jasny, krótki, komunikatywny, uniwersalny i jednoznaczny.

Kolejnym krokiem dla ucznia w procesie poznawczym – po zapoznaniu się z pojęciami opisującymi wskazane zjawisko – będzie określenie podstawowych praw i zależności pomiędzy wielkościami fizycznymi opisującymi zjawisko/układ fizyczny. Uczeń poznaje metody – jakościowe oraz ilościowe – przewidywania i wyjaśniania zjawisk za pomocą praw o charakterze podstawowym lub wynikających z nich zasad. Tego obszaru poznawczego dotyczy drugi cel kształcenia:

II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

Następny cel kształcenia powinien być traktowany priorytetowo w zakresie podstawowym oraz rozszerzonym. Przeprowadzanie obserwacji i doświadczeń fizycznych oraz analiza ich wyników pozwala uczniom głębiej zrozumieć istotę zjawisk, wnioskować o zależnościach pomiędzy wielkościami, stawiać hipotezy – a także je weryfikować. Słynne newtonowskie stwierdzenie *Hypotheses non fingo* („Hipotez nie finguję”) interpretuje się właśnie jako opisująca metodę naukową, w myśl której doświadczenie może wspierać hipotezę lub prowadzić do jej odrzucenia. W tym duchu wyrażony jest III cel kształcenia:

III Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.

Czwarty cel kształcenia dotyczy umiejętności posługiwania się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych. Obszar ten opisują

również wymagania przekrojowe, które omówimy w dalszej części komentarza.

Realizacja czterech powyższych celów kształcenia (łącznie z treściami nauczania w zakresie podstawowym) w zupełności pozwala na to, aby absolwent szkoły ponadpodstawowej nabył rzetelną wiedzę o zjawiskach zachodzących w przyrodzie, wykształcił podstawowe i dosyć solidne umiejętności w zakresie posługiwania się aparatem pojęciowym fizyki oraz poznał podstawy metody naukowej. Szczególnie to ostatnie jest ważnym elementem kultury intelektualnej człowieka z wykształceniem ogólnym. Ponadto tak wykształcony absolwent będzie postrzegał fizykę – równorzędnie obok matematyki – jako fundament wszystkich innych nauk przyrodniczych, a w szczególności nauk technicznych oraz informatycznych.

Ostatni cel kształcenia w zakresie rozszerzonym, jak już zostało wspomniane wcześniej, istotnie odróżnia zakres podstawowy od rozszerzonego. Wprowadza on kompetencje poznawcze na dużo wyższym poziomie abstrakcji oraz wymaga do opisu zjawisk posługiwania się aparatem matematycznym. Wyższe umiejętności poznawcze opisane w V celu kształcenia polegają także na tym, że uczeń samodzielnie musi tworzyć model fizyczny i matematyczny do opisu zjawisk:

V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.

Budowanie modelu fizycznego zjawiska złożonego wiąże się z: 1) wyodrębnieniem zjawisk podstawowych w zjawisku złożonym, oraz 2) wyodrębnieniem czynników istotnych i nieistotnych w przebiegu zjawiska. Abstrahowanie od czynników mniej istotnych w przebiegu zjawiska prowadzi do utworzenia wyidealizowanego modelu fizycznego tego zjawiska. Zbudowany model fizyczny w ramach tak dokonanych założeń uczeń ma umieć dalej opisać matematycznie. Ponadto uczeń musi mieć świadomość tego, że wyniki obliczeń wartości pewnych wielkości są zawsze mniej lub bardziej zbliżone do rzeczywistych wartości tych wielkości – ponieważ obliczenia dotyczą zjawiska wyidealizowanego. V cel kształcenia nawiązuje do metod fizyki teoretycznej.

Treści nauczania zostały podzielone na bloki tematyczne od I do XI dla zakresu podstawowego oraz od I do XII dla zakresu rozszerzonego. Każdy blok zawiera punkty z wymaganiami szczegółowymi. Wymagania szczegółowe opisują oczekiwane umiejętności uczniów w kontekście danego elementu wiedzy. Można je podzielić na dwie grupy: umiejętności przekrojowe oraz umiejętności związane z wiedzą odnoszącą się do konkretnego działu fizyki.

Treści nauczania rozpoczyna blok wymagań szczegółowych nazwanych *Wymagania przekrojowe*. Opisują one te uniwersalne umiejętności i elementy wiedzy, które mają zastosowanie we wszystkich wymienionych dalej działach fizyki, i które stanowią podstawę do realizacji opisanych tam wymagań szczegółowych. Są to m.in.: umiejętności związane ze stosowaniem aparatu matematycznego, umiejętności planowania i przeprowadzania doświadczeń oraz umiejętności zapisu i analizy danych doświadczalnych – w tym analizy

niepewności pomiarowych, wyodrębniania czynników istotnych i nieistotnych w przebiegu zjawisk oraz tworzenia modeli zjawisk, analizy tekstów popularnonaukowych z fizyki lub astronomii.

Kolejne bloki treści nauczania tworzą klasyczny układ w postaci działów tematycznych fizyki. Zawarte w nich wymagania szczegółowe określają umiejętności związane z treściami danego działu fizyki. Układ wymagań szczegółowych w blokach od II obejmuje kolejno mechanikę klasyczną (oraz mechanikę bryły sztywnej w zakresie rozszerzonym), drgania, grawitację z elementami astronomii, termodynamikę, elektryczność, magnetyzm, fale i optykę, fizykę atomową oraz fizykę jądrową (z elementami szczególnej teorii względności w zakresie rozszerzonym).

Na końcu każdego bloku tematycznego (za wyjątkiem trzech: *Grawitacja i elementy astronomii*, *Fizyka atomowa*, *Fizyka jądrowa*) wyróżniono i opisano wymagania szczegółowe doświadczalne. Dotyczą one reprezentatywnych dla danej tematyki zjawisk fizycznych, które należy pokazać w doświadczeniu przeprowadzonym na zajęciach w szkole. Wymagania doświadczalne opisują więc obowiązkowy zestaw eksperymentów do przeprowadzenia w szkole.

Wymagania przekrojowe

Podstawa wyraźnie eksponuje wymagania przekrojowe. Zostały one umieszczone na samym początku wymagań szczegółowych. Wymagania te – w odniesieniu do analogicznych wymagań zawartych w poprzednich podstawach – są znacznie rozbudowane, tudzież doprecyzowane lub uzupełnione.

Obliczenia i zapis wyników

Wymagania przekrojowe I.1.–I.4. w zakresie podstawowym są takie same jak w zakresie rozszerzonym. Opisują one elementarne umiejętności związane z używaniem jednostek, posługiwaniem się materiałami pomocniczymi, obliczeniami szacunkowymi oraz obliczeniami za pomocą kalkulatora. Powszechnie używane już od wielu lat kalkulatory naukowe z powodzeniem zastępują tablice wartości funkcji trygonometrycznych oraz logarytmicznych, pozwalają szybko wykonywać złożone obliczenia, obliczać pierwiastki wyższych stopni (np. przy zastosowaniu III Prawa Keplera – punkt IV.5. zakresu rozszerzonego) lub potęgi o wykładniku rzeczywistym (np. przy zastosowaniu prawa przemian/rozpadów promieniotwórczych do datowania substancji – punkt XII.12.). To pozwala rozwiązywać i analizować realne zagadnienia fizyczne, a nie tylko takie, które mają dane dobrane w sposób sztuczny (jak np. $\sin 30^\circ$; $0,5^{\frac{24}{6}}$; $\sqrt[3]{64}$, itp.).

W podstawie programowej w zakresie podstawowym (pkt. I.14.) oraz rozszerzonym (pkt I.16.) wymieniono umiejętność zaokrąglania wyników obliczeń do takiej liczby cyfr znaczących, jaka wynika z niepewności pomiarowej lub z danych. Warto uczniom zwrócić przy tej okazji uwagę na pojęcie liczby cyfr znaczących, które mylone jest często z liczbą cyfr po przecinku.

Przykładowo: liczba 2 743 640 zaokrąglona do dwóch cyfr znaczących to 2 700 000, a do czterech cyfr znaczących to 2 744 000. W odróżnieniu od tego, liczba cyfr po przecinku zależy od sposobu zapisu potęgowego zaokrąglonej liczby, np.:

$$2\,744\,000 = 274,4 \cdot 10^4 = 27,44 \cdot 10^5 = 2,744 \cdot 10^6 = 0,2744 \cdot 10^7$$

Przy okazji podkreślamy, żeby do obliczeń i do zapisu wartości liczbowej wyniku (dla dużych lub małych liczb) używać zapisu potęgowego w postaci, np.:

$$2\,744\,000 = 2,744 \cdot 10^6 \quad 0,000\,000\,000\,000\,038\,51 = 3,851 \cdot 10^{-14}$$

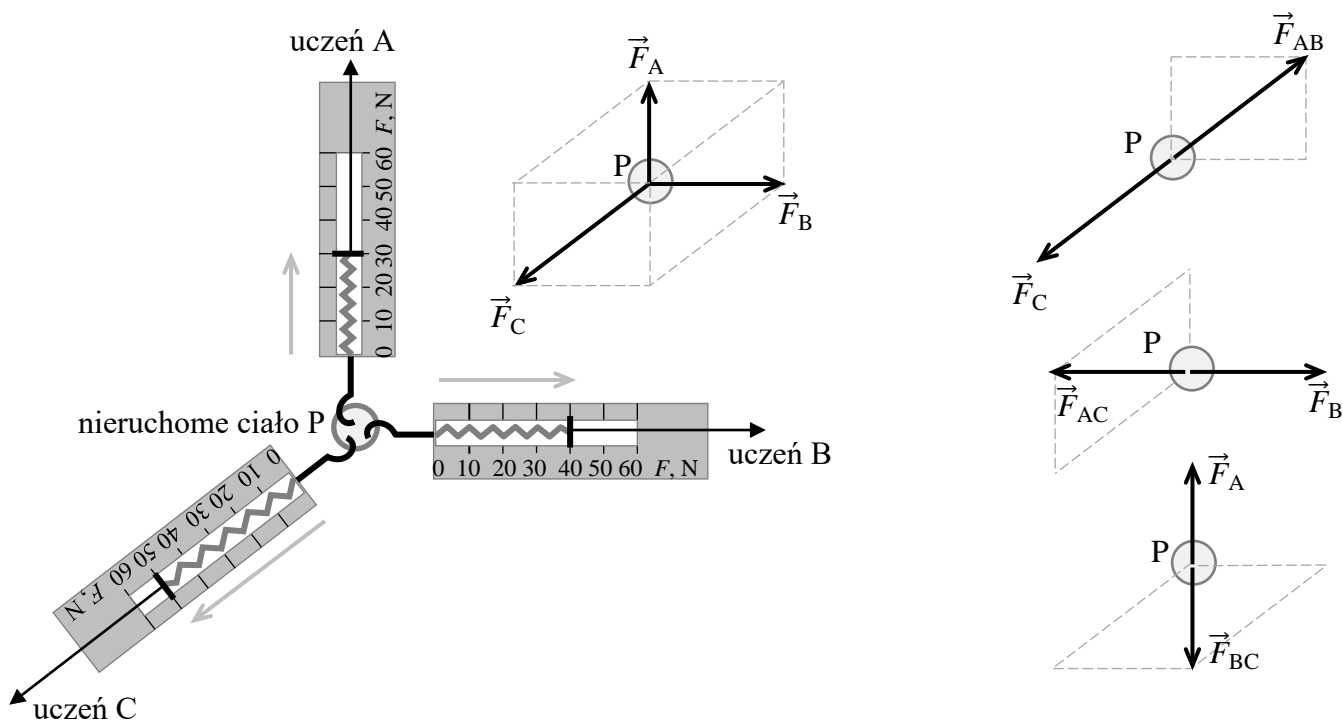
Wektory

W zakresie podstawowym określone jest wymaganie rozróżniania wielkości fizycznych o charakterze wektorowym i skalarnym (punkt I.5.). Niezależnie od tego, z zapisu w pkt II.5. (zakres podstawowy) o wyznaczaniu graficznym siły wypadkowej, wynika, że uczeń musi wykazać się umiejętnością dodawania wektorów. Wprowadzenie pojęcia wielkości wektorowej w zakresie podstawowym (oraz rozszerzonym) wiąże się z wprowadzeniem pojęcia wektora na lekcjach fizyki – niezależnie od programu realizowanego na lekcjach matematyki.

Należy tworzyć sytuacje dydaktyczne uświadamiające uczniom, że siłę działającą na ciało lub prędkość ciała (albo np. natężenie pola elektrycznego) można opisać obiektem, któremu przypisuje się punkt zaczepienia, kierunek, zwrot i wartość. Na lekcjach matematyki w szkole naucza się zazwyczaj o wektorach jako translacjach na płaszczyźnie euklidesowej lub równoważnie – uporządkowanych parach punktów. Jednak wektor prędkości lub wektor siły (albo natężenie pola elektrycznego, wektor indukcji magnetycznej, itp.) nie są wyznaczone przez pary punktów przestrzeni – wektor siły (lub prędkości) ma punkt zaczepienia, natomiast końca tego wektora nie wiąże się z punktem przestrzeni. W związku z powyższym, określenie wektora jako obiektu posiadającego punkt zaczepienia, kierunek, zwrot i wartość to zbyt mało. Pojęcie wektora wprowadzamy razem z określeniem własności dodawania wektorów (reguła równoległoboku) oraz mnożenia ich przez liczby (skalowanie). Na tym etapie kształcenia formalne własności, jakim podlega dodawanie wektorów i mnożenie ich przez liczbę, pokazujemy geometrycznie.

Powyższe cele dydaktyczne można osiągnąć, wykonując proste doświadczenia, np. z siłomierzami zaczepionymi do jednego ciała spoczywającego na gładkiej powierzchni. Uczniowie A, B, C starają się ciągnąć ciało w różne strony płaszczyzny powierzchni, ale tak, aby ich oddziaływania równoważyły się i ciało pozostawało nieruchome (zobacz rys. poniżej). Następnie odczytują wskazania siłomierzy, określają kierunki ustawienia siłomierzy i analizują model geometryczny – zauważają m.in. „regułę równoległoboku” stosowaną przy dodawaniu sił: $\vec{F}_A + \vec{F}_B = \vec{F}_{AB}$ (oraz dla pozostałych par: $\vec{F}_B + \vec{F}_C = \vec{F}_{BC}$, $\vec{F}_A + \vec{F}_C = \vec{F}_{AC}$ – zobacz rys.). Przy okazji uczniowie poznają pojęcie siły wypadkowej oraz siły przeciwnie skierowanej, np. $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_C$. Ponadto stwierdzają, że k -krotne zwiększenie sił \vec{F}_A i \vec{F}_B pociąga za sobą także

k -krotne zwiększenie siły wypadkowej: $k\vec{F}_A + k\vec{F}_B = k(\vec{F}_A + \vec{F}_B)$. Ważne jest przy tym, aby uczniowie zrozumieli, że długość wektora siły narysowanego na diagramie – wyrażająca wartość siły w niutonach – jest umowna.



W tym samym punkcie I.5. wymagań przekrojowych dla zakresu rozszerzonego wymienia się *explicite* umiejętności wykonywania działań na wektorach: dodawania wektorów, odejmowania wektorów, rozkładania wektora na składowe. Warto tutaj dopowiedzieć, że geometryczne porównywanie lub odejmowanie wektorów zaczepionych w różnych punktach przestrzeni (np. wektorów prędkości ciała z dwóch różnych chwil czasu) wymaga przeniesienia równoległego wektora do punktu, w którym operacja ma być wykonana. Umiejętności posługiwania się wektorami mają szerokie zastosowanie, np. do: wyznaczania siły wypadkowej \vec{F} działającej na ciało, wyrażania wektora prędkości ciała w różnych układach odniesienia, wyznaczania składowych siły wzdłuż zadanych kierunków, wyznaczania zmiany $\Delta\vec{v}$ wektora prędkości lub zmiany $\Delta\vec{p}$ wektora pędu ciała w ruchu, wyznaczania z II zasady dynamiki kierunku i zwrotu wektora siły \vec{F} ze zmiany $\Delta\vec{p}$ wektora pędu (lub prędkości) oraz odwrotnie – kierunku i zwrotu zmiany $\Delta\vec{p}$ wektora pędu (lub prędkości) z wektora siły \vec{F} (punkt II.14.). Ponadto umiejętność działania na wektorach pozwala na wyznaczanie – z zasady superpozycji – pola (elektrycznego lub magnetycznego lub grawitacyjnego) w zadanym punkcie przestrzeni, a pochodzącego od różnych źródeł (kilku ładunków, przewodników z prądem, magnesów, ciał niebieskich, itp.). Dodawanie wektorów pozwala zrozumieć składanie drgań, a tym samym umożliwia wejście w istotę takich zjawisk jak interferencja (punkt X.10.), fala stojąca.

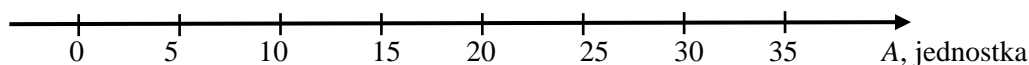
Omówione umiejętności są nie tylko narzędziem do rozwiązywania zagadnień i opisywania pojęć fizycznych, one są wręcz narzędziem do głębszego rozumienia zjawisk, praw i samych pojęć. Przykładem tego jest geometryczne ujęcie II zasady dynamiki Newtona, które pokazuje jej pełną treść i ułatwia zrozumienie ruchów krzywoliniowych (np. tego, że wektor siły wypadkowej działającej na ciało w ruchu jednostajnym po okręgu jest skierowany do środka okręgu).

Przedstawianie informacji o zjawiskach

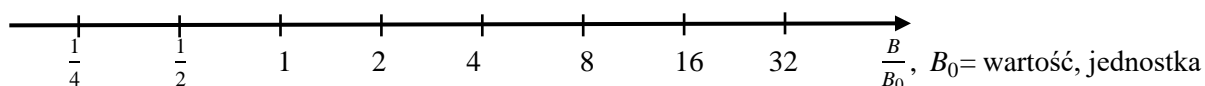
Kolejne wymagania przekrojowe I.6.–I.7. opisują umiejętności związane z odczytywaniem oraz przedstawianiem informacji dotyczących zjawisk za pomocą tekstów, tabel, diagramów, wykresów, ale i także – co jest nowością w stosunku do poprzednich podstaw programowych – za pomocą rysunków schematycznych lub rysunków blokowych. W związku z powyższym rekomenduje się, aby na zajęciach szkolnych uczniowie mieli styczność z zadaniami przedstawianymi w takiej właśnie różnorodnej formie.

Podstawa programowa w punkcie I.6. dla obu zakresów zwracają uwagę na właściwe skalowanie, oznaczanie i dobieranie zakresów osi. Przyjęto się, że domyślną skalą na każdej osi jest skala liniowa – oznacza to, że ustalonomu przyrostowi ΔA wielkości fizycznej A odpowiada na osi liczbowej odcinek o ustalonej długości. Jednak są zagadnienia, gdzie wygodniej jest na przykład zastosować skalę logarytmiczną – ze względu na np. bardzo szeroki zakres wartości danej wielkości fizycznej lub ze względu na nierównomierny rozkład danych. W skali logarytmicznej wielkość fizyczna B (a precyzyjniej – stosunek B do pewnej ustalonej B_0) przekształcona jest za pomocą logarytmu o zadanej podstawie. Poniżej przedstawione są przykłady osi wraz z oznaczeniem i jednostką w skali liniowej (dla wielkości, A) i logarytmicznej o podstawie 2 (dla wielkości, B).

Oś wyskalowana liniowo, oznaczona i z dobranym zakresem.



Oś wyskalowana logarytmicznie, oznaczona i z dobranym zakresem.



W obu powyższych przykładach zakresy wartości wielkości fizycznej specjalnie dobrano podobne. Wartości na osi muszą być oznaczone – co ustalony przyrost – w całym analizowanym zakresie licząc od wartości początkowej.

Wymagania przekrojowe I.8.–I.9. są wspólne dla zakresu rozszerzonego i podstawowego. Opisują one umiejętności określania monotoniczności zależności między danymi przedstawionymi w formie tabeli lub wykresu oraz rozpoznawania proporcjonalności prostej na podstawie wykresu. Ponadto wymieniona jest ważna umiejętność dopasowywania prostej do danych przedstawionych w postaci wykresu (tzn. w postaci punktów pomiarowych naniesionych w układzie współrzędnych) oraz analizy takiego wykresu. Uczeń powinien umieć wyznaczać oraz interpretować współczynnik kierunkowy a dopasowanej prostej $y = ax + b$, punkt przecięcia prostej z osią odciętych oraz punkt przecięcia z osią rzędnych.

Analiza wyników pomiarów

Kolejne zapisy I.10.–I.14. (zakres podstawowy) i I.10.–I.16. (zakres rozszerzony) wyszczególniają umiejętności planowania oraz przeprowadzania obserwacji, pomiarów i doświadczeń, a także umiejętności analizowania zbioru danych otrzymanych w wyniku pomiarów z uwzględnieniem niepewności wyników pomiarów. W zakresie podstawowym obowiązuje jedynie posługiwanie się pojęciem niepewności pomiaru wielkości, wyznaczanie końcowego wyniku wielokrotnego pomiaru jako średniej arytmetycznej serii danych, oraz zapisywanie wyniku pomiaru z uwzględnieniem zadanej informacji o niepewności (bez obliczania niepewności). Natomiast w zakresie rozszerzonym podstawy programowej z fizyki pojawiają się istotne zmiany i uszczegółowienia dotyczące błędów pomiarowych i niepewności wyników pomiarów. Wyodrębniona zostaje umiejętność rozróżniania błędów pomiarowych systematycznych i błędów pomiarowych przypadkowych oraz umiejętność posługiwania się niepewnościami wyników pomiarów wielkości prostych (tzn. mierzonych bezpośrednio) oraz niepewnościami wyników pomiarów wielkości złożonych (tzn. mierzonych pośrednio).

Elementy analizy niepewności pomiarowych – bardzo zaawansowanego i specjalistycznego obszaru metod fizyki doświadczalnej – są nowością w odniesieniu do dotychczas obowiązujących podstaw programowych. Dlatego zasadnym będzie zamieszczenie w komentarzu krótkiej wykładni tych zapisów – opartej na Rekomendacji PTF (zamieszczonej na stronie MEN). Pomiar wielkości fizycznej x obarczony jest błędem pomiarowym: systematycznym i/lub przypadkowym. Błąd systematyczny uczeń powinien wiązać z sytuacją, w której powtarzany pomiar wielkości fizycznej x daje za każdym razem identyczne wyniki x_s . Taką sytuację dydaktyczną można osiągnąć, planując pomiar zawsze w identycznych warunkach, w których minimalizuje się wszelkie inne czynniki (poza przyrządem) wpływające na wynik pomiaru (np. czynnik ludzki, zmiana parametrów termodynamicznych otoczenia, itp.). Przykładem może być wielokrotny pomiar masy tego samego ciała na wadze elektronicznej. Miarą błędu systematycznego pomiaru wielkości x jest tzw. niepewność graniczna Δx . Dla mierników cyfrowych niepewność graniczną uczeń powinien utożsamiać z dokładnością pomiaru podawaną w instrukcjach – jest ona na ogół większa od rozdzielczości miernika (tzn. najmniejszej możliwej różnicy wskazań przyrządu). Uczeń powinien rozumieć, że dokładna wartość mierzonych wielkości zawarta jest w przedziale $x_s \pm \Delta x$.

W odróżnieniu od tego błąd przypadkowy należy wiązać z sytuacją, w której n wyników pomiarów x_i tej samej wielkości fizycznej różni się od siebie o więcej niż dokładność/niepewność przyrządu. Przykładem tego może być ręczny pomiar stoperem czasu ruchu ciała od punktu A do B przy ustalonych warunkach początkowych ruchu i pod wpływem zawsze takich samych sił. Jako wynik pomiaru obarczonego błędem przypadkowym należy przyjąć średnią arytmetyczną \bar{x} , serii wyników $x_1 \dots x_n$, natomiast za miarę rozrzutu tych wyników można przyjąć odchylenie standardowe σ_x . Te umiejętności korelują z punktem XII.4. podstawy programowej z matematyki w zakresie podstawowym. Za miarę błędu przypadkowego serii wyników $x_1 \dots x_n$ przyjmuje się tzw. niepewność standardową $u(x)$ daną wzorem $u(x) = \sigma_x / \sqrt{n}$. Gdy ponadto wielkość x obarczona jest niepewnością graniczną Δx (mierzącą błąd systematyczny) to zamienia się ją na niepewność standardową przy użyciu wzoru $u_g(x) = \Delta x / \sqrt{3}$. Całkowitą niepewność pomiarową wielkości x , obarczonej błędem pomiarowym przypadkowym i systematycznym, obliczamy ze wzoru:

$$u_c(x) = \sqrt{u(x)^2 + u_g(x)^2}$$

W zakresie rozszerzonym pojawia się pojęcie niepewności wielkości złożonych – chodzi tutaj o niepewność wielkości y mierzonej pośrednio na podstawie pomiaru wielkości x . Gdy obie wielkości wiąże zależność $y = f(x)$ oraz znana jest niepewność $u(x)$ pomiaru wielkości x , to niepewność $u(y)$ wielkości y obliczamy ze wzoru:

$$u(y) = \frac{1}{2} |f(x + u(x)) - f(x - u(x))|$$

Jeżeli natomiast wielkość $y = f(x)$ zależy od dwóch mierzonych wielkości fizycznych x_1 oraz x_2 , to najpierw określamy udziały niepewności $u_1(y)$ oraz $u_2(y)$ dla niepewności wielkości y . Obliczamy je analogicznie jak w przypadku funkcji jednej zmiennej – do obliczenia $u_1(y)$ przyjmujemy, że pomiar x_2 jest dokładny, a do obliczenia $u_2(y)$ przyjmujemy, że pomiar x_1 jest dokładny:

$$u_1(y) = \frac{1}{2} |f(x_1 + u(x_1), x_2) - f(x_1 - u(x_1), x_2)| \quad u_2(y) = \frac{1}{2} |f(x_1, x_2 + u(x_2)) - f(x_1, x_2 - u(x_2))|$$

Gdy mamy obliczone udziały $u_1(y)$ oraz $u_2(y)$, to niepewność $u(y)$ wyznaczamy ze wzoru:

$$u(y) = \sqrt{u_1(y)^2 + u_2(y)^2}$$

Udziały niepewności $u_1(y)$ oraz $u_2(y)$ można wykorzystywać do określania, który pomiar: x_1 czy x_2 wnosi większy wkład do niepewności $u(y)$ wielkości y mierzonej pośrednio.

Historia odkryć, analiza tekstów popularnonaukowych

Kolejną nowością w podstawie programowej z fizyki – dla obu zakresów – jest wymaganie przedstawiania wybranych informacji z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki. Autorzy podstawy nie wyodrębiają konkretnych odkryć. Dlatego rekomenduje się, aby krótko przedstawiać kontekst historyczny przy okazji wprowadzania pojęć i praw związanych z takimi

odkryciami jak np.: [zmieniono na prawa i zjawiska] zasady dynamiki, prawa Keplera, prawo powszechnego ciążenia Newtona, prawo indukcji elektromagnetycznej Faradaya, światło jako fala elektromagnetyczna, interferencja elektronów, promieniowanie jądrowe, teoria względności.

Należy podkreślać, że każdy wielki przełom w fizyce wprowadzał nowe paradygmaty oraz rewidował powszechne lub potoczne wyobrażenia na temat rzeczywistości. Są to: przewrót kopernikański (heliocentryzm), prawa Keplera (opisujące kinematykę ruchów planet po elipsach), zasada bezwładności Galileusza (opisująca ruch ciała swobodnego), zasada względności Galileusza (niezależność zjawisk mechanicznych od stanu ruchu układu inercjalnego), prawo spadków swobodnych Galileusza (niezależność przyspieszenia grawitacyjnego od masy ciała), zasady dynamiki Newtona (w układach inercjalnych), prawo powszechnego ciążenia Newtona (m.in. oddziaływanie ciał na odległość – przez próżnię), prawo indukcji elektromagnetycznej Faradaya (zmiany strumienia pola magnetycznego są źródłem pola elektrycznego – nie tylko ładunki elektryczne), światło jako rozchodząca się w próżni fala pola elektromagnetycznego (bez pośrednictwa „eteru”), niezmienniczość prędkości światła (nieintuicyjna niezależność wartości prędkości światła od układu inercjalnego), względność równoczesności (rewizja pojęcia czasu absolutnego), interferencja jednego elektronu na dwóch szczelinach (dualizm korpuskularno-falowy), niedeterministyczny wynik pomiaru układu kwantowego, defekt masy jąder atomowych (masa jądra nie jest równa sumie mas jego składników).

Wymienione powyżej kluczowe odkrycia, począwszy od zasady bezwładności, zawsze wywołują u osób stykających się po raz pierwszy z nimi rodzaj „napięcia poznawczego” (lub nawet niedowierzania). Tak się dzieje, ponieważ wymienione kluczowe odkrycia są pozornie sprzeczne z intuicją kształtowaną codziennym doświadczeniem – w szczególności, że człowiek w rozwoju osobniczym ma tendencję do powielania błędnych schematów myślowych, jakie towarzyszyły rozwojowi cywilizacji. Dlatego takim sytuacjom dydaktycznym należy poświęcać szczególną uwagę, a uzyskane na zajęciach zainteresowanie lub wręcz zaintrygowanie zagadnieniem wykorzystywać dydaktycznie. Sprzyja temu pogadanka, wykonanie eksperymentu rzeczywistego (np. spadek piórka i żelaznej kulki w rurze próżniowej) lub – za Einsteinem – eksperymentu myślowego (np. przy okazji operacyjnego definiowania pojęcia równoczesności).

Kolejne wymaganie przekrojowe – wspólne dla zakresu podstawowego i rozszerzonego – dotyczy umiejętności analizy oraz interpretacji tekstów popularnonaukowych z fizyki lub astronomii. Nawiązuje ono wprost do wymagania ogólnego opisującego IV cel kształcenia dla obu zakresów. Treść tego wymagania ogólnego oraz przekrojowego została wprowadzona już w poprzedniej podstawie, co zaowocowało ugruntowaniem pewnej praktyki dydaktycznej oraz egzaminacyjnej. W dobie powszechnego dostępu do informacji, ale także zalewu błędnymi lub nieprecyzyjnymi informacjami o charakterze pseudonaukowym lub popularnonaukowym (z akcentem na „popularno”) [usunięto], praca z materiałem źródłowym

(naukowym lub rekomendowanym popularnonaukowym) stanowi ważny obszar aktywności poznawczej ucznia.

Modelowanie zjawisk

W omawianej podstawie programowej z fizyki pojawiają się po raz pierwszy bardzo ważne zapisy związane z szeroko pojętym modelowaniem zjawisk. Wymagania przekrojowe: I.15. w zakresie podstawowym oraz I.19. w zakresie rozszerzonym są identyczne i opisują umiejętność wyodrębniania zjawiska z kontekstu oraz wskazywania czynników istotnych i nieistotnych w jego przebiegu. Każde zjawisko fizyczne jest zazwyczaj bardzo złożone, a na jego przebieg wpływa w mniejszym lub większym stopniu wiele czynników. Opis zjawiska fizycznego wymaga wyodrębnienia zjawisk podstawowych mających największy wpływ na zjawisko oraz pominięcia zjawisk mających mniejszy wpływ na zjawisko – w zależności od dokładności, jaką chcemy uzyskać w obliczeniach/opisie. Uwzględnienie wpływu wszystkich czynników w opisie zjawiska jest praktycznie niemożliwe. Dlatego dokonuje się pewnych uproszczeń, czyli idealizacji.

Rozważmy dla przykładu ruch niewielkiego kamienia rzuconego przez człowieka na ziemi. Gdy ruch kamienia trwa stosunkowo krótko, a jego prędkość jest niezbyt duża, to wpływ oporów powietrza na ruch jest niewielki. Do tego zmiany wysokości, na jakiej odbywa się ruch są na tyle małe, żeby nie uwzględniać bardzo małych niejednorodności pola grawitacyjnego. Do opisu ruchu kamienia możemy przyjąć model, w którym kamień porusza się w jednorodnym polu grawitacyjnym przy braku sił oporów powietrza. Dalej pominiemy zjawiska cieplne wewnątrz kamienia, jako niewpływające na jego ruch, a ponadto pominiemy siłę wyporu działającą na kamień i inne efekty aerodynamiczne, jako nieistotnie małe. W dodatku nie będzie nas interesował także ruch obrotowy kamienia. W związku z tym kamień potraktujemy jako punkt materialny. Na koniec, dla porządku dodamy, że pomijamy efekty związane z ruchem obrotowym Ziemi (tzn. zakładamy ruch w układzie inercyjnym) oraz efekty relatywistyczne.

Powyżej dokonaliśmy analizy szeregu czynników istotnych i nieistotnych dla przebiegu omawianego zjawiska. Tej właśnie umiejętności – dla różnej klasy zjawisk – wymaga się od ucznia.

W zakresie rozszerzonym omówione kompetencje są poszerzone. Zapis I.20. opisuje wymaganie tworzenia modeli fizycznych i matematycznych zjawisk – łącznie z określaniem założeń dla tych modeli. W powyższym przykładzie całe złożone zjawisko ruchu rzuconego w powietrzu kamienia zostało przybliżone następującym wyidealizowanym modelem fizycznym: ruchem punktu materialnego w układzie inercyjnym, bez oporów i w jednorodnym polu grawitacyjnym – przy zadanych warunkach początkowych ruchu. Ten wyabstrahowany fizyczny model zjawiska uczeń powinien umieć opisać modelem matematycznym – w przypadku rozważanego zagadnienia ruchu kamienia byłyby to równania II zasady dynamiki: $m\vec{a} = m\vec{g}$ oraz rozwiązania tych równań przy zadanych warunkach początkowych ruchu: \vec{v}_0 ,

\vec{x}_0 (równoważnie – zgodnie z zapisem II.7. podstawy taki ruch uczeń opisuje matematycznie jako złożenie ruchów: spadku swobodnego w pionie i ruchu swobodnego w poziomie).

Mechanika

Drugim blokiem wymagań szczegółowych i jednocześnie pierwszym blokiem tematycznym – dla obu zakresów – jest *Mechanika*. Uczeń kontynuujący naukę na poziomie ponadpodstawowym ma utrwalić wiedzę z mechaniki poznaną na wcześniejszym etapie kształcenia, a także ma poszerzyć tę wiedzę o nowe treści oraz rozwinąć umiejętności postępowania się bardziej zaawansowanymi narzędziami do opisu praw i zależności fizycznych.

W tej podstawie programowej, już w zakresie podstawowym wprowadzono wymaganie, aby w opisie ruchu postępowego uczeń posługiwał się wielkościami wektorowymi, takimi jak: przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie. Wielkości te – a w szczególności wektor przyspieszenia – należy omawiać i pokazywać (pół jakościowo, bez formalnego wprowadzania pojęcia granicy) także na przykładach ruchów krzywoliniowych. To pozwala kształtować odpowiednie intuicje geometryczne, istotne do rozumienia drugiej zasady dynamiki. Podejście takie jest bardzo owocne dydaktycznie – uczniowie otrzymują narzędzia pozwalające im zrozumieć na przykład to, że przyczyną ruchu jednostajnego po okręgu jest siła dośrodkowa. Świetnym zabiegiem dydaktycznym jest analiza ruchu reprezentowanego na rysunku położeniami ciała w jednakowych odstępach czasu.

Do opisu ruchów prostoliniowych jednostajnych i jednostajnie zmiennych uczeń musi posługiwać się zależnościami: położenia od czasu, drogi od czasu i wartości prędkości od czasu. Ponadto w zakresie rozszerzonym wymaga się umiejętności sporządzania, interpretowania oraz analizowania wykresów (oraz danych w postaci tabel) wymienionych ruchów prostoliniowych. Z kolei do opisu kinematyki ruchu po okręgu w zakresie rozszerzonym wprowadza się dodatkowo – oprócz prędkości liniowej, okresu i częstotliwości – przemieszczenie kątowe, prędkość kątową, przyspieszenie dośrodkowe (wraz z ich jednostkami). W zakresie rozszerzonym uczeń stosuje do obliczeń związku między tymi wielkościami, a to pociąga za sobą konieczność wprowadzenia miary łukowej kąta.

Kinematyka w zakresie rozszerzonym rozbudowana jest o wymagania opisu ruchów złożonych dwuwymiarowych oraz ruchów niejednostajnych po okręgu, a także opisu ruchów względem różnych układów odniesienia. To ostatnie powinno uczniom zwracać uwagę na względność ruchu, czyli zależność od układu odniesienia takich wielkości jak: przemieszczenie, droga, prędkość i w ogólności (w układach nieinercjalnych) przyspieszenie.

Jednym z najważniejszych wymagań w dziale *Mechanika* jest oczywiście umiejętność stosowania zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał. W zakresie rozszerzonym (II.14.) dodatkowo interpretuje się II zasadę dynamiki jako związek między zmianą wektora pędu w czasie z wektorem siły. W istocie jest to nie tyle interpretacja, co nawiązanie wprost do oryginalnego, geometrycznego, newtonowskiego ujęcia II zasady dynamiki:

Mutationem motus [quantitas motus] proportionalem esse vi motrici impressa, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

„Zmiana ruchu [pędu] jest proporcjonalna do czynnej siły przyłożonej i ma kierunek wzdłuż linii prostej, wzdłuż której ta siła jest przyłożona”.

Isaac Newton, *Matematyczne Zasady Filozofii Przyrody*, Copernicus Center Press, Kraków 2011.

Geometryczne ujęcie II zasady dynamiki, z wykorzystaniem przyrównania $\Delta\vec{p}$ – wektora zmiany pędu do $\vec{F}\Delta t$ – wektora siły pomnożonej przez czas działania powinno być traktowane priorytetowo.

Standardowo, po zasadach dynamiki omawia się w zakresie rozszerzonym zasadę zachowania pędu izolowanego układu ciał, tzn. podlegających jedynie wzajemnym oddziaływaniom.

Zarówno w zakresie podstawowym jak i rozszerzonym opisując zjawiska uczeń ma uwzględniać opory ruchu i odróżniać opory ośrodka wywierane na powierzchnię ciała od sił tarcia występujących na powierzchni styku ciał. Natomiast w zakresie rozszerzonym wymaga się rozróżniania na tarcie kinetyczne i statyczne.

Bardzo ważnym zapisem w tej podstawie programowej, wspólnym dla obu zakresów, jest umiejętność rozróżniania inercjalnych układów odniesienia od nieinercjalnych układów odniesienia. Pojęcie inercjalnego układu odniesienia jest fundamentalne przy formułowaniu zasad dynamiki. Wyrażanie zasad dynamiki bez użycia pojęcia inercjalnego układu odniesienia utrwała przekonanie o absolutnym charakterze ruchu, a to jest niezgodne z względnością ruchu. Samo stwierdzenie „ruch jednostajny prostoliniowy w przestrzeni”, bez określenia względem jakiego układu odniesienia ruch się odbywa, nie ma sensu. Tę praktykę dydaktyczną należy ograniczać. Położenia ciał określamy względem innych ciał (stanowiących układ odniesienia), które umownie uznajemy za nieruchome. Jednak ze względu na powszechność ruchu, ciało nieruchome w jednym układzie odniesienia porusza się względem innego układu. W mechanice klasycznej nie ma sposobu wyróżnienia takiego układu odniesienia (albo ciała), o którym powiedzielibyśmy, że pozostaje w absolutnym spoczynku względem przestrzeni – z tego powodu i ruch nie ma charakteru absolutnego.

Na niższych etapach edukacyjnych być może nie da się uniknąć naginania względności ruchu przy wprowadzaniu zasad dynamiki, ale na poziomie liceum i technikum trzeba temu zaradzić. Tutaj należy tworzyć sytuacje dydaktyczne w formie obserwacji, doświadczeń, animacji, filmów, czy eksperymentu myślowego, w których rozważa i opisuje się ruch tego samego ciała swobodnego (lub podlegającego równoważącym się siłom) ale w różnych układach odniesienia. Ważnym jest, aby uczniowie zrozumieli, że względem niektórych układów odniesienia ten sam ruch jest jednostajny prostoliniowy (lub jest to spoczynek), a w innych układach odniesienia jest to ruch w ogólności krzywoliniowy i z przyspieszeniem. Uczniowie

powinni uchwycić intuicyjnie, że układy odniesienia, w których ciało swobodne spoczywa lub porusza się jednostajnie prostoliniowo, czyli układy inercjalne, są wyróżnione – poprzez tę naturalną właściwość ruchu ciała swobodnego względem nich. Układ nieinercjalny to będzie taki, w którym ruch ciała swobodnego będzie inny niż jednostajny prostoliniowy.

W zakresie rozszerzonym uczeń musi znać różnice w opisie ruchów ciał względem inercjalnych i nieinercjalnych układów odniesienia. Do wyznaczania ruchów ciał (z zasad dynamiki) w układach inercjalnych wystarczy tylko: znajomość sił rzeczywistych (tzn. związanych z oddziaływaniem z innymi ciałami albo z polem) działających na ciało oraz warunki początkowe ruchu. Z kolei do wyznaczenia ruchu ciała w układzie nieinercjalnym oprócz tego należy uwzględnić dodatkowo ruch układu nieinercjalnego względem inercjalnego i związane z tym efekty, nazywane „siłami” bezwładności.

Z tymi zagadnieniami wiąże się bezpośrednio kolejne wymaganie w zakresie rozszerzonym: uczeń musi posługiwać się zasadą względności Galileusza. (Przy okazji warto zaznaczyć, aby uczniowie nie mylili jej z faktem względności ruchu). Zasada względności Galileusza mówi o równoważności układów inercjalnych do opisu ruchu. W celu zilustrowania tej zasady należy wykonywać z uczniami eksperymenty, przeprowadzać pogadanki z odwołaniem się do codziennych doświadczeń, które uświadamiają co następuje: przy warunkach początkowych ruchu określonych zawsze w pewien ustalony sposób względem dowolnego układu inercjalnego i przy tak samo działających siłach, ruch ciała będzie odbywał się zawsze w określony (zasadami dynamiki, warunkami początkowymi i siłami) sposób. Równoważność układów inercjalnych oznacza, że stan ruchu układu inercjalnego nie wpływa na ruchy ciał w tym układzie. Na przykład, zjawiska mechaniczne dziejące się w pociągu (albo samolocie) jadącym ze stałą prędkością i po linii prostej (a najlepiej po torze powietrznym) przebiegają tak samo jak w pociągu stojącym na stacji. Jeśli w pociągu byłyby pozastaniane okna, i nie było słychać odgłosów jazdy, to pasażer nie mógłby stwierdzić o ruchu pociągu na podstawie żadnego zjawiska mechanicznego przebiegającego w tym pociągu. Tej równoważności nie ma dla układów nieinercjalnych (jakim stałby się hamujący pociąg): ruchy ciał w układach nieinercjalnych dodatkowo zależą od stanu ruchu układu nieinercjalnego względem inercjalnego.

Nauczyciel decydujący się na poszerzenie tych trudnych koncepcyjnie treści może wspomnieć nawiązując do Szczególnej Teorii Względności (zgodnie z jednym z wymagań przekrojowych o odkryciach historycznych), że Einstein rozszerzył zasadę względności Galileusza dotyczącą mechaniki o zjawiska elektromagnetyczne.

Kolejne wymagania (wspólne dla obu zakresów) opisują umiejętności posługiwania się takimi pojęciami jak: praca mechaniczna, moc mechaniczna, energia kinetyczna, energia potencjalna. Uczeń stosuje zasadę zachowania energii oraz związku między zmianami energii a pracą mechaniczną. W tym dziale tematycznym uczeń poznaje pojęcie sprawności urządzeń mechanicznych, co pozwala nabyć prawidłowych intuicji przy okazji omawiania sprawności

urządzeń elektrycznych i silników cieplnych.

W podstawie programowej w zakresie rozszerzonych wprowadzono interpretację pola pod wykresem zależności siły od położenia lub zależności mocy chwilowej od czasu jako wykonanej pracy. To daje możliwość wykonywania obliczeń (lub szacowań) dla dosyć szerokiej klasy przypadków zjawisk – bez znajomości rachunku różniczkowego i całkowego.

Zgodnie ze spiralnym charakterem tej podstawy programowej, w zakresie rozszerzonym pojawiają się elementy hydrostatyki jak: posługiwanie się ciśnieniem hydrostatycznym (i jego własnościami określonymi prawem Pascala), stosowanie do obliczeń prawa Archimedesesa.

Mechanika bryły sztywnej (zakres rozszerzony)

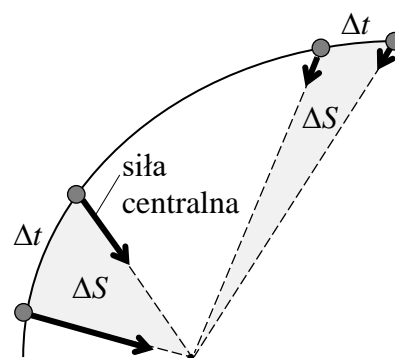
Blok tematyczny *Mechanika bryły sztywnej* obowiązuje tylko w zakresie rozszerzonym. Uczeń poznaje pojęcie bryły sztywnej, wyznacza położenie środka masy bryły oraz poznaje wielkości opisujące kinematykę i dynamikę ruchu obrotowego bryły wokół ustalonej osi. Oprócz wielkości kinematycznych poznanych przy okazji ruchu po okręgu uczeń posługuje się pojęciem przyspieszenia kątownego.

Z wielkości charakteryzujących dynamikę ruchu obrotowego bryły wprowadzono pojęcie momentu siły oraz momentu bezwładności. Oprócz tego uczeń posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego (ogólnie) oraz momentu pędu bryły (jako sumy momentów pędu punktów materialnych bryły poruszających się po okręgach dookoła osi obrotu) i poznaje związek tej wielkości z prędkością kątową.

Poznane pojęcia łącznie z zasadami dynamiki dla bryły sztywnej uczeń stosuje do opisu jej ruchu obrotowego. Ponadto oblicza energię kinetyczną całkowitą bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego względem osi przechodzącej przez środek masy.

Wymaga się umiejętności stosowania zasady zachowania momentu pędu. Zgodnie z wcześniejszymi zapisami należy przyjąć, że uczeń stosuje zasadę zachowania momentu pędu w ruchu bryły sztywnej (gdy momenty sił znoszą się), ale także zasadę zachowania momentu pędu punktu materialnego w ruchu (niekoniecznie po okręgu) pod wpływem siły centralnej. To szczególnie ważne w kontekście drugiego prawa Keplera i wymagania IV.6. w zakresie rozszerzonym.

Należy przy tej okazji podkreślać, że z zasady zachowania momentu pędu punktu materialnego pod działaniem siły centralnej (np. siły grawitacji) wynika prawo pól (rys. obok): promień wodzący punkt i zaczepiony w centrum siły, zakreśla w jednakowych odstępach czasu Δt powierzchnie o równych polach ΔS . Nauczyciel – o ile uzna za stosowne – może poszerzyć te treści o dowód prawa pól (szczególnie geometryczny, bez użycia rachunku różniczkowego i całkowego) oraz kontekst historyczny (realizując tym samym wymagania przekrojowe).



Grawitacja i elementy astronomii

W zakresie podstawowym i rozszerzonym określone jest wymaganie posługiwania się prawem powszechnego ciężenia. Należy przez nie rozumieć: wzór na wartość siły grawitacji, z jaką działają na siebie punkty materialne, zasadę wektorowego dodawania sił grawitacji oraz fakt, że siła grawitacji działa na każdy punkt materialny ciała. Uczeń omawia konsekwencje oddziaływania grawitacyjnego i zdaje sobie sprawę z jego makroskali. Na podstawie opisu wymagań należy przyjąć, że uczeń analizuje ilościowo siłę grawitacji od ciał niebieskich (ze sferycznym symetrycznym rozkładem masy): np. oblicza prędkość ciała poruszającego się (dookoła planety lub gwiazdy) po orbicie kołowej o dowolnym promieniu.

Dla obu zakresów wprowadzono pojęcia stanów nieważkości i przeciążenia. Stan nieważkości należy wiązać z faktem, że przyspieszenie grawitacyjne nie zależy od masy ciała (więc spadające ciała nie naciskają na siebie nawzajem) lub równoważnie z faktem, że w spadającym układzie odniesienia siła grawitacji dokładnie równoważy „siłę” bezwładności i działa na każdy punkt ciała. Przy tej okazji naprawdę warto – pomimo że w podstawie pominięto wymagania doświadczalne w tym bloku – wykonać podstawowe eksperymenty lub obserwacje. Najważniejszym z nich – także w kontekście przełomowych odkryć w fizyce – jest doświadczenie pokazujące niezależność przyspieszenia grawitacyjnego od masy ciała (np. spadanie piórka i kulki ołowianej w rurze próżniowej). Inne doświadczenia mogą demonstrować stan nieważkości – np. upuszczanie ciał zawieszonych na sprężynie (sprężyna podczas spadku przestaje być napięta i ciało nie „waży”), upuszczanie przedziurawionych butelek z wodą (woda nie wylewa się, bo spada tak samo jak butelka – nie może wyprzedzić butelki podczas spadania). W tle tych zapisów funkcjonuje niewymienione wprost pojęcie natężenia pola grawitacyjnego. Badając własności grawitacji analizuje się swobodne spadanie ciała oraz siły działające na nieruchome ciało. Uczniowie odkrywają, że stosunek siły grawitacji do masy ciała jest w danym miejscu przestrzeni niezależny od masy ciała – zależy on od miejsca w przestrzeni. Natężenie pola grawitacyjnego łatwiej jest uczniom badać niż przyspieszenie grawitacyjne – wystarczy umieszczać różne ciała na siłomierzu, następnie obliczać iloraz siły grawitacji i masy ciała.

Powyżej omówione treści zostały znacząco poszerzone w zakresie rozszerzonym – szczególnie o prawa Keplera. Uczeń analizuje jakościowo niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych oraz interpretuje II prawo Keplera jako konsekwencje zasady zachowania momentu pędu. Te zapisy, łącznie z wymaganiem III.6. (zakres rozszerzony) pozwalają na ilościową analizę niejednostajnych ruchów planet po elipsach – w szczególności z wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu (punktu materialnego) gdy planeta znajduje się w perycentrum i apocentrum. Przy tej okazji można podawać w zagadnieniach podstawowe informacje o geometrii elipsy, w szczególności, że w wielu opracowaniach elipsa z ogniskiem rysowana jest błędnie. Uczeń powinien umieć wykorzystać podane informacje: o półosi wielkiej elipsy, o odległości od ogniska do perycentrum i apocentrum, o mimośrodku elipsy lub związku między półosią wielką, małą i ogniskową. Dalej wymaga się interpretacji III prawa Keplera jako konsekwencji prawa powszechnego ciążenia i stosowania go do obliczeń dla orbit kołowych (np. obliczanie masy centrum grawitacyjnego na podstawie ruchu orbitalnego dookoła tego centrum).

W zakresie rozszerzonym uczeń oblicza zmiany energii potencjalnej oraz stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej dla ruchu orbitalnego, ale także dla ruchu po torze otwartym nieskończonym – czego przykładem jest postępowanie się pojęciem prędkości ucieczki.

Ostatnie, bardzo ważne wymagania są wspólne dla obu zakresów i dotyczą elementów astronomii oraz kosmologii. Uczeń musi znać budowę Układu Słonecznego, jego miejsce w Galaktyce oraz posługiwać się pojęciami jednostki astronomicznej, roku świetlnego i – w zakresie rozszerzonym – parseka. Uświadamia się uczniom skale odległości w Układzie Słonecznym, w Galaktyce, między sąsiednimi galaktykami, grupami galaktyk i w całym Wszechświecie.

Przy omawianiu podstawowych zagadnień kosmologicznych należy zwracać uwagę na ich teoretyczną i obserwacyjną stronę: początek (w czasie) Wszechświata i jego rozszerzanie się przewidują rozwiązania równań ogólnej teorii względności Einsteina, a ponadto są one potwierdzone obserwacjami: charakteru oddalania się od siebie bardzo odległych galaktyk oraz promieniowania tła wypełniającego cały Wszechświat. Warto wyjaśniać jakościowo istotę Wielkiego Wybuchu, kształtować odpowiednie intuicje i rewidować błędne poglądy.

Drgania

W zakresie podstawowym uczeń opisuje charakter siły sprężystości (przy odpowiednio małych odkształceniach), analizuje ruch pod jej wpływem posługując się podstawowymi pojęciami: wychylenia, amplitudy i okresu, a także analizuje przemiany energii w ruchu drgającym. Ponadto uczeń opisuje drgania wymuszone oraz zjawisko rezonansu mechanicznego (ważne, aby uczeń rozróżniał oba zjawiska, ponieważ nader często są one ze sobą mylone). Na końcu bloku tematycznego wymienia się doświadczenia ilustrujące własności dynamiczne oraz kinematyczne drgań ciężarka na sprężynie oraz zjawisko rezonansu. Wymagania w zakresie podstawowym skupiają się wokół jakościowego opisu aspektów związanych z drganiami.

W zakresie rozszerzonym dokonano istotnych uzupełnień umożliwiających ścisły, ilościowy opis kinematyki i dynamiki drgań. Wprowadzono pojęcie precyzujące kinematykę drgania: drganie harmoniczne. Uczeń opisuje ruch harmoniczny (prosty) pod wpływem siły harmoniczej (o wartości proporcjonalnej do wartości wychylenia i przeciwnie do niego skierowanej) posługując się dodatkowo pojęciami: częstości kołowej i fazy drgania. Do tego analizuje zależności od czasu (używa do tego równań i wykresów): położenia, prędkości i przyspieszenia, a także stosuje do obliczeń wzory na okres drgań wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie. Przy tej okazji należy podkreślać założenia modelu wahadła matematycznego. Wymagania doświadczalne zostały poszerzone o trzy doświadczenia z wykorzystaniem wahadła matematycznego. Ostatnie doświadczenie – wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego – pokazuje niezależność okresu drgań od masy ciężarka i jest kolejnym dowodem na niezależność przyspieszenia grawitacyjnego od masy ciała.

Termodynamika

W tym bloku tematycznym, dla obu zakresów zastosowano rozwiązanie, rozpoczynając od zjawisk rozszerzalności cieplnej (będących podstawą działania termometrów) oraz od sposobu przekazywania energii w formie ciepła – czyli w formie innej od przekazywania energii w postaci pracy mechanicznej lub wymiany materialnej. Uczeń musi rozumieć, że gdy termometr dotyka innego ciała lub ma kontakt z ośrodkiem materialnym, to substancja w termometrze zmienia swoje rozmiary, pomimo że jest izolowana mechanicznie i materialnie od otoczenia: nie jest niczym ściskana, ani rozciągana, ani uderzana, ani też znikąd jej nie przybywa. Substancja w termometrze – podczas kontaktu cieplnego z innym ciałem – nabywa energii (jakby do swojego wnętrza) niezbędnej do wykonania pracy przy zwiększaniu rozmiarów.

W obu zakresach omawianego bloku tematycznego wprowadzono zapisy o charakterze ogólnym i mającym praktyczne znaczenie: o posługiwaniu się wartościami energetycznymi żywności i paliw oraz o własnościach wody i ich konsekwencji dla życia na Ziemi.

W zakresie podstawowym nie powraca się do elementów teorii kinetyczno-molekularnej, jak np. poznawany w szkole podstawowej związek między temperaturą i średnią energią kinetyczną chaotycznego ruchu cząsteczek ośrodka materialnego. W zakresie podstawowym nie obowiązuje ponadto termodynamika gazów. Natomiast w zakresie rozszerzonym gruntownie omawia się model gazu doskonałego: założenia modelu, związek między temperaturą a średnią energią kinetyczną ruchu cząsteczek gazu i energią wewnętrzną gazu, równanie Clapeyrona wiążące parametry stanu gazu, zastosowania I zasady termodynamiki w przemianach termodynamicznych łącznie z posługiwaniem się pojęciem ciepła molowego. Uczeń powinien rozumieć, że gazy rzeczywiste można opisywać z dobrym przybliżeniem za pomocą modelu gazu doskonałego jedynie w pewnym ograniczonym zakresie warunków.

W zakresie rozszerzonym wprowadzono istotnie nowe treści w bloku termodynamika, związane ze współistnieniem różnych faz tej samej substancji, gdy są one w równowadze termodynamicznej: tzn. przy pewnej temperaturze obu faz oraz ciśnieniu. Współistnienie należy tłumaczyć uczniom jako fakt, że w ujęciu makroskopowym żadnej ze współistniejących faz nie ubywa ani nie przybywa (np. lód się nie topi, a woda nie zamarza). Jako przykład rekomenduje się omówienie diagramu fazowego (we współrzędnych T, p) dla wody, łącznie z analizą krzywych $p(T)$ współistnienia faz: woda (jako ciecz) i para wodna, lód i woda jako ciecz, lód i para wodna. Można także wspomnieć o punkcie potrójnym wody, a także o punkcie krytycznym. Przy tej okazji należy uświadamiać zależność temperatury wrzenia (lub topnienia) od ciśnienia, odwołując się do znanych zjawisk.

Wymagania związane z analizą cykli termodynamicznych są podobne jak w poprzednich podstawach programowych, z tą różnicą, że wprowadzono umiejętność analizowania przepływu energii nie tylko w silnikach cieplnych, ale także w pompach cieplnych (chłodziarkach).

Jedno z ostatnich wymagań na poziomie rozszerzonym dotyczy bardzo ważnego zagadnienia: II zasady termodynamiki. Interpretację drugiej zasady termodynamiki należy wprowadzać przy okazji omawiania cykli: silników i odwrotnych – pomp/chłodziarek. Omawiając cykle odwrotne (na przykładzie lodówki) stosunkowo łatwo przychodzi interpretacja Clausiusa (o niemożliwości utrzymania samorzutnego przepływu ciepła od ciała o niższej do ciała o wyższej temperaturze). Trudniejszą interpretacją II zasady termodynamiki jest interpretacja Kelwina o nieistnieniu silnika, który działając cyklicznie zamieniałby całe pobrane ciepło w pracę (całkowitą) i nie oddawał ciepła do otoczenia. Należy zwracać uwagę na kluczowe założenie w tej interpretacji: „działając cyklicznie” i związane z nim fakt powracania układu do stanu początkowego.

Omawiane powyżej wymaganie VI.17. daje w istocie pewną swobodę nauczycielowi w tym, na której interpretacji II zasady termodynamiki ma się skupić. Nauczyciel może nawet próbować na tym etapie kształcenia przedstawić choćby zarys statystycznego ujęcia tego prawa. To wymagałoby wprowadzenia nowych pojęć jak: mikrostan układu, stan makroskopowy układu realizowany przez pewną liczbę różnych mikrostanów (cząsteczki w pokoju zmieniają położenia i pędy, ale temperatura i ciśnienie jest to samo), także pojęcie entropii – jako miary liczby mikrostanów realizujących dany stan makroskopowy. II zasada termodynamiki w ujęciu statystycznym mówi, że w układzie izolowanym, złożonym początkowo z podukładów izolowanych wzajemnie: mechanicznie, termicznie lub materialnie, po usunięciu tych więzów między podukładami entropia rośnie (lub pozostaje stała). Inaczej – osiągnany jest stan o największym prawdopodobieństwie. Np. prawdopodobieństwo tego, że wszystkie cząsteczki w pokoju skupią się w jednym miejscu, i będą miały pędy w tym samym kierunku, aby samoistnie utworzyć podmuch, jest prawie zero. Teoretycznie jednak istnieje taka możliwość: w pokoju, w którym wcześniej wykonano podmuch, należałoby wszystkim cząsteczkom zamienić pędy na przeciwne, co skutkowałoby utworzeniem (chwilowego) podmuchu odwróconego. To pokazuje jak mało prawdopodobne są takie konfiguracje warunków

początkowych, które mogą powodować podobne procesy lub odwracać niektóre procesy. W tym kontekście można omawiać procesy odwracalne i nieodwracalne makroskopowo.

Do podstawy programowej w obu zakresach wprowadzono zjawisko dyfuzji, a w zakresie rozszerzonym pojęcie fluktuacji i ruchu Browna. Pojęcia te są związane z molekularną strukturą materii (tutaj gazów i cieczy) pozwalają zrozumieć przebieg zjawisk w makroskali jako konsekwencje zjawisk w skali molekuł.

Elektrostatyka

Elektrostatyka rozpoczyna się wspólnym dla obu zakresów wymaganiem posługiwania się zasadą zachowania ładunku elektrycznego. Uczniowie powinni znać ze szkoły podstawowej pojęcie ładunku, ładunku elementarnego a także wiedzieć, co jest nośnikiem ładunku. Omawiając zasadę zachowania ładunku elektrycznego należy wspomnieć jej fundamentalny charakter: jest ona spełniona na poziomie elementarnym, podobnie jak zasada zachowania energii i pędu. Do makroskopowego charakteru tej zasady powraca się przy okazji I prawa Kirchhoffa dla obwodów elektrycznych, a jej przejaw na poziomie fundamentalnym wykorzystuje się w reakcjach/przemianach jądrowych.

Podobnie, w obu zakresach wymaga się ilościowego stosowania prawa Coulomba do obliczania siły wzajemnego oddziaływania ładunków punktowych. Uczeń posługuje się pojęciem pola elektrycznego. W zakresie podstawowym pole elektryczne ma być opisywane za pomocą linii sił, a w zakresie rozszerzonym – dodatkowo za pomocą wektora natężenia pola elektrycznego. W szczególności wszyscy uczniowie mają opisywać pole jednorodne (odpowiednimi dla nich narzędziami), a w zakresie rozszerzonym – także pole centralne. Oprócz powyższych wymaga się umiejętności jakościowego opisu rozkładu ładunków w przewodniku (izolowanym), który to rozkład prowadzi do: zerowania się pola elektrostatycznego wewnątrz przewodnika (a także w przestrzeni wydrążonego w środku przewodnika – tzw. klatka Faradaya), wytwarzania pola elektrycznego prostopadłego do powierzchni i takiego, że duże wartości natężenia pola są osiąmane na powierzchniach mocno zakrzywionych/ostrych.

W zakresie rozszerzonym wprowadzono istotne uściślenia pojęć oraz wymagania związane z ilościową analizą. Uczeń analizuje i oblicza wartość natężenia pola elektrycznego od sferycznie symetrycznych rozkładów ładunków oraz od prostych konfiguracji ładunków punktowych. W tym kryje się zasada superpozycji (warto eksponować ten fakt jako ogólną własność teorii elektromagnetyzmu). Uczeń wiąże pracę wykonaną przez siły elektryczne podczas przemieszczenia ładunku w polu elektrycznym z różnicą energii potencjalnych – w związku z czym posługuje się pojęciem potencjału elektrycznego (lub napięcia elektrycznego).

W zakresie podstawowym wprowadzono pojęcie kondensatora jako układu przeciwnie naładowanych brył przewodnika, wytwarzających pole elektryczne istniejące w ograniczonym

obszarze przestrzeni i magazynujące energię. Uczeń ma opisywać przemiany energii zgromadzonej w kondensatorze oraz demonstrować je w pokazach (zgodnie z wymaganiami doświadczalnymi). W zakresie rozszerzonym treści te są poszerzone i uzupełnione o ilościową analizę dla kondensatora płaskiego (obliczanie pojemności, natężenia pola, napięcia, energii zgromadzonej). Na koniec, w zakresie rozszerzonym omawia się dielektryki: ich polaryzację w polu zewnętrznym, wpływ na pole oraz na pojemność kondensatorów.

Prąd elektryczny

Zgodnie ze spiralnym charakterem podstawy programowej, w obu zakresach powraca się do treści poznanych w szkole podstawowej. Z nowych treści uczeń poznaje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników, co pozwala mu na odróżnianie tych materiałów. W obu zakresach uczeń ma stosować prawo Ohma dla przewodników, interpretować I prawo Kirchhoffa jako zasadę zachowania ładunku, a zasadę dodawania napięć w układzie ogniwo połączonych szeregowo – jako konsekwencję zasady zachowania energii. To ostatnie uogólnia i poszerza się w zakresie rozszerzonym do II prawa Kirchhoffa.

Dla obu zakresów wprowadzono wymagania dotyczące praktycznych aspektów wykorzystania obwodów z prądem, działania urządzeń elektrycznych oraz stosowania półprzewodników. Tymi wymaganiami są: opisywanie domowej sieci elektrycznej, wyjaśnianie funkcji bezpieczników, przewodu uziemiającego, posługiwanie się wartościami znamionowymi urządzeń. Zastosowanie materiałów półprzewodnikowych uczeń ma opisywać na przykładzie dwóch bardzo ważnych w technice urządzeń. Jednym z nich jest dioda półprzewodnikowa, jako element przewodzący prąd w jednym kierunku oraz jako źródło światła o ustalonej długości fali. Drugim z urządzeń jest tranzystor jako element wzmacniający sygnał elektryczny.

W zakresie rozszerzonym pojawiają się nowe treści: oprócz przewodnictwa w metalach uczeń opisuje przewodnictwo w gazach, elektrolitach, a także wyjaśnia procesy jonizacji. W zakresie rozszerzonym omawia się cechy źródła w obwodzie takie, jak opór wewnętrzny i siła elektromotoryczna, analizuje się charakterystyki prądowo napięciowe elementów obwodu zgodnych i niezgodnych z prawem Ohma, a także oblicza się moc wydzielaną na oporniku. Ponadto uczeń ma posługiwać się pojęciem oporu zastępczego i obliczać go dla układu oporników łączonych szeregowo lub równolegle.

Magnetyzm

Podobnie jak w poprzednich blokach tematycznych, wymagania w zakresie podstawowym skupiają się na jakościowym opisie (za pomocą linii pola) pola magnetycznego wytwarzanego przez magnesy stałe i przewodniki z prądem (zwojnica i przewodnik prostoliniowy). Do tego uczeń ma opisywać jakościowo oddziaływanie pola na przewodniki z prądem oraz oddziaływanie pola na poruszające się cząsteczki naładowane. Podkreślamy, że pole magnetyczne – w odróżnieniu od elektrycznego – nie działa na nieruchome cząstki naładowane (o ile sama cząsteczka nie ma własności magnetycznych w postaci momentu magnetycznego). Ze szkoły podstawowej uczeń pamięta sposób oddziaływania magnesów

z polem na przykładach: zachowania się igły magnetycznej w zewnętrznym polu magnetycznym (która ustawia się zgodnie z polem) oraz przyciągania lub odpychania się magnesów w zależności od orientacji ich biegunów.

W zakresie rozszerzonym pojawia się ilościowy opis pola magnetycznego, a także ilościowy opis oddziaływania pola z przewodnikami z prądem lub cząsteczkami w ruchu. W tym celu wprowadza się wektor indukcji magnetycznej \vec{B} oraz omawia siłę Lorentza \vec{F}_{mag} działającą na cząsteczkę o ładunku q poruszającą się z prędkością \vec{v} . W zasadzie to związek określający siłę Lorentza (co do kierunku zwrotu i wartości) powinien posłużyć za definicję wektora indukcji magnetycznej. Podobnie jak wektor natężenia pola elektrycznego definiowało się jako iloraz siły działającej na nieruchomą cząsteczkę i wartość jej ładunku, tak tutaj iloraz siły Lorentza i wartości ładunku będzie zależał w pewien określony sposób od wektora prędkości cząsteczki i wektora indukcji magnetycznej:

$$\frac{\vec{F}_{mag}}{q} = \vec{v} \times \vec{B}$$

(Uczniowie nie muszą formalnie znać iloczynu wektorowego, ale muszą umieć określać zwrot i wartość siły Lorentza). Siła elektrodynamiczna działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym pojawia się jako wypadkowa sił Lorentza działających na poruszające się w przewodniku ładunki elektryczne. W zakresie rozszerzonym wymaga się obliczania wartości pola magnetycznego dla długiego prostoliniowego przewodnika z prądem oraz wewnątrz długiej zwojnicy.

Opisane narzędzia pozwalają w zakresie rozszerzonym na jakościową analizę sił działających na pętlę przewodnika z prądem w polu magnetycznym lub na ilościową analizę sił i momentów sił działających na prostokątną ramkę z prądem w jednorodnym polu magnetycznym. Uczniowie uświadamiają sobie, że oto pętla z prądem zachowuje się w polu magnetycznym podobnie do magnesu: w zależności od kierunku prądu w pętli, po obu stronach płaszczyzny pętli wytwarzają się bieguny magnetyczne, które oddziałują z zewnętrznym polem obracając ramkę. W ten sposób uczeń poznaje zasadę działania silnika elektrycznego, ale nie tylko. Model pętli z prądem oddziałującej z polem magnetycznym może posłużyć także do jakościowego i bardzo uproszczonego opisu oddziaływania atomów z polem (elektrony „krążące wokół jądra” jako prądy) – np. do wyjaśniania polaryzacji atomów w polu magnetycznym. To jest może zbyt uproszczony i naiwny opis, jednak pozwala jakkolwiek podejrzeć na poziomie mikroskopowym, skąd biorą się magnetyczne własności materii.

Kolejne zapisy wymagań dla obu zakresów związane są ze zjawiskiem wiążącym magnetyzm z elektrycznością, którym to jest zjawisko indukcji elektromagnetycznej. Konsekwentnie, w zakresie podstawowym zjawisko omawia się jakościowo, a w zakresie rozszerzonym ilościowo. W tym celu buduje się aparat pojęciowy i elementarne metody matematyczne. W zakresie podstawowym wprowadzono zapis o związku zjawiska indukcji elektromagnetycznej ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy lub zmianą natężenia prądu w elektromagnesie. Jako przykłady zastosowania omawianego zjawiska uczeń poznaje

działanie prądnicy i transformatora – w obu zakresach podstawy programowej.

W zakresie rozszerzonym wprowadzono pojęcie strumienia indukcji magnetycznej przez powierzchnię. Uczeń opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej, oblicza wartość siły elektromotorycznej indukcji jako zmianę strumienia w jednostce czasu oraz stosuje regułę Lenza do określenia jej biegunowości.

W zakresie rozszerzonym uczeń ilościowo opisuje prądy i napięcia przemienne sinusoidalnie, a także poszerza wiedzę o transformatorze – stosuje ilościowy opis przekładni prądowej lub napięciowej w uproszczonym modelu transformatora, omawia zastosowania transformatorów.

Na koniec bloku tematycznego uczeń poznaje jakościową współzależność zmian pola elektrycznego (lub magnetycznego) z wytwarzanym przez te zmiany wirowym polem magnetycznym (lub elektrycznym). Należy przy tej okazji wskazywać, że przykładem powstania wirowego pola elektrycznego (np. natężenia pola elektrycznego wzdłuż pętli obwodu) pod wpływem zmiennego pola magnetycznego (np. przenikającego powierzchnię obwodu) jest zjawisko indukcji elektromagnetycznej. Ważnym jest tutaj dokonanie abstrahowania od jakichkolwiek obwodów, tzn. mówimy jedynie o relacjach pomiędzy zmianami pól i polami w przestrzeni: zmienne pole magnetyczne indukuje wirowe i zmienne pole elektryczne, które to zmienne pole elektryczne indukuje zmienne wirowe pole magnetyczne itd.

Konsekwencją tych praw elektromagnetyzmu jest zjawisko fali elektromagnetycznej rozchodzącej się w pustej przestrzeni z prędkością światła – niezależnie od prędkości jej źródła. Uczeń poznaje klasyczny opis promieniowania elektromagnetycznego, czyli światła. To szczególnie ważny temat, z uwagi na to, że dzisiejsza technologia przekazywania danych (Internet, telefonia komórkowa) używa fal elektromagnetycznych. W nawiązaniu do elementów szczególnej teorii względności z ostatniego bloku tematycznego, omówione treści nauczyciel może poszerzyć o szczególną zasadę względności Einsteina (tzn. zasadę względności rozszerzoną o zjawiska elektromagnetyczne), zgodnie z którą prędkość światła w próżni jest taka sama w każdym inercyjnym układzie odniesienia.

Fale i optyka

Kolejny blok tematyczny jest znaczącym poszerzeniem treści poznanych w szkole podstawowej, a związanych z falami mechanicznymi oraz elektromagnetycznymi. Układ treści nauczania ma uświadczać, że pewne własności zjawisk związanych z rozchodzeniem się fal mechanicznych oraz fal elektromagnetycznych są identyczne (prawo odbicia, załamania, dyfrakcja, interferencja, efekt Dopplera) – jako uniwersalne przejawy falowej natury. Te intuicje związane z uniwersalnymi własnościami fal okażą się niezmiernie przydatne, przy omawianiu falowych własności cząstek (fal prawdopodobieństwa).

W obu zakresach wprowadzono do podstawy programowej pojęcie powierzchni falowej. W zakresie podstawowym uczeń ma jakościowo opisywać rozchodzenie się fal w ośrodku materialnym na podstawie obrazu powierzchni falowych, a w zakresie rozszerzonym uczeń ma to analizować. Pojęcie powierzchni falowej jest niezbędne w kontekście zasady Huygensa, umożliwiającej analizę rozchodzenia się fali mechanicznej w ośrodku materialnym z przeszkodami.

W zakresie rozszerzonym pojawiają się istotne nowości: pojęcie natężenia fali I , oraz wprost proporcjonalna zależność natężenia fali od kwadratu jej amplitudy A :

$$I \sim A^2$$

a także zależność natężenia fali sferycznej od odległości r od źródła punktowego (lub sferycznie symetrycznego):

$$I \sim \frac{1}{r^2}$$

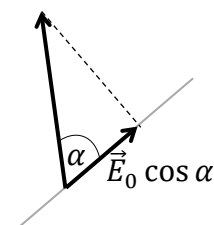
Powyższe własności dotyczą fal mechanicznych i elektromagnetycznych. Ponadto w obu zakresach uczeń ma opisywać widmo światła białego.

Kolejne wymagania dotyczą szeroko pojętych zjawisk falowych, tzn. związanych z propagowaniem się fal mechanicznych w ośrodkach materialnych lub propagowaniem się fal elektromagnetycznych w próżni i ośrodkach materialnych. Są to: prawo odbicia i załamania fali na granicy ośrodków, zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie. Załamanie fali na granicy ośrodków uczniowie wiążą z tym, że prędkości fali w różnych ośrodkach mają zazwyczaj różne wartości, ale częstotliwość fali się nie zmienia. Przy okazji zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia omawia się działanie światłowodu.

Jako szczególny przykład zasady superpozycji fal podaje się zjawisko interferencji przejawiające się w przestrzennym rozkładzie różnych wartości amplitudy fali. Uczeń poznaje ogólne warunki na wzmocnienia i osłabienia interferencyjne oraz opisuje przestrzenny obraz interferencyjny od dwóch punktowych źródeł – obraz zależący od odległości między źródłami i długości fali. Wiedzę o dyfrakcji i interferencji światła jako fali wykorzystuje się w zakresie rozszerzonym do opisu obrazu powstającego po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną.

W zakresie podstawowym omówione zjawiska opisuje się jakościowo lub ilościowo na poziomie elementarnym, natomiast w zakresie rozszerzonym wymaga się ilościowej analizy tych zjawisk (uczeń analizuje [...], stosuje [...], oblicza [...], podaje warunki [...]).

Uczeń, niezależnie od zakresu, rozróżnia fale ze względu na sposób propagowania się zaburzenia (ośrodka lub pola) na: poprzeczne i podłużne. Pojawia się niewymienione wprost pojęcie polaryzacji fali lub płaszczyzny polaryzacji: uczeń opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną, rozróżnia światło spolaryzowane od niespolaryzowanego oraz podaje przykłady polaryzacji światła (w wyniku przejścia przez



polaryzator lub odbicia od granicy ośrodków pod szczególnym kątem). Należy przyjąć, że w zakresie rozszerzonym uczeń potrafi wyznaczać amplitudę fali elektromagnetycznej (tzn. maksymalną wartość wektora pola elektrycznego) po jej przejściu przez polaryzator, gdy dany jest kąt α między płaszczyzną polaryzacji i wektorem pola elektrycznego (zobacz rys. obok). To, wraz z zależnością między amplitudą fali i natężeniem fali ($I \sim E_0^2$), daje narzędzia do obliczania zmiany natężenia fali świetlnej po przejściu przez polaryzator.

Zgodnie z wymaganiami doświadczalnymi (dla obu zakresów) przeprowadza się obserwacje zmiany natężenia światła przy przejściu przez polaryzatory, których kierunki polaryzacji są ustawione prostopadle lub równoległe. To doświadczenie można w piękny sposób poszerzyć pokazując przejaw falowej natury światła (i wektorowego charakteru pola elektromagnetycznego): w tym celu obserwuje się przejście światła przez dwa polaryzatory, których kierunki polaryzacji są ustawione prostopadle, i pomiędzy które włożono trzeci polaryzator (o innym kierunku polaryzacji niż mają oba prostopadłe).

Efekt Dopplera to kolejne zjawisko – omawiane tylko w zakresie rozszerzonym – wynikające z własności falowych. W podstawie programowej mówi się o zjawisku Dopplera dla fal, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala. Należy zatem przyjąć, że uczeń na podstawie odpowiednich wzorów ma analizować efekt Dopplera zarówno dla fal dźwiękowych jak i fal elektromagnetycznych. To ostatnie jest niezmiernie ważne w kontekście obserwacji rozszerzania się Wszechświata poprzez obserwację przesunięcia ku czerwieni widma oddalających się galaktyk. Wzór na efekt Dopplera dla światła, gdy $v_z \ll c$, jest analogiczny jak dla fal dźwiękowych:

$$\lambda_{obs (oddala)} = \lambda_0 \sqrt{\frac{c + v_z}{c - v_z}} \approx \lambda_0 \cdot \frac{c + v_z}{c}$$

Blok tematyczny fale i optyka kończy omówienie przykładów zjawisk optycznych w przyrodzie. W zakresie rozszerzonym ponadto wymienia się te zjawiska: czerwony kolor zachodzącego Słońca, miraż, efekt Tyndalla (warto też wspomnieć o efekcie niebieskiego nieba).

Fizyka atomowa

Treści nauczani w tym bloku tematycznym skupiają się na omówieniu dualizmu korpuskularno-falowego. Większość wymagań szczegółowych odnosi się do przejawów korpuskularnej natury światła, gdy dotychczas uczeń uczył się o zjawiskach odzwierciedlających falową naturę światła. Z kolei ostatnie wymagania dotyczą falowej natury elektronów oraz innych cząstek, w związku z czym są rewizją dotychczasowego wyobrażenia o cząstkach jako tylko molekułach.

Układ treści nauczania odzwierciedla mniej więcej chronologię, w jakiej dokonywano tych przełomowych odkryć.

W obu zakresach podstawy wymaga się analizy promieniowania termicznego ciał i jego zależność od temperatury. To bardzo ogólny zapis, którego interpretację nauczyciel może

przyjąć, jak podajemy poniżej. Promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez każde ciało o niezerowej temperaturze określa się jako promieniowanie termiczne (nie wliczamy w to promieniowania odbitego od ciała). Po pierwsze zwracamy uczniom uwagę na ciągłość widma promieniowania termicznego – tzn. emitowanie energii zachodzi we wszystkich długościach fal. Następnie pokazujemy związek pomiędzy temperaturą, a długością fali, dla której rozkład energii promieniowania ma maksimum (prawo Wiena). Na tej podstawie uczeń może analizować, w jakich zakresach temperatur maksimum promieniowania przypada dla długości fali w zakresie światła widzialnego. Ponadto można omawiać zależność całkowitej mocy promieniowania z powierzchni ciała od temperatury powierzchni ciała (prawo Stefana-Boltzmana). Omawiając wyżej wymienione własności promieniowania termicznego ciał można uczniom powiedzieć, że wyjaśnia się je (wyprowadza postać rozkładu Plancka) w oparciu o hipotezę dotyczącą korpuskularnej natury promieniowania elektromagnetycznego oraz dosyć zaawansowane metody fizyki statystycznej. Wprawdzie korpuskularna natura światła nie przejawia się tak spektakularnie jak w zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym, niemniej warto ją zaznaczyć już w tym momencie.

Kolejne wymagania dla obu zakresów dotyczą dualizmu korpuskularno-falowego światła. Uczeń obeznany już z falową naturą światła poznaje teraz korpuskularny charakter światła. Promieniowanie elektromagnetyczne traktuje jako wiązkę kwantów (porcji) energii – fotonów. Uczeń stosuje pojęcie fotonu, wiąże foton z częstotliwością światła monochromatycznego i wie, że jest on najmniejszą porcją energii tego światła. Następnie wprowadza się jeden z najważniejszych w fizyce wzorów, wiążący częstotliwość światła f z energią E_{fot} pojedynczego fotonu i jedną z fundamentalnych stałych przyrody – stałą Plancka h :

$$E_{fot} = hf$$

W zakresie rozszerzonym uczeń ma opisywać powstawanie promieniowania hamowania w oparciu o przemianę energii kinetycznych hamujących elektronów w energię fotonów. Uczeń rozumie, że ciągły rozkład widma promieniowania hamowania, licząc od pewnej najmniejszej granicznej długości fali, odzwierciedla fakt, że zmiana energii kinetycznej elektronu $\Delta E_{kin e}$ w energię fotonu może przyjmować dowolną wartość w przedziale od 0 (gdy elektron w ogóle nie hamuje) do energii kinetycznej elektronu E_{kin} (gdy elektron wyhamuje całkowicie).

W odróżnieniu od ciągłego widma promieniowania uczeń – w zakresie podstawowym i rozszerzonym – ma znać i rozróżniać liniowe widma emisyjne oraz absorpcyjne gazów. Fakt, że – przy pominięciu promieniowania termicznego – gazy emitują (lub absorbują) światło o ustalonych (a więc nie dowolnych!) długościach fal ma być interpretowany w kontekście przemiany energii elektronów w energię fotonów, na skutek przejść tych elektronów w atomie między poziomami energetycznymi, gdzie energie elektronów przyjmują określone (czyli nie dowolne) wartości. Przy okazji wprowadza się pojęcie stanu podstawowego i wzbudzonego

atomu, a także analizuje się (w zakresie podstawowym tylko jakościowo) widmo emisyjne i absorpcyjne atomu wodoru.

W zakresie rozszerzonym wprowadza się wzór na pęd fotonu. Należy przy tym zwracać uwagę na fakt, że foton, chociaż nie ma masy, to ma pęd, który może przekazywać innym ciałom. To kolejny przejaw korpuskularnej natury światła. Uczeń ma rozumieć, że na poziomie elementarnym oddziaływania światła z materią – a więc w oddziaływaniu fotonu z cząstkami materii – spełniona jest zasada zachowania pędu oraz zasada zachowania energii. Cząstka może przyjąć porcję energii i pędu niesioną przez foton (całkowitą lub część).

W kontekście przekazywania energii cząstkom materii przez promieniowanie elektromagnetyczne omawia się w obu zakresach zjawisko jonizacji, zjawisko fotoelektryczne oraz zjawisko fotochemiczne. Progowy charakter podobnych zjawisk – zachodzących powyżej pewnej częstotliwości granicznej promieniowania – wyjaśnia się koniecznością posiadania przez pojedynczy foton energii większej od energii oddziaływania elektronu z jądrem atomowym lub większej od pracy wyjścia elektronu z metalu.

W zakresie rozszerzonym wymaga się jakościowego opisu obrazu dyfrakcji i interferencji promieniowania rentgenowskiego na kryształach – tzn. na regularnej, przestrzennej sieci krystalicznej. Falowe własności cząstek najlepiej wprowadzić omawiając wynik doświadczenia z rozpraszaniem elektronów także na kryształach. Oto odbita od kryształu wiązka elektronów – o których myślimy przecież jako o małych „kuleczkach” – zamiast zachowywać się jak strumień „kulek” w mechanice klasycznej, tworzy obraz podobny do tego, jaki zostałby utworzony przez fale o pewnej długości. Ponadto obraz ten zależy od pędu elektronów. W naturalny sposób uczeń poznaje koncepcję, aby pęd cząstki powiązać z długością pewnej fali (fali de Broglie’a, fali prawdopodobieństwa). Jako klasyczny przykład przejawu korpuskularno-falowej natury cząstek należy omówić wynik doświadczenia z interferencją elektronów na dwóch szczelinach. Najbardziej przemawia do wyobraźni skrajna forma eksperymentu, gdy elektrony przechodzą przez obie szczeliny pojedynczo, a po przejściu przez nie padają na ekran w miejsca, które utworzą obraz interferencyjny.

Fizyka jądrowa (zakres podstawowy)

Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa (zakres rozszerzony)

W ostatnim bloku tematycznym wprowadzono do podstawy programowej w zakresie rozszerzonym elementy szczególnej teorii względności (fizyki relatywistycznej). Szczególna teoria względności jest filarem całej fizyki współczesnej: relatywistycznych teorii kwantowych i ogólnej teorii względności. Ponieważ powraca ona do podstawy programowej, to wymienionym w niej zagadnieniom poświęćmy więcej uwagi.

Zgodnie z wymaganiami, uczeń poznaje niezależność prędkości światła w próżni od ruchu źródła światła. O tym fenomenie można było nawiązać przy okazji omawiania ostatnich treści w bloku tematycznym magnetyzm: konsekwencją praw elektromagnetyzmu jest zjawisko fali

elektromagnetycznej rozchodzącej się w pustej przestrzeni z prędkością światła – niezależnie od prędkości jej źródła. Jeżeli zatem do zasady równoważności układów inercjalnych ze względu na opis zjawisk mechanicznych, dołączymy zjawiska elektromagnetyczne – jak to wprost postulował Einstein – to otrzymujemy mało intuicyjny wniosek, że prędkość światła ma tę samą wartość w każdym układzie inercjalnym. Prędkość światła jest niezmiennicza – tzn. nie zmienia swojej wartości, gdy jest mierzona w różnych inercjalnych układach odniesienia, które poruszają się względem siebie ruchem jednostajnym prostoliniowym. Ten czysto teoretyczny wniosek Einsteina został niezależnie potwierdzony doświadczalnie. Konsekwencją tego jest fakt, że nie istnieje układ spoczynkowy dla fotonu.

U podstaw kinematyki szczególnej teorii względności stoi tzw. procedura synchronizacji zegarów, równoważna einsteinowskiemu określeniu równoczesności zdarzeń. Uczeń ma zrozumieć, jak operacyjnie zdefiniowane są w układzie inercjalnym dwa zdarzenia równoczesne. Myślenie o absolutnym charakterze czasu jest bardzo silnie zakorzenione, dlatego uczniowie mogą być zdziwieni, po co w ogóle definiować niby tak oczywiste rzeczy. Do określenia zdarzeń równoczesnych używa się sygnałów elektromagnetycznych, korzystając z ich uniwersalnej własności – niezmienniczej prędkości. Po zdefiniowaniu zdarzeń równoczesnych należy pokazać względność równoczesności (względny charakter synchronizacji zegarów). Można w tym celu wykorzystać eksperyment myślowy Einsteina z pociągiem – obserwatorzy na peronie i w pociągu posługując się tymi samymi sygnałami uznają za równoczesne całkiem inne zdarzenia. Tak rewidujemy pogląd o absolutnym charakterze równoczesności.

Kolejne wymagania ze szczególnej teorii względności dotyczą dynamiki oraz energii. Uczeń posługuje się związkiem między energią całkowitą cząstki a jej masą i prędkością, a także posługuje się pojęciem energii spoczynkowej. W ten sposób pojawia się równoważność masy i energii. Einsteińską równoważność masy i energii, czyli słynny (także w popkulturze) wzór $E = mc^2$, należy omawiać w szerokim kontekście fizycznym, a także wspomnieć o historycznym.

Pozostałe wymagania w tym bloku tematycznym dotyczą aspektów fizyki jądrowej, które były zawarte także w poprzedniej podstawie. W zakresie podstawowym i rozszerzonym uczeń ma posługiwać się pojęciem pierwiastka, jądra atomowego, izotopu, elektronu, protonu, neutronu a także musi umieć opisać skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej. Wymaga się umiejętności zapisywania reakcji jądrowych z zastosowaniem zasady zachowania liczby nukleonów i ładunku elektrycznego. Do tego uczeń ma stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych, z uwzględnieniem energii spoczynkowej. Dalej uczeń ma posługiwać się pojęciami energii wiązania jądra atomowego, deficytu masy jądra atomowego, a także powinien umieć obliczać te wielkości dla dowolnego izotopu.

W zakresie podstawowym i rozszerzonym uczeń opisuje przemiany typu alfa i beta jąder atomowych, posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego, oraz opisuje

powstawanie promieniowania gamma. Z zapisów podstawy należy przyjąć, że w zakresie rozszerzonym uczeń ma wiązać emisję (lub pochłonięcie) kwantu gamma przez jądro, z odpowiednimi zmianami masy i energii wiązania tego jądra.

Również w obu zakresach podstawy programowej wymaga się opisywania rozpadów izotopów promieniotwórczych z uwzględnieniem przypadkowego charakteru przemiany pojedynczego jądra. Opisując rozpady promieniotwórcze uczeń musi posługiwać się pojęciem czasu T połowicznego rozpadu. Należy zatem przyjąć, że uczeń stosuje do obliczeń – niewymienione wprost – pierwsze prawo rozpadu:

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

W zakresie rozszerzonym uczeń ma znać metodę datowania substancji na podstawie proporcji zawartości promieniotwórczego izotopu ^{14}C w stosunku do trwałych izotopów ^{12}C i ^{13}C . Dalej, w obu zakresach wymienia się wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe oraz zastosowanie promieniotwórczości w technice i medycynie.

Ważnym wymaganiem szczegółowym wspólnym dla obu zakresów jest umiejętność opisywania reakcji rozszczepienia jądra uranu ^{235}U na skutek pochłonięcia neutronu. W tym kontekście – pozyskiwania energii z rozpadów ciężkich jąder – uczeń ma znać zasadę działania elektrowni jądrowych.

Jedno z ostatnich wymagań podstawy dla obu zakresów dotyczy opisywania ewolucji gwiazd, opisywania supernowych i czarnych dziur. Ponieważ jest to zagadnienie wymagające wiedzy na najwyższym poziomie z fizyki kwantowej, ogólnej teorii względności i fizyki statystycznej, to wymagania trzeba ograniczyć do wymieniania poszczególnych etapów ewolucji gwiazd i podawania ich przyczyn. Czarne dziury z kolei uczeń powinien opisywać jako obiekty z tzw. osobliwością i horyzontem zdarzeń – powstałe po zapadnięciu się gwiazd o największych masach.

Podstawa programowa kształcenia ogólnego

z komentarzem

**Szkoła ponadpodstawowa:
branżowa szkoła I stopnia**

Fizyka

Preambuła podstawy programowej kształcenia ogólnego

III etap edukacyjny: branżowa szkoła I stopnia dla uczniów będących absolwentami ośmioletniej szkoły podstawowej

Celem edukacji w branżowej szkole I stopnia jest przygotowanie uczniów do uzyskania kwalifikacji zawodowych, a także, jak w przypadku innych typów szkół, do pracy i życia w warunkach współczesnego świata. Poza kształceniem zawodowym, branżowa szkoła I stopnia ma za zadanie wyposażyć uczniów w odpowiedni zasób wiedzy ogólnej, która stanowi fundament wykształcenia, umożliwiając zdobycie podczas dalszej nauki zróżnicowanych kwalifikacji zawodowych oraz umożliwiając kontynuację kształcenia w branżowej szkole II stopnia w zawodzie, w którym wyodrębniono kwalifikację wspólną dla zawodu nauczanego w branżowej szkole I stopnia, lub w liceum ogólnokształcącym dla dorosłych (począwszy od klasy II), a następnie w szkołach policealnych lub szkołach wyższych.

Celem kształcenia ogólnego w branżowej szkole I stopnia jest:

- 1) traktowanie uporządkowanej, systematycznej wiedzy jako podstawy kształtowania umiejętności;
- 2) doskonalenie umiejętności myślowo-językowych, takich jak: czytanie ze zrozumieniem, pisanie twórcze, formułowanie pytań i problemów, posługiwanie się kryteriami, uzasadnianie, wyjaśnianie, klasyfikowanie, wnioskowanie, definiowanie, posługiwanie się przykładami itp.;
- 3) rozwijanie osobistych zainteresowań ucznia;
- 4) zdobywanie umiejętności formułowania samodzielnych i przemyślanych sądów, uzasadniania własnych i cudzych sądów w procesie dialogu we wspólnocie dociekającej;
- 5) łączenie zdolności krytycznego i logicznego myślenia z umiejętnościami wyobrażeniowo-twórczymi;
- 6) rozwijanie wrażliwości społecznej, moralnej i estetycznej;
- 7) rozwijanie narzędzi myślowych umożliwiających uczniom obcowanie z kulturą i jej rozumienie;
- 8) rozwijanie u uczniów szacunku dla wiedzy, wyrabianie pasji poznawania świata i zachęcanie do praktycznego zastosowania zdobytych wiadomości.

Do najważniejszych umiejętności zdobywanych przez ucznia w trakcie kształcenia ogólnego w branżowej szkole I stopnia należą:

- 1) myślenie – rozumiane jako złożony proces umysłowy polegający na tworzeniu nowych reprezentacji za pomocą transformacji dostępnych informacji, obejmującej interakcję wielu operacji umysłowych: wnioskowanie, abstrahowanie, rozumowanie, wyobrażanie, sądzenie, rozwiązywanie problemów, twórczość. Dzięki temu, że uczniowie szkoły ponadpodstawowej uczą się równocześnie różnych przedmiotów, możliwe jest rozwijanie następujących typów myślenia: analitycznego, syntetycznego, logicznego, komputacyjnego, przyczynowo-skutkowego, kreatywnego, abstrakcyjnego; zachowanie

ciągłości kształcenia ogólnego rozwija zarówno myślenie percepcyjne, jak i myślenie pojęciowe. Synteza obu typów myślenia stanowi podstawę wszechstronnego rozwoju ucznia;

- 2) czytanie – umiejętność łącząca zarówno rozumienie sensów, jak i znaczeń symbolicznych wypowiedzi; kluczowa umiejętność lingwistyczna i psychologiczna prowadząca do rozwoju osobowego, aktywnego uczestnictwa we wspólnocie, przekazywania doświadczeń między pokoleniami;
- 3) umiejętność komunikowania się w języku ojczystym i w językach obcych zarówno w mowie, jak i w piśmie jako podstawowa umiejętność społeczna, której podstawą jest znajomość norm językowych oraz tworzenie podstaw porozumienia się w różnych sytuacjach komunikacyjnych;
- 4) kreatywne rozwiązywanie problemów z różnych dziedzin ze świadomym wykorzystaniem metod i narzędzi wywodzących się z informatyki, w tym programowanie;
- 5) umiejętność sprawnego posługiwania się nowoczesnymi technologiami informacyjno-komunikacyjnymi, w tym dbałość o poszanowanie praw autorskich i bezpieczne poruszanie się w cyberprzestrzeni;
- 6) umiejętność samodzielnego docierania do informacji, dokonywania ich selekcji, syntezy oraz wartościowania, rzetelnego korzystania ze źródeł;
- 7) nabywanie nawyków systematycznego uczenia się, porządkowania zdobytej wiedzy i jej pogłębiania;
- 8) umiejętność współpracy w grupie i działań indywidualnych.

Jednym z najważniejszych zadań branżowej szkoły I stopnia jest rozwijanie kompetencji językowej i kompetencji komunikacyjnej stanowiących kluczowe narzędzie poznawcze we wszystkich dyscyplinach wiedzy. Istotne w tym zakresie jest łączenie teorii i praktyki językowej. Bogacenie słownictwa, w tym poznawanie terminologii właściwej dla danej dziedziny nauki, służy rozwojowi intelektualnemu ucznia, a wspomaganie i dbałość o ten rozwój należy do obowiązków każdego nauczyciela.

Ważnym zadaniem szkoły jest przygotowanie uczniów do życia w społeczeństwie informacyjnym. Nauczyciele wszystkich przedmiotów powinni stwarzać uczniom warunki do nabywania umiejętności wyszukiwania, porządkowania i wykorzystywania informacji z różnych źródeł oraz dokumentowania swojej pracy, z uwzględnieniem prawidłowej kompozycji tekstu i zasad jego organizacji, z zastosowaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych.

Realizację powyższych celów powinna wspomagać dobrze wyposażona biblioteka szkolna, dysponująca aktualnymi zbiorami, zarówno w postaci księgozbioru, jak i w postaci zasobów multimedialnych. Nauczyciele wszystkich przedmiotów powinni odwoływać się do zasobów biblioteki szkolnej i współpracować z nauczycielami bibliotekarzami w celu wszechstronnego przygotowania uczniów do samokształcenia i świadomego wyszukiwania, selekcjonowania i wykorzystywania informacji.

Ze względu na to, że środki społecznego przekazu odgrywają coraz większą rolę, zarówno w życiu społecznym, jak i indywidualnym, każdy nauczyciel powinien poświęcić dużo uwagi edukacji medialnej, czyli wychowaniu uczniów do właściwego odbioru i wykorzystania mediów.

Ważnym celem działalności branżowej szkoły I stopnia jest skuteczne nauczanie języków obcych. Bardzo ważne jest dostosowanie zajęć do poziomu przygotowania ucznia, które uzyskał na wcześniejszych etapach edukacyjnych.

Ważnym zadaniem szkoły jest także edukacja zdrowotna, której celem jest rozwijanie u uczniów postawy dbałości o zdrowie własne i innych ludzi oraz umiejętności tworzenia środowiska sprzyjającego zdrowiu.

W procesie kształcenia ogólnego szkoła kształtuje u uczniów postawy sprzyjające ich dalszemu rozwojowi indywidualnemu i społecznemu, takie jak: uczciwość, wiarygodność, odpowiedzialność, wytrwałość, poczucie własnej wartości, szacunek dla innych ludzi, ciekawość poznawcza, kreatywność, przedsiębiorczość, kultura osobista, gotowość do uczestnictwa w kulturze, podejmowania inicjatyw oraz do pracy zespołowej. W rozwoju społecznym bardzo ważne jest kształtowanie postawy obywatelskiej, postawy poszanowania tradycji i kultury własnego narodu, a także postawy poszanowania dla innych kultur i tradycji.

Kształcenie i wychowanie w branżowej szkole I stopnia sprzyja rozwijaniu postaw obywatelskich, patriotycznych i społecznych uczniów. Zadaniem szkoły jest wzmacnianie poczucia tożsamości narodowej, etnicznej i regionalnej, przywiązania do historii i tradycji narodowych, przygotowanie i zachęcanie do podejmowania działań na rzecz środowiska szkolnego i lokalnego, w tym do angażowania się w wolontariat. Szkoła dba o wychowanie młodzieży w duchu akceptacji i szacunku dla drugiego człowieka, kształtuje postawę szacunku dla środowiska przyrodniczego, motywuje do działań na rzecz ochrony środowiska oraz rozwija zainteresowanie ekologią.

Duże znaczenie dla rozwoju młodego człowieka oraz jego sukcesów w dorosłym życiu ma nabywanie kompetencji społecznych, takich jak: komunikacja i współpraca w grupie, w tym w środowiskach wirtualnych, udział w projektach zespołowych lub indywidualnych oraz organizacja i zarządzanie projektami.

Strategia uczenia się przez całe życie wymaga umiejętności podejmowania ważnych decyzji, poczynając od wyboru szkoły ponadpodstawowej, kierunku studiów lub konkretnej specjalizacji zawodowej, poprzez decyzje o wyborze miejsca pracy, sposobie podnoszenia oraz poszerzania swoich kwalifikacji, aż do ewentualnych decyzji o zmianie zawodu. Umiejętności te będą kształtowane w branżowej szkole I stopnia.

Szkoła ma stwarzać uczniom warunki do nabywania wiedzy i umiejętności potrzebnych do rozwiązywania problemów z wykorzystaniem metod i technik wywodzących się z informatyki, w tym logicznego i algorytmicznego myślenia, programowania, posługiwania się aplikacjami komputerowymi, wyszukiwania i wykorzystywania informacji z różnych źródeł, posługiwania się komputerem i podstawowymi urządzeniami cyfrowymi oraz stosowania tych umiejętności na zajęciach z różnych przedmiotów, m.in. do pracy nad tekstem, wykonywania obliczeń, przetwarzania informacji i jej prezentacji w różnych postaciach.

Każda sala lekcyjna powinna mieć dostęp do internetu. Uczniowie i nauczyciele powinni mieć zapewniony dostęp do pracowni stacjonarnej lub mobilnej oraz możliwość korzystania z własnego sprzętu. Wszystkie pracownie powinny być wyposażone w monitor interaktywny (z wbudowanym komputerem i oprogramowaniem) lub zestaw: komputer, projektor i tablica interaktywna lub ekran.

Szkoła ma również przygotowywać uczniów do dokonywania świadomych i odpowiedzialnych wyborów w trakcie korzystania z zasobów dostępnych w internecie, krytycznej analizy informacji, bezpiecznego poruszania się w przestrzeni cyfrowej, w tym nawiązywania i utrzymywania opartych na wzajemnym szacunku relacji z innymi użytkownikami sieci.

Szkoła oraz poszczególni nauczyciele podejmują działania mające na celu zindywidualizowane wspomaganie rozwoju każdego ucznia, stosownie do jego potrzeb i możliwości.

Uczniom z niepełnosprawnościami szkoła zapewnia optymalne warunki pracy. Wybór form indywidualizacji nauczania powinien wynikać z rozpoznania potencjału każdego ucznia. Nauczyciel powinien tak dobierać zadania, aby z jednej strony nie przerastały one możliwości ucznia (uniemożliwiały osiągnięcie sukcesu), a z drugiej nie powodowały obniżenia motywacji do radzenia sobie z wyzwaniami.

Zastosowanie metody projektu, oprócz wspierania w nabywaniu opisanych wyżej kompetencji, pomaga również rozwijać u uczniów przedsiębiorczość i kreatywność oraz umożliwia stosowanie w procesie kształcenia innowacyjnych rozwiązań programowych, organizacyjnych lub metodycznych.

Opis wiadomości i umiejętności zdobytych przez ucznia w branżowej szkole I stopnia jest przedstawiany w języku efektów uczenia się, zgodnie z Polską Ramą Kwalifikacji⁴.

Działalność edukacyjna branżowej szkoły I stopnia jest określona przez:

- 1) szkolny zestaw programów nauczania;
- 2) program wychowawczo-profilaktyczny szkoły.

Szkolny zestaw programów nauczania oraz program wychowawczo-profilaktyczny szkoły tworzą spójną całość i muszą uwzględniać wszystkie wymagania opisane w podstawie

⁴ Ustawa z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji (Dz. U. z 2017 r. poz. 986, z późn. zm.).

programowej. Ich przygotowanie i realizacja są zadaniem zarówno całej szkoły, jak i każdego nauczyciela.

Obok zadań wychowawczych i profilaktycznych nauczyciele wykonują również działania opiekuńcze odpowiednio do istniejących potrzeb.

Działalność wychowawcza szkoły należy do podstawowych celów polityki oświatowej państwa. Wychowanie młodego pokolenia jest zadaniem rodziny i szkoły, która w swojej działalności musi uwzględniać wolę rodziców, ale także i państwa, do którego obowiązków należy stwarzanie właściwych warunków wychowania. Zadaniem szkoły jest ukierunkowanie procesu wychowawczego na wartości, które wyznaczają cele wychowania i kryteria jego oceny. Wychowanie ukierunkowane na wartości zakłada przede wszystkim podmiotowe traktowanie ucznia, a wartości skłaniają człowieka do podejmowania odpowiednich wyborów czy decyzji. W realizowanym procesie dydaktyczno-wychowawczym szkoła podejmuje działania związane z miejscami ważnymi dla pamięci narodowej, formami upamiętniania postaci i wydarzeń z przeszłości, najważniejszymi świętami narodowymi i symbolami państwowymi.

Przedmioty nauczania z zakresu kształcenia ogólnego w branżowej szkole I stopnia:

- 1) język polski;
- 2) język obcy nowożytny;
- 3) historia;
- 4) wiedza o społeczeństwie;
- 5) podstawy przedsiębiorczości;
- 6) geografia;
- 7) biologia;
- 8) chemia;
- 9) fizyka;
- 10) matematyka;
- 11) informatyka;
- 12) wychowanie fizyczne;
- 13) edukacja dla bezpieczeństwa;
- 14) wychowanie do życia w rodzinie⁵;
- 15) etyka;
- 16) język mniejszości narodowej lub etnicznej⁶;
- 17) język regionalny – język kaszubski⁶.

⁵ Sposób nauczania przedmiotu wychowanie do życia w rodzinie określają przepisy wydane na podstawie art. 4 u st. 3 ustawy z dnia 7 stycznia 1993 r. o planowaniu rodziny, ochronie płodu ludzkiego i warunkach dopuszczalności przerywania ciąży (Dz. U. poz. 78, z późn. zm.).

⁶ Przedmiot język mniejszości narodowej lub etnicznej oraz przedmiot język regionalny – język kaszubski jest realizowany w szkołach (oddziałach) z nauczaniem języka mniejszości narodowych lub etnicznych oraz języka regionalnego – języka kaszubskiego, zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 13 ust. 3 ustawy z dnia 7 września 1991 r. o systemie oświaty (Dz. U. z 2018 r. poz. 1457, z późn. zm.).

Fizyka

Fizyka jest nauką przyrodniczą, której prawa i zasady są wykorzystywane w codziennej aktywności człowieka, także w jego aktywności zawodowej. Elementy charakterystyczne dla tej dyscypliny naukowej znajdują praktyczne zastosowanie w urządzeniach i procesach technicznych, z których korzystamy. Dlatego też nauczanie fizyki w branżowej szkole I stopnia stanowi ważny element kształcenia ogólnego i w naturalny sposób wspomaga kształcenie zawodowe. Świadomość powiązań kompetencji, których korzenie tkwią w fizyce, z wiedzą i umiejętnościami charakterystycznymi dla określonych specjalności zawodowych czyni kształcenie pełniejszym i holistycznym. Fizyka jako jeden z przedmiotów związanych z przyrodą ma za zadanie pomóc uczniowi zrozumieć otaczający go świat, a co za tym idzie, lepiej w nim funkcjonować poprzez szersze rozumienie zjawisk zachodzących w przyrodzie.

Podstawa programowa przedmiotu fizyka

III etap edukacyjny: branżowa szkoła I stopnia dla uczniów będących absolwentami ośmioletniej szkoły podstawowej

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 i doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.
- IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

- I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:
 - 1) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;
 - 2) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;
 - 3) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia, korzystając z ich opisów;
 - 4) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów;
 - 5) ilustruje prawa i zależności fizyczne z wykorzystaniem modelu fizycznego;
 - 6) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne;
 - 7) wyznacza średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzalnego;
 - 8) posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności;
 - 9) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;
 - 10) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik;
 - 11) rozpoznaje zależność rosnącą bądź malejącą na podstawie danych z tabeli lub na podstawie wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie wykresu;

- 12) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń;
- 13) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki, biofizyki lub astronomii.

II. Mechanika i grawitacja. Uczeń:

- 1) rozróżnia ruchy postępowe i obrotowe;
- 2) posługuje się pojęciami położenie, tor i droga;
- 3) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i zmienne; analizuje ruchy jednostajnie zmienne: przyspieszony oraz opóźniony;
- 4) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;
- 5) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami okresu, częstotliwości i prędkości wraz z ich jednostkami;
- 6) analizuje jakościowo przykłady ruchu jednostajnego po okręgu, posługując się pojęciem siły dośrodkowej;
- 7) rozróżnia opory ruchu (opory ośrodka i tarcie) oraz opisuje jakościowo ich wpływ na ruch ciał;
- 8) posługuje się pojęciem siły bezwładności, opisując przykłady jej występowania;
- 9) wyjaśnia zasadę działania dźwigni jednostronnej i dwustronnej i stosuje ją do obliczeń;
- 10) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej wraz z ich jednostkami;
- 11) omawia prawo powszechnego ciążenia;
- 12) wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał;
- 13) oblicza pracę mechaniczną przy zmianie wysokości w pobliżu powierzchni Ziemi; posługuje się pojęciem energii potencjalnej grawitacji;
- 14) wyjaśnia wpływ siły grawitacji Słońca na ruch planet i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców;
- 15) opisuje stan nieważkości oraz wskazuje przykłady jego występowania;
- 16) opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce;
- 17) opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk);
- 18) doświadcza:
 - a) demonstruje działanie siły bezwładności,
 - b) bada warunki równowagi dźwigni jednostronnej i dwustronnej.

III. Elektryczność i magnetyzm. Uczeń:

- 1) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego i napięcia elektrycznego;
- 2) opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniów połączonych szeregowo;
- 3) stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu do napięcia (prawo Ohma) dla przewodników;

- 4) opisuje sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego; postępuje się I prawem Kirchhoffa;
- 5) wskazuje funkcję bezpieczników i przewodu uziemiającego w sieci domowej;
- 6) postępuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem;
- 7) opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki z prądem;
- 8) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- 9) opisuje cechy prądu przemiennego;
- 10) opisuje zastosowanie transformatorów;
- 11) doświadcza:
 - a) ilustruje I prawo Kirchhoffa,
 - b) bada zjawisko indukcji elektromagnetycznej w przypadku względnego ruchu magnesu i zwojnicy lub zmiany natężenia prądu w elektromagnesie.

IV. Ciepło. Uczeń:

- 1) odróżnia przekaz energii w formie pracy mechanicznej od przekazu energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach;
- 2) stosuje zasadę zachowania energii do opisu zjawisk cieplnych i mechanicznych;
- 3) analizuje przepływ ciepła i wykonywaną pracę w silnikach cieplnych i chłodziarkach;
- 4) postępuje się pojęciem wartości energetycznej paliw i żywności;
- 5) doświadcza: demonstruje rozszerzalność cieplną gazów.

V. Fale. Uczeń:

- 1) opisuje rozchodzenie się fal na podstawie obrazu powierzchni falowych, postępując się przykładami fal na wodzie i dźwięku w powietrzu;
- 2) opisuje jakościowo dyfrakcję fali na przeszkodzie;
- 3) opisuje jakościowo efekt Dopplera;
- 4) ilustruje prostoliniowe rozchodzenie się światła w ośrodku jednorodnym;
- 5) opisuje jakościowo zjawisko jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków;
- 6) opisuje jakościowo zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia (światłowody);
- 7) opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal o różnych częstotliwościach;
- 8) analizuje na wybranych przykładach zjawiska optyczne w przyrodzie;
- 9) doświadcza:
 - a) demonstruje zjawisko ugięcia fali na przeszkodzie lub szczelinie,
 - b) bada zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia,
 - c) demonstruje jednoczesne odbicie i załamania światła na granicy dwóch ośrodków.

VI. Atom i jego jądro. Uczeń:

- 1) analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury;
- 2) opisuje pochodzenie widm emisyjnych rozrzedzonych gazów;
- 3) opisuje zjawisko jonizacji;
- 4) posługuje się pojęciami: pierwiastek, elektron, jądro atomowe, proton, neutron, izotop; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej;
- 5) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje rozpad jądra izotopu promieniotwórczego; wymienia rodzaje i właściwości promieniowania jądrowego;
- 6) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe;
- 7) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;
- 8) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; wymienia warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
- 9) opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej;
- 10) doświadczalnie: obserwuje widmo ciągłe i liniowe.

VII. Moduły fakultatywne.

1. Moduł A. Tematy:

- 1) eksploracja Kosmosu: uwarunkowania i ograniczenia, loty kosmiczne, pojazdy i aparatura pomiarowa;
- 2) narzędzia obserwacyjne astronomii;
- 3) elementy kosmologii: ewolucja i struktura Wszechświata, budowa i ewolucja gwiazd, fale grawitacyjne.

2. Moduł B. Tematy:

- 1) ruchy ciał, z uwzględnieniem oporów ośrodka;
- 2) mechanika cieczy i gazów: warunki pływania, urządzenia wykorzystujące prawa hydrostatyki, mechanika lotu;
- 3) silniki: spalinowe, odrzutowe oraz napędy hybrydowe.

3. Moduł C. Tematy:

- 1) fizyka w medycynie: metody diagnozowania i terapii;
- 2) fizyka w sporcie;
- 3) fizyka w domu: np. kuchenka mikrofalowa, płyta indukcyjna, systemy alarmowe.

4. Moduł D. Tematy:

- 1) elementy elektroniki: półprzewodniki i ich rola, bramki i elementy logiczne, układy scalone i procesory;
- 2) materiały magnetyczne: właściwości i charakterystyki, zapis i przechowywanie

- informacji;
- 3) fale radiowe: zakresy i zastosowania, metody modulacji, zabezpieczenie przed szkodliwym wpływem.
5. Moduł E. Tematy:
 - 1) własności materii: sprężystość, plastyczność i wytrzymałość materiałów, rozszerzalność;
 - 2) budowa materii: kryształy i ich zastosowania, grafen, nadprzewodniki, plazma;
 - 3) elementarne składniki materii: kwarki, leptony, nośniki oddziaływań.
 6. Moduł F. Tematy:
 - 1) mechanizmy widzenia: widzenie barwne, wady wzroku, widzenie przestrzenne, projekcja 3D;
 - 2) zjawisko polaryzacji światła i jego zastosowania;
 - 3) przyrządy optyczne: lupa, mikroskop, teleskop, światłowód, itp.
 7. Moduł G. Tematy:
 - 1) odnawialne źródła energii;
 - 2) fizyka Ziemi i atmosfery: wyładowania atmosferyczne, ruchy powietrza, ruchy tektoniczne, pływy i prądy morskie;
 - 3) elementy akustyki: instrumenty muzyczne, akustyka pomieszczeń, ochrona przed hałasem.
 8. Moduł H. Tematy:
 - 1) polscy badacze przyrody i ich odkrycia;
 - 2) wynalazki, które zmieniły świat;
 - 3) laboratoria i metody badawcze współczesnej fizyki: akcelerator, reaktor jądrowy, spektroskopia.

Warunki i sposób realizacji

Podstawę programową fizyki dla branżowej szkoły I stopnia otwierają cele kształcenia – wymagania ogólne określające główne zadania kształcenia fizycznego na tym etapie edukacyjnym. Ze względu na spiralny charakter kształcenia do podstawy programowej wprowadzone zostały nowe treści tak, aby powiększony zasób wiedzy i umiejętności przedmiotowych przybliżyć ucznia do rozwiązywania problemów w szerszej perspektywie poznawczej.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe zostały podzielone na: część obowiązkową (działy I–VI) oraz część fakultatywną (dział VII). Część fakultatywna zawiera listę zagadnień tematycznych pogrupowanych w moduły, z których w całym etapie edukacyjnym należy zrealizować co najmniej dwa. Nauczanie w ramach części fakultatywnej powinno mieć głównie charakter popularyzatorski. Sposób realizacji tematów w module fakultatywnym i określenie celów szczegółowych kształcenia w tym zakresie należy do zadań nauczyciela. Cele te powinny być skorelowane z celami kształcenia – wymaganiami ogólnymi (przekrojowymi) i stanowić sposobność do ich ugruntowania.

Komentarz do podstawy programowej przedmiotu fizyka

Branżowa szkoła

*Dariusz Bossowski, dr Tomasz Greczyło, Mariusz Mroczek, dr Lidia Skibińska,
dr Marek Thomas*

Ogólne założenia podstawy programowej

Nauczanie fizyki w branżowej szkole I stopnia stanowi element kształcenia ogólnego, który – w wymiarze holistycznym – ma uzupełniać, a także wspomagać kształcenie zawodowe. *Podstawa programowa kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia* – z przedmiotu fizyka – zakłada spiralny charakter kształcenia. W związku z tym, w szkole branżowej powraca się do treści z ośmioletniej szkoły podstawowej i poszerza ich zakres.

Podstawa programowa zawiera cele kształcenia zapisane w języku wymagań ogólnych oraz treści nauczania ujęte w języku wymagań szczegółowych. Wymagania szczegółowe opisują konkretne umiejętności oczekiwane od uczniów w kontekście danego elementu wiedzy, tzn. komunikują to, co uczeń musi „umieć i wiedzieć”. Zarówno wymagania ogólne jak i wymagania szczegółowe są podstawą ustalania kryteriów ocen szkolnych.

Treści nauczania oraz cele kształcenia dla szkoły branżowej skupiają się na umiejętnościach rozpoznawania zjawisk fizycznych, ich wyjaśniania od strony jakościowej, opisywania oraz interpretowania za pomocą podstawowych praw i pojęć fizycznych. Treści nauczania obejmują reprezentatywną klasę zjawisk i praw fizycznych z różnych działów tematycznych. Ich realizacja pozwala ukształtować w uczniu podstawy fizycznego rozumienia rzeczywistości oraz umożliwić mu dostrzeżenie roli, jaką odgrywa fizyka we współczesnej technologii. Świadomość praktycznych zastosowań praw i zasad fizyki w codziennej aktywności człowieka, pozwala widzieć niektóre aspekty aktywności zawodowej w szerszym kontekście.

Założenia na płaszczyźnie celów kształcenia – wymagań ogólnych oraz treści nauczania – wymagań szczegółowych

W podstawie programowej dla branżowej szkoły I stopnia wyróżniono cztery cele kształcenia. Ich układ odzwierciedla kompetencje nabywane stopniowo podczas nauki o zjawiskach fizycznych. Realizacja celów kształcenia pozwala na to, aby uczeń wykształcił podstawowe umiejętności w zakresie posługiwania się aparatem pojęciowym fizyki oraz poznał podstawy metody naukowej. Naukę o zjawiskach rozpoczynamy od wyodrębnienia ich w otaczającej rzeczywistości. Następnie zjawisko opisujemy za pomocą pojęć reprezentujących wielkości, które daje się wyróżnić i zmierzyć w zjawisku lub reprezentujących aspekty zjawiska dające się precyzyjnie sformułować. To właśnie jest treścią I celu kształcenia:

I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.

Realizację powyższego celu można osiągnąć, odwołując się do przykładów zjawisk obserwowanych w życiu codziennym. Po wyodrębnieniu zjawiska i zapoznaniu się z pojęciami i wielkościami opisującymi zjawisko, następnym krokiem będzie poznanie podstawowych praw i zależności pomiędzy tymi wielkościami. Dzięki nim możliwe będzie wyjaśnianie zjawisk i przewidywanie przebiegu procesów fizycznych przy zadanych warunkach. Tego obszaru poznawczego dotyczy drugi cel kształcenia:

II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

Przeprowadzanie doświadczeń fizycznych i obserwacji oraz analiza ich wyników daje okazję do głębszego zrozumienia zjawisk, wnioskowania o zależnościach pomiędzy wielkościami, stawiania oraz weryfikowania hipotez. To wszystko wyraża trzeci cel kształcenia

III Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.

Czwarty cel kształcenia dotyczy umiejętności *posługiwania się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych*. W dobie powszechnego i szybkiego dostępu do informacji, krytyczna analiza tekstów oraz praca z materiałem źródłowym powinna stanowić ważny obszar aktywności ucznia. Do realizacji tego celu szczególnie dobrze wydają się pasować treści modułów fakultatywnych, posiadające w większości charakter popularnonaukowy.

Treści nauczania zostały podzielone na bloki tematyczne od I do VII. Każdy blok zawiera punkty z wymaganiami szczegółowymi. W bloku I umieszczono tzw. wymagania przekrojowe. Opisują one umiejętności i elementy wiedzy, które mają zastosowanie we wszystkich wymienionych dalej działach fizyki, i które stanowią podstawę do realizacji opisanych tam wymagań szczegółowych.

Układ wymagań szczegółowych w blokach od II do VI obejmuje kolejno mechanikę i grawitację, elektryczność i magnetyzm, ciepło, fale, atom i jego jądro. Na końcu bloków tematycznych wyróżniono wymagania doświadczalne, opisujące obowiązkowy zestaw eksperymentów do przeprowadzenia w szkole. Wykonywanie doświadczeń i obserwacji pozwala na lepsze zrozumienie zjawisk i zależności fizycznych, dlatego powinno to być traktowane priorytetowo.

Do podstawy programowej w branżowej szkole wprowadzono moduły fakultatywne. VII blok tematyczny zawiera osiem modułów (od A do H), a w każdym module znajdują się po trzy pokrewne tematycznie zagadnienia. Nauczyciel musi wybrać i zrealizować obowiązkowo co najmniej dwa spośród modułów A–H. Tematyka zagadnień w każdym module ma charakter raczej popularnonaukowy i skupia się na przedstawieniu związku fizyki z codzienną aktywnością człowieka.

I. Wymagania przekrojowe

Pierwsze z wymagań przekrojowych opisują umiejętności związane z wyodrębnianiem oraz przedstawianiem informacji kluczowych dotyczących zjawisk za pomocą tekstów, tabel, diagramów, wykresów, rysunków schematycznych lub rysunków blokowych. Ta różnorodność umiejętności wyodrębniania i przedstawiania kluczowych informacji o zjawisku jest konieczna do spełnienia kolejnego wymagania – wyodrębniania zjawiska z szerszego kontekstu. Uczeń powinien wiedzieć, że każde zjawisko fizyczne jest zazwyczaj bardzo złożone, a na jego przebieg wpływa w mniejszym lub większym stopniu wiele czynników. Umiejętność wyodrębniania czynników najbardziej i najmniej istotnych dla zjawiska jest kluczową umiejętnością w jego opisie, podobnie jak dalekie wykorzystanie modelu do zilustrowania praw i zależności fizycznych. Opisane wymagania wyróżnione w podstawie programowej z fizyki dla szkoły branżowej mają także swój uniwersalny charakter – umiejętności: dostrzegania i przedstawiania kluczowych informacji, wyodrębniania z kontekstu, nadawania modelowej struktury, można przełożyć na różne aspekty związane aktywnością zawodową.

Kolejne wymagania przekrojowe są związane z przeprowadzaniem doświadczeń oraz analizą ich wyników. Wyszczególnia się umiejętności przeprowadzania pomiarów i doświadczeń na podstawie ich opisów, a także umiejętności analizowania zbioru danych otrzymanych w wyniku pomiarów z uwzględnieniem niepewności wyników pomiarów. Ponadto obowiązuje posługiwanie się pojęciem niepewności pomiaru wielkości, wyznaczanie końcowego wyniku wielokrotnego pomiaru jako średniej arytmetycznej serii danych, oraz zapisywanie wyniku pomiaru z uwzględnieniem zadanej informacji o niepewności. Obliczanie niepewności nie jest wymagane.

Na uwagę zasługuje zapis o zaokrąglaniu wyników obliczeń do takiej liczby cyfr znaczących, jaka wynika z niepewności pomiarowej lub z danych. W szczególności warto uczniom zwracać uwagę, aby pojęcia liczby cyfr znaczących nie mylić z liczbą cyfr po przecinku.

Wymagania przekrojowe określają umiejętność rozróżniania wielkości fizycznych o charakterze wektorowym i skalarnym. Analiza zapisów wymagań szczegółowych w blokach tematycznych II–VI (w szczególności dotyczących dynamiki, elektryczności i magnetyzmu) pozwala przyjąć, że nie wymaga się umiejętności wykonywania operacji na wektorach. Dlatego wystarczy, jeżeli nauczyciel ograniczy się do wskazania cech wielkości wektorowych, takich jak przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie, siła.

II. Mechanika i grawitacja

Pierwszy blok tematyczny łączy w sobie zagadnienia mechaniki i grawitacji. Uczeń kontynuujący naukę w szkole branżowej korzysta z wiedzy poznanej na wcześniejszym etapie kształcenia, a także poszerza ją o nowe treści. Treści nauczania w szkole podstawowej w bloku tematycznym *Ruch i siły* zawierały szereg wymagań związanych z opisem ilościowym ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie przyspieszonego. Pierwsze wymagania szczegółowe w bloku *Mechanika i grawitacja* nawiązują do tych zagadnień. Pojęcia wektora

się przy tym nie używa.

Kolejnym wymaganiem jest stosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał. W tym celu wykorzystuje się wektorowy charakter siły oraz pojęcie siły wypadkowej. W podstawie programowej dla szkoły podstawowej określono siłę poprzez cechy, jakimi możemy opisać oddziaływanie wywierane na ciało: posiada ono kierunek, zwrot, wartość i punkt przyłożenia. Ponieważ dla branżowej szkoły nie wprowadzono wykonywania operacji na wektorach, to należy przyjąć, że siłę wypadkową uczeń wyznacza tylko dla sił działających w tych samych kierunkach (jak w szkole podstawowej).

Do podstawy programowej dla branżowej szkoły wprowadzono ruch jednostajny po okręgu. Uczeń musi opisywać ruch po okręgu posługując się pojęciem okresu, częstotliwości i prędkości, a także rozumie dynamikę tego ruchu – wie, że odbywa się pod działaniem siły dośrodkowej. Uczeń analizuje przykłady ruchów jednostajnych po okręgu, zgodnie z wymaganiem o posługiwaniu się pojęciem siły dośrodkowej należy przyjąć, że potrafi w danym przykładzie wskazać fizyczny charakter siły dośrodkowej.

W opisie zjawisk uczeń ma uwzględniać opory ruchu i odróżniać opory ośrodka wywierane na powierzchnię ciała od sił tarcia występujących na powierzchni styku ciał (tarcie).

Z elementów mechaniki bryły sztywnej pojawia się jedynie zagadnienie związane ze statyką bryły – zasada działania dźwigni jednostronnej oraz dźwigni dwustronnej. Ponieważ w podstawie programowej dla branżowej szkoły nie pojawiają się pojęcia związane z mechaniką bryły sztywnej, jak moment siły, to warunki statyki dla tych dźwigni należałoby argumentować, odwołując się do przykładów z życia codziennego oraz związanych z tym intuicji.

Następne wymagania dotyczą jednego z ważniejszych pojęć – energii. Uczeń ma posługiwać się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, wiązać zmiany energii potencjalnej grawitacji z pracą sił (lub przeciwko) grawitacji. Uwzględniając spiralny charakter kształcenia oraz wymagania ze szkoły podstawowej zapisane w bloku tematycznym *Energia*, uczeń branżowej szkoły stosuje zasadę zachowania energii oraz związku między zmianami energii a pracą mechaniczną

Do podstawy programowej dla branżowej szkoły wprowadzono prawo powszechnego ciężenia poszerzające dotychczasową wiedzę ze szkoły podstawowej o sile grawitacji. Uczeń omawia własności siły, z jaką działają na dwa punkty materialne, wynikające z prawa powszechnego ciężenia. Zdaje sobie sprawę, że konsekwencją tego prawa jest oddziaływanie grawitacyjne pomiędzy dowolnymi ciałami, przejawiające się spadaniem ciał na Ziemię, ruchem planet (oraz innych ciał) dookoła Słońca, ruchem księżyców (oraz innych ciał) dookoła planet. Można też wskazywać na inne zjawiska, jak ruch dwóch gwiazd dookoła punktu środka masy (układ podwójny) albo formowanie się i zapadanie grawitacyjne gwiazd.

Jedną z ważniejszych własności grawitacji jest to, że przyspieszenie grawitacyjne ciał nie zależy od ich mas. Przejawem tego jest stan nieważkości występujący w spadającym układzie odniesienia – ciała spadają z tym samym przyspieszeniem i nie naciskają na siebie nawzajem. Spadanie należy rozumieć w szerszym kontekście – jako swobodny ruch pod wpływem siły grawitacji (np. swobodny ruch statku kosmicznego na orbicie). Uczeń ma opisywać stan nieważkości oraz podawać przykłady jego występowania. Omówione aspekty warto ilustrować ciekawymi i jednocześnie prostymi doświadczeniami. Najważniejszym z nich – także w kontekście przełomowych odkryć w fizyce – jest doświadczenie pokazujące niezależność przyspieszenia grawitacyjnego od masy ciała (np. spadanie piórka i kulki ołowianej w rurze próżniowej). Inne doświadczenia mogą demonstrować stan nieważkości – np. upuszczanie ciał zawieszonych na sprężynie (sprężyna podczas spadku przestaje być napięta i ciało nie „waży”), upuszczanie przedziurawionych butelek z wodą (woda nie wylewa się, bo spada razem z butelką).

W podstawie programowej pojawiają się elementy astronomii oraz kosmologii. Uczeń musi znać budowę Układu Słonecznego oraz jego miejsce w Galaktyce, ponadto opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego Wszechświata oraz rozszerzanie się Wszechświata. Wymagania w tych bardzo specjalistycznych zagadnieniach należy ograniczyć do absolutnego minimum. Uczeń ma znać przybliżony wiek Wszechświata oraz rozumieć bardzo poglądowo Wielki Wybuch – jako zdarzenie, od którego momentu mówimy (w modelu kosmologicznym), że powstały czas, materia i przestrzeń. Podobnie poglądowo uczeń ma rozumieć rozszerzanie się Wszechświata – sposób oddalania się odległych galaktyk od siebie jest taki, jakby były one „osadzone” w rozszerzającej się przestrzeni. Prawa Hubble’a nie wymaga się.

III. Elektryczność i magnetyzm

Zagadnienia z takich obszarów fizyki, jak elektryczność i magnetyzm ujęto w jednym bloku tematycznym. Podstawa programowa dla branżowej szkoły skupia się na zagadnieniach związanych z obwodami elektrycznymi i zjawiskami mającymi szerokie zastosowanie w technice. W branżowej szkole nie powraca się wprost do zagadnień omawianych w szkole podstawowej i związanych z elektrostatyką, pojęciem ładunku elektrycznego czy jakościowym opisem oddziaływania między ładunkami. Należy przyjąć, że te zagadnienia są znane, ewentualnie można je powtórzyć w miarę potrzeby. Pierwsze wymagania w tym bloku dotyczą pojęcia prądu elektrycznego oraz napięcia elektrycznego i są dokładnie powtórzeniem wymagań ze szkoły podstawowej. W szczególności, w kontekście nauki o obwodach elektrycznych, warto zwracać uwagę na definicję napięcia poznaną w szkole podstawowej jako wielkość określającą ilość energii potrzebnej do przeniesienia ładunku elektrycznego w obwodzie.

Uczeń ma stosować do obliczeń w obwodach elektrycznych prawo Ohma dla przewodników oraz I prawo Kirchhoffa. To ostatnie warto pokazywać w kontekście zasady zachowania ładunku przepływającego przez przekrój poprzeczny przewodnika w jednostce czasu.

Podobnie zasadę dodawania napięć w układzie ogniów połączonych szeregowo można pokazywać w świetle zasady zachowania energii. Odwoływanie się do zasad fundamentalnych pozwala na głębokie rozumienie zjawisk. Kolejne wymagania wiążą się z praktycznymi aspektami wykorzystania obwodów z prądem w domowej sieci elektrycznej.

Zagadnienia z magnetyzmu również nawiązują do treści poznanych w szkole podstawowej i poszerzają je. Teraz uczeń poznaje jakościowy sposób opisu pola magnetycznego za pomocą linii pola. Tak opisuje pole magnetyczne w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem. W branżowej szkole nie wprowadza się siły Lorentza działającej na cząstkę naładowaną poruszającą się w polu magnetycznym, za to od razu omawia się jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki, w których płynie prąd.

Do podstawy programowej dla branżowej szkoły wprowadzono zjawisko indukcji elektromagnetycznej. To zjawisko fizyczne łączące elektryczność z magnetyzmem wykorzystywane jest codziennie na skalę przemysłową do uruchamiania przepływu prądu („wytwarzania prądu”) w przewodnikach. Uczeń branżowej szkoły opisuje indukcję elektromagnetyczną jakościowo – tzn. nie posługuje się pojęciem strumienia indukcji magnetycznej przez powierzchnię i nie oblicza wartości siły elektromotorycznej jako zmiany strumienia w jednostce czasu. Wystarczy tu pokazać pewną symetrię: na przewodnik z prądem w polu magnetycznym działa siła elektrodynamiczna wprawiająca go w ruch, oraz odwrotnie – przewodnik izolowany, w którym początkowo nie płynie prąd, jeśli będzie poruszany w polu magnetycznym, to pojawi się w nim napięcie i może płynąć prąd (jeśli jest zamknięty). Należy tylko zaznaczyć, że prędkość przewodnika i linie pola nie mogą być w jednym kierunku. To wystarczające na tym etapie kształcenia wyjaśnienie indukcji elektromagnetycznej bez odwoływania się wprost do prawa Faradaya lub siły Lorentza. Zwracamy uczniom uwagę na przemianę energii: mechanicznej w elektryczną (indukcja elektromagnetyczna) i elektrycznej w mechaniczną (siła działająca na przewodnik z prądem w polu). Ilustracją tego jest zamieszczone w wymaganiach doświadczenie, w którym uczeń bada zjawisko indukcji elektromagnetycznej w przypadku względnego ruchu magnesu i zwojnicy lub w przypadku zmiany natężenia prądu w elektromagnesie. Przy tej okazji można omówić działanie prądnicy albo choćby wspomnieć o niej.

Dalej, w naturalnej kolejności pojawiają się prądy przemiennie. Uczeń ma opisywać cechy prądów przemiennych. Łącząc wiedzę o prądach przemiennych ze zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej omawia zastosowanie transformatorów.

IV. Ciepło

W branżowej szkole powraca się do zjawisk termodynamicznych jedynie w zakresie zjawisk związanych z przekazywaniem ciepła. Podstawowa wiedza związana z pojęciem temperatury powinna być znana ze szkoły podstawowej. Wymaga się, aby uczeń odróżniał przekazywanie energii w formie pracy od przekazywania energii w formie ciepła pomiędzy układami o różnych temperaturach. Najprostszym przykładem tego jest wymiana ciepła pomiędzy substancją

w termometrze a otoczeniem – substancja w termometrze w kontakcie cieplnym z ciałem o innej temperaturze zwiększa lub zmniejsza swoje rozmiary, a zatem zyskuje lub traci energię (potrzebną do tych zmian) chociaż żadne działanie siłą nie jest na nią wywierane. Oznacza to przekazanie energii do substancji bez wykonania pracy mechanicznej. Jako inny przykład przekazywania energii w postaci ciepła – zgodnie z wymaganiem doświadczalnym – można zademonstrować zjawisko rozszerzalności cieplnej.

Kolejne wymaganie dotyczy stosowania zasady zachowania energii do opisu zjawisk cieplnych i mechanicznych. Zgodnie z tym uczeń powinien rozumieć i stosować związek między zmianą energii wewnętrznej układu a sumą wykonanej pracy całkowitej i wymienionego ciepła między układem a otoczeniem. Ponadto uczeń powinien umieć analizować związany z tym bilans cieplny, a także wiązać straty energii mechanicznej ciała pod wpływem oporów ruchu z ciepłem przekazanym do otoczenia i wzrostem energii wewnętrznej ciała.

Oprócz powyższych wymagań uczeń ma analizować przepływ ciepła i wykonanej pracy w silnikach cieplnych i chłodziarkach. Cykli termodynamicznych jako takich nie omawia się w szkole branżowej, jednak warto wskazać na cykliczność pracy (czyli powracanie układu do stanu początkowego) silnika cieplnego oraz pompy cieplnej. To ułatwia zrozumienie, że całkowite ciepło wymienione z otoczeniem w jednym cyklu równe jest pracy całkowitej wykonanej nad układem i przez układ. W duchu wymagań przekrojowych dobrze byłoby, aby uczeń przedstawiał przepływ energii w silnikach cieplnych i chłodziarkach na schematycznych rysunkach blokowych.

Blok tematyczny *Ciepło* kończy wymaganie o charakterze ogólnym i mającym praktyczne znaczenie – o posługiwaniu się wartościami energetycznymi żywności i paliw.

V. Fale

Blok tematyczny *Fale* jest znaczącym poszerzeniem treści poznanych w szkole podstawowej, a związanych z falami mechanicznymi oraz elektromagnetycznymi. W szkole podstawowej uczeń zapoznał się z ruchem drgającym oraz pojęciem fali mechanicznej – z tych treści powinien pamiętać, że propagująca się fala przenosi energię bez przenoszenia materii oraz umieć posługiwać się takimi pojęciami w opisie ruchu falowego jak: prędkość fali, amplituda, okres, częstotliwość, długość fali.

Układ treści nauczania w podstawie programowej dla branżowej szkoły zawiera wybrane zagadnienia związane z uniwersalnymi własnościami rozchodzenia się zarówno fal mechanicznych jak i fal elektromagnetycznych. Omawia się tylko jakościowo prawo odbicia fali od granicy ośrodków, prawo załamania fali na granicy ośrodków (dla światła), dyfrakcję fali na przeszkodzie oraz efekt Dopplera – jako uniwersalne przejawy falowej natury. Do tego uczeń musi ilustrować prostoliniowe rozchodzenie się światła w ośrodku jednorodnym.

W podstawie programowej pojawia się pojęcie powierzchni falowej. Uczeń jakościowo opisuje rozchodzenie się fal w ośrodku materialnym na podstawie obrazu powierzchni falowych.

Zagadnienia związane z optyką zostały omówione w szkole podstawowej i w zasadzie już się nie powraca do nich. Uczeń ma wiedzieć, że światło jest falą elektromagnetyczną, (rozchodzącą się w próżni z prędkością niezależną od ruchu źródła światła) oraz umieć opisywać światło białe jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach.

VI. Atom i jego jądro

W ostatnim bloku tematycznym wyszczególniono zagadnienia reprezentatywne dla fizyki współczesnej – związane z promieniowaniem ciał oraz z fizyką jądrową. Większość z nich nawiązuje do ważnych aspektów codziennej aktywności człowieka oraz zastosowań praktycznych o bardzo ważnym znaczeniu. W podstawie programowej dla szkoły branżowej nie eksponuje się dualizmu korpuskularno falowego.

Zgodnie z pierwszym wymaganiem, uczeń ma analizować promieniowanie termiczne ciał. Na poziomie nauczania fizyki w branżowej szkole trudno omawiać rozkład Plancka zależności energii promieniowania od długości fali. Należy ograniczyć się do jakościowego omówienia własności promieniowania. Po pierwsze zwracamy uczniom uwagę na fakt, że emitowanie energii w postaci promieniowania termicznego zachodzi we wszystkich długościach fal. Następnie pokazujemy związek pomiędzy temperaturą, a długością fali, dla której rozkład energii promieniowania ma maksimum (prawo Wiena) albo prościej – dla której to długości fali promieniowania „jest najwięcej”. Wystarczającym byłoby, aby uczniowie znali prawo Wiena w sposób jakościowy: temperatura powierzchni ciała emitującego promieniowanie termiczne jest odwrotnie proporcjonalna do długości fali, dla której promieniowanie ma maksimum. Można też wskazać na zależność mocy promieniowanej z powierzchni ciała od temperatury (bez podawania wzoru opisującego prawo Stefana-Boltzmana).

Kolejne wymagania nawiązują do kwantowej natury światła, chociaż pojęcie fotonu się nie pojawia w podstawie. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, aby nauczyciel jakkolwiek zarysował pojęcie fotonu i się nim posługiwał – w szczególności, że funkcjonuje ono w kulturze popularnej. Dalej wymaga się, aby uczeń opisywał widma emisyjne rozrzedzonych gazów. Fakt, że – przy pominięciu promieniowania termicznego – gazy emitują światło o ustalonych (a więc nie dowolnych) długościach fal ma być interpretowany w kontekście przemiany energii elektronów w energię promieniowania elektromagnetycznego (fotonów), na skutek przejść tych elektronów w atomie między poziomami energetycznymi, gdzie energie elektronów przyjmują określone (czyli nie dowolne) wartości.

Następnym zagadnieniem związanym z oddziaływaniem światła z materią jest zjawisko jonizacji. Jonizacja może przebiegać w wyniku zderzeń pomiędzy cząsteczkami i cząstkami, a także może być wywołana promieniowaniem elektromagnetycznym. Do wyjaśnienia tego ostatniego sposobu jonizacji na poziomie elementarnym ponownie przydaje się pojęcie

fotonu. Elektron może przyjąć na tyle dużą porcję energii niesioną przez foton, że będzie mógł opuścić atom.

Po treściach związanych z promieniowaniem elektromagnetycznym przechodzi się do elementów fizyki jądrowej. Uczeń posługuje się pojęciem pierwiastka, jądra atomowego, izotopu, elektronu, protonu, neutronu a także musi umieć opisać skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej.

Dalej uczeń poznaje pojęcia jądra stabilnego i niestabilnego, opisuje rozpad jądra izotopu promieniotwórczego i wymienia rodzaje i właściwości promieniowania, jakie mogą powstać w przemianie jądra atomowego. Porównując wymagania dla szkoły branżowej z analogicznymi wymaganiami dla liceum i techniku należy przyjąć, że uczeń szkoły branżowej opisuje rozpad/przemianę jądra atomowego w sposób jakościowy i tylko wymienia rodzaje promieniowania. W wymaganiach dla szkoły branżowej nie zapisano tego, aby uczeń miał opisywać rozpady alfa, beta, gamma, a w wymaganiach dla liceum i technikum to zostało wyszczególnione. Jako nawiązanie do zastosowań fizyki i jej związku z życiem codziennym wymienia się zastosowanie promieniotwórczości w technice i medycynie oraz wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe

Bardzo ważnym wymaganiem szczegółowym jest umiejętność opisywania reakcji rozszczepienia jądra uranu ^{235}U na skutek pochłonięcia neutronu. Uczeń omawia reakcję łańcuchową rozszczepienia uranu i podaje warunki jej zajścia. W tym kontekście – pozyskiwania energii z rozpadów ciężkich i niestabilnych jąder – uczniowie poznają i omawiają zasadę działania elektrowni jądrowych. Zwracamy uwagę, aby uczniowie rozumieli, czym jest energia „uzyskana” w reakcji. Pokazujemy, że zgodnie z zasadą zachowania energii jest to całkowita energia kinetyczna produktów reakcji (łącznie z energiami fotonów) pomniejszona o całkowitą energię kinetyczną substratów reakcji. Przy okazji omawiania pozyskiwania energii z reakcji rozszczepienia ciężkich jąder warto wspomnieć, że za tym kryje się einsteinowska równoważności masy i energii, czyli najśłynniejszy wzór: $E = mc^2$.

VII. Moduły fakultatywne

Ostatni blok treści nauczania składa się z ośmiu modułów, a każdy moduł zawiera trzy tematy o wspólnym kontekście. Na pierwszy moduł składają się zagadnienia związane z astronomią i kosmologią, drugi związany jest z mechaniką, trzeci z zastosowaniami fizyki w medycynie, w sporcie i w domu. W czwartym module znajdują się tematy dotyczące elektrotechniki, piąty moduł dotyka zagadnień własności, budowy i składników materii, a w szóstym omawia się zastosowanie zjawisk optycznych w życiu codziennym. W siódmym module ujęto zagadnienia o odnawialnych źródłach energii na Ziemi oraz tematy związane z fizyką Ziemi, a także dotyczące akustyki. Ostatni moduł nawiązuje do metod badawczych fizyki współczesnej, wynalazków, które zmieniły świat oraz odkryć dokonanych przez polskich badaczy.

Jak widać tematy modułów fakultatywnych mają charakter popularyzujący fizykę, pokazują jej ciekawe aspekty oraz znaczącą rolę we współczesnej technologii i codziennym życiu człowieka.

Nauczyciel musi wybrać i obowiązkowo zrealizować co najmniej dwa spośród tych modułów. Wybór sposobu realizacji tych treści należy do zadań nauczyciela. Powinno być to skorelowane z wymaganiami ogólnymi oraz wymaganiami szczegółowymi – w tym przekrojowymi.

