

PROGRAM NAUCZANIA

FIZYKI W LICEUM I TECHNIKUM – ZAKRES ROZSZERZONY

Wstęp	2
I. Ogólne założenia programu	3
II. Cele nauczania, kształcenia i wychowania	4
III. Treści kształcenia	6
IV. Opis założonych osiągnięć ucznia (Plan wynikowy)	11
V. Sposoby osiągnięcia celów kształcenia i wychowania	36
VI. Propozycje metod oceny osiągnięć uczniów	37
VII. Orientacyjny przydział godzin	38

WSTĘP

Program ten jest przeznaczony do pracy z czterotomowym podręcznikiem *Fizyka. Podręcznik dla liceum i technikum. Zakres rozszerzony*.

Zgodnie z nową podstawą programową (określoną w *Rozporządzeniu Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 stycznia 2018 r.*) nauczanie fizyki w zakresie rozszerzonym jest kontynuacją procesu kształcenia realizowanego w szkołach podstawowych. Dla większości uczniów nauczanie fizyki w zakresie rozszerzonym będzie kończyło się egzaminem maturalnym umożliwiającym kontynuowanie kształcenia na kierunkach ścisłych, technicznych i przyrodniczych.

W prezentowanym programie nauczania i odpowiadających mu kolejnych częściach podręcznika zaproponowano więc nie tylko omawianie zagadnień wyszczególnionych w podstawie programowej, ale także uzupełnienie i rozszerzenie obowiązujących treści kształcenia.

Równocześnie dołożono starań, aby zgodnie z wymaganiami ogólnymi zawartymi w podstawie programowej w maksymalnym stopniu umożliwić uczniom zdobycie umiejętności:

- stosowania poznanych pojęć i praw do wyjaśniania procesów i zjawisk fizycznych,
- wykorzystywania i przetwarzania informacji podanych w różnych formach,
- budowania prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk,
- planowania i wykonywania prostych doświadczeń i wnioskowania na podstawie ich wyników.

W trosce o jak najlepszą i jak najbardziej efektywną realizację programu nauczania przygotowano odpowiednią obudowę podręczników i dodatkowe materiały dydaktyczne.

I. OGÓLNE ZAŁOŻENIA PROGRAMU

1. Zgodnie z *Ramowym planem nauczania* określonym rozporządzeniem MEN (*Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 28 marca 2017 r.*) kształcenie na poziomie rozszerzonym w zakresie przedmiotu fizyka w liceum i technikum obejmuje 314 godzin, co odpowiada 10 godzinom w cyklu nauczania:
 - klasa 1 – 2 godziny tygodniowo
 - klasy 2 i 3 – po 3 godziny tygodniowo
 - klasa 4 – 2 godziny tygodniowoi minimalnej realnej liczbie tygodni nauki w roku szkolnym (33 tygodnie w klasach 1, 2 i 3 oraz 25 tygodni w klasie 4). Prezentowany program można zrealizować w tej liczbie godzin.
2. Program służy realizacji obowiązującej podstawy programowej na wybranych, możliwie łatwych i interesujących treściach. Obejmuje on rozwinięcie wszystkich zagadnień zawartych w wymaganiach ogólnych i szczegółowych podstawy programowej przedmiotu fizyka w zakresie rozszerzonym.
3. Nauczanie fizyki w zakresie rozszerzonym powinno zapewnić uczniom zdobycie wiedzy i umiejętności umożliwiających uzyskanie jak najlepszego wyniku na egzaminie maturalnym i kontynuowanie kształcenia na kierunkach ścisłych, technicznych i przyrodniczych. Ponadto powinno przygotować uczniów do: samodzielnego uzupełniania wiedzy przyrodniczej, czytania ze zrozumieniem tekstów popularnonaukowych, rozumnego i krytycznego odbioru informacji medialnych, sprawnego funkcjonowania we współczesnym świecie oraz świadomego korzystania ze zdobyczy cywilizacji.
4. Zamierzone osiągnięcia uczniów zaplanowano tak, aby położyć nacisk na operatywność zdobywanej przez nich wiedzy i umiejętność samodzielnego jej zdobywania.
5. Aby nauczanie fizyki mogło przyczynić się znacząco do wypełnienia zadań przypisanych zreformowanej szkole, należy stosować takie metody pracy z uczniami, które będą wyzwalaly ich aktywność, rozwijały zainteresowanie wiedzą przyrodniczą, a także kształtowały umiejętności uczenia się i samooceny.
6. Zadaniem szkoły jest stworzenie uczniom odpowiednich warunków do pracy na lekcjach fizyki (między innymi przez odpowiednie wyposażenie pracowni fizycznej) i do samodzielnego zdobywania informacji z różnych źródeł przez zapewnienie możliwości korzystania z internetu i dostępu do literatury popularnonaukowej oraz czasopism (np. „Foton”, „Neutrino”, „Świat Nauki”, „Wiedza i Życie”).

II. CELE NAUCZANIA, KSZTAŁCENIA I WYCHOWANIA

Cel strategiczny

Zdobycie przez ucznia wiedzy o prawidłowościach w przyrodzie i metodach ich poznawania oraz umiejętności umożliwiających uzyskanie jak najlepszego wyniku na egzaminie maturalnym oraz kontynuowanie kształcenia w szkołach wyższych na kierunkach ścisłych, technicznych i przyrodniczych.

Cele ogólne programu

1. Stymulowanie i wspieranie rozwoju intelektualnego uczniów.
2. Inspirowanie do twórczego myślenia i rozwiązywania problemów w sposób twórczy.
3. Pogłębianie zainteresowania fizyką.

Ogólne cele edukacyjne

1. Uzupełnienie i usystematyzowanie wiedzy ucznia w zakresie fizyki i astronomii, umożliwiające pogłębienie rozumienia roli nauki, jej możliwości i ograniczeń.
2. Uświadomienie roli eksperymentu i teorii w poznawaniu przyrody oraz znaczenia matematyki w budowaniu modeli i rozwiązywaniu problemów fizycznych.
3. Rozwijanie umiejętności samodzielnego docierania do źródeł informacji i umiejętności ich krytycznej selekcji.
4. Przygotowanie do rozumnego odbioru i oceny informacji oraz odważnego podejmowania dyskusji przez kształtowanie umiejętności samodzielnego formułowania oraz uzasadniania opinii i sądów na podstawie posiadanej wiedzy i dostarczonych informacji, a także prowadzenia dyskusji w sposób poprawny terminologicznie i merytorycznie.

Cele poznawcze, kształcące, społeczne i wychowawcze

1. Rozwijanie i kształtowanie umiejętności refleksyjnego obserwowania zjawisk zachodzących w otaczającym świecie oraz świadomości istnienia praw rządzących mikro- i makroświatem, a także wynikającej z niej refleksji filozoficzno-przyrodniczej.
2. Ukazywanie struktury fizyki i kosmologii oraz ich związku z innymi naukami przyrodniczymi.
3. Ukształtowanie umiejętności posługiwania się pojęciami fizycznymi (ze szczególnym uwzględnieniem wielkości fizycznych wraz z jednostkami) i ich stosowania do opisu zjawisk fizycznych z wykorzystaniem odpowiedniego aparatu matematycznego.
4. Kształcenie umiejętności przewidywania przebiegu zjawisk fizycznych i ich wyjaśniania na podstawie poznanych praw.
5. Kształcenie umiejętności oceniania prawdziwości stwierdzeń na temat zjawisk fizycznych i uzasadniania swojej oceny na podstawie poznanych praw.
6. Kształcenie umiejętności wykorzystywania poznanych modeli do wyjaśnienia procesów fizycznych.
7. Rozwijanie umiejętności wykorzystywania posiadanej wiedzy do rozwiązywania problemów teoretycznych i praktycznych.
8. Kształcenie umiejętności stosowania metod badawczych fizyki ze szczególnym uwzględnieniem roli eksperymentu i teorii przez:
 - stwarzanie sytuacji problemowej, umożliwiającej uczniowi dostrzeżenie problemu, formułowanie hipotez i proponowanie sposobów ich weryfikacji;
 - przygotowanie uczniów do planowania prostych eksperymentów, przedstawiania propozycji zestawów doświadczalnych do zaplanowanych doświadczeń;
 - wykonywanie doświadczeń;
 - kształtowanie i doskonalenie umiejętności szacowania niepewności pomiarowych;
 - rozwijanie umiejętności poprawnego zapisywania wyników pomiarów oraz przedstawiania wyników doświadczeń w formie graficznej (tabele, wykresy, diagramy) i ich interpretacji;
 - przeprowadzanie doświadczeń symulowanych;

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

- kształcenie umiejętności tworzenia prostych modeli fizycznych i matematycznych do przedstawiania wyników doświadczeń;
 - rozwijanie umiejętności samodzielnego formułowania wniosków wynikających z przeprowadzonych eksperymentów i symulowanych doświadczeń.
9. Doskonalenie umiejętności interpretacji danych przedstawionych w postaci tabel, diagramów i wykresów.
 10. Rozwijanie umiejętności posługiwania się technologią informacyjną do zbierania danych i ich przetwarzania.
 11. Inspirowanie dociekliwości i postawy badawczej oraz wdrażanie do rzetelnej i odpowiedzialnej działalności intelektualnej.
 12. Budzenie szacunku do przyrody i podziwu dla jej piękna.
 13. Kształtowanie aktywnej postawy wobec problemów społecznych wynikających z rozwoju techniki i nowych technologii.
 14. Inspirowanie do świadomego i aktywnego udziału w procesie nauczania.
 15. Rozwijanie samodzielności w podejmowaniu decyzji.
 16. Doskonalenie umiejętności pracy w zespole, przestrzegania reguł, współodpowiedzialności za sukcesy i porażki, wzajemnej pomocy.
 17. Ukształtowanie takich cech jak: dociekliwość, rzetelność, wytrwałość i upór w dążeniu do celu, systematyczność, dyscyplina wewnętrzna i samokontrola.

III. TREŚCI KSZTAŁCENIA

TREŚCI KSZTAŁCENIA ZAWARTE W PODRĘCZNIKU DO KLASY 1

1. Opis ruchu postępowego

- Elementy działań na wektorach
- Pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch
- Ruch jednostajny prostoliniowy
- Ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy
- Przykłady opisu ruchów zmiennych
- Względność ruchu
- Opis ruchu w dwóch wymiarach

2. Siła jako przyczyna zmian ruchu

- Zasady dynamiki Newtona
- Siła a zmiana pędu ciała
- Zasada zachowania pędu dla układu ciał
- Tarcie
- Siły w ruchu po okręgu
- Opis ruchu w układach nieinercjalnych

3. Praca, moc, energia mechaniczna

- Iloczyn skalarny dwóch wektorów
- Praca i moc
- Rodzaje energii mechanicznej
- Zasada zachowania energii mechanicznej
- Zderzenia ciał
- Sprawność urządzeń mechanicznych

4. Zjawiska hydrostatyczne

- Ciśnienie hydrostatyczne
- Prawo Pascala
- Prawo naczyń połączonych
- Prawo Archimedesesa
- Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał

5. Niepewności pomiarowe

- Pomiary bezpośrednie (proste). Niepewności pomiarów bezpośrednich
- Niepewności pomiarów pośrednich (złożonych) i ich szacowanie. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów

Doświadczenia

- Wyznaczanie wartości przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym
- Wyznaczanie współczynników tarcia statycznego i kinetycznego
- Badanie ruchu jednostajnego po okręgu
- Badanie zderzeń dwóch ciał i wyznaczenie masy jednego z nich

Dodatek matematyczny

- Funkcje liniowa i kwadratowa
- Elementy trygonometrii (funkcje trygonometryczne kąta ostrego)
- Wybrane pojęcia geometryczne

TREŚCI KSZTAŁCENIA ZAWARTE W PODRĘCZNIKU DO KLASY 2

6. Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej

- Iloczyn wektorowy dwóch wektorów
- Ruch obrotowy bryły sztywnej
- Energia kinetyczna bryły sztywnej
- Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły
- Warunki równowagi bryły sztywnej
- Zasady dynamiki ruchu obrotowego
- Moment pędu bryły sztywnej
- Zasada zachowania momentu pędu
- Analogie występujące w opisie ruchu postępowego i obrotowego
- Toczenie – złożenie ruchów postępowego i obrotowego

7. Pole grawitacyjne

- O odkryciach Kopernika i Keplera. Prawa Keplera
- Prawo powszechnej grawitacji
- Pierwsza prędkość kosmiczna. Ruch satelitów
- Natężenie pola grawitacyjnego
- Praca w polu grawitacyjnym
- Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym
- * Potencjał pola grawitacyjnego
- Druga prędkość kosmiczna
- Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia

8. Elementy astronomii

- Układ Słoneczny
- Jednostki odległości stosowane w astronomii
- Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie
- Prawo Hubble'a i teoria Wielkiego Wybuchu

9. Ruch drgający harmoniczny

- Sprężystość jako makroskopowy efekt mikroskopowych oddziaływań elektromagnetycznych
- Ruch drgający harmoniczny
- Matematyczny opis ruchu harmonicznego
- Energia w ruchu harmonicznym
- Wahadło matematyczne
- Drgania wymuszone i rezonansowe

10. Zjawiska termodynamiczne

- Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki
- Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym
- Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona
- Szczególne przemiany gazu doskonałego
- Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody
- Pierwsza zasada termodynamiki
- Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki
- Ciepło właściwe i ciepło molowe
- Energia wewnętrzna jako funkcja stanu
- Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota
- Fluktuacje. Wzmianka o entropii

- Przejścia fazowe
- Para nasycona i para nienasycona
- Rozszerzalność temperaturowa ciał
- * Transport energii przez przewodnictwo i konwekcję

11. Pole elektrostatyczne

- Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych
- Natężenie pola elektrostatycznego
- Naelektryzowany przewodnik
- Przewodnik w polu elektrostatycznym
- Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego
- Pojemność elektryczna ciała przewodzącego
- Kondensator
- Dielektryk w polu elektrostatycznym
- Energia naładowanego kondensatora
- Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym

Doświadczenia

- Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności
- Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu
- Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny
- Zademonstrowanie niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy
- Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości
- Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego
- Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego
- Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał
- Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej
- Wyznaczanie ciepła topnienia lodu
- Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych
- Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrycznego
- Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora

Dodatek matematyczny

- Kąty skierowane
- Funkcje trygonometryczne dowolnego kąta
- Związki między funkcjami kąta ostrego α a funkcjami $\sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)$ oraz $\cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)$

TRZĘCI KSZTAŁCENIA ZAWARTE W PODRĘCZNIKU DO KLASY 3

12. Prąd stały i modele przewodnictwa elektrycznego

- Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Natężenie prądu. Napięcie
- Pierwsze prawo Kirchhoffa
- Prawo Ohma dla odcinka obwodu
- Od czego zależy opór przewodnika?
- Łączenie szeregowo i równoległe odbiorników energii elektrycznej
- Praca i moc prądu elektrycznego
- Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej
- Prawo Ohma dla obwodu
- Drugie prawo Kirchhoffa
- Przewodniki, półprzewodniki i izolatory oraz ich zastosowania
- Dioda, tranzystor – budowa, zasada działania, zastosowanie

13. Pole magnetyczne

- Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu
- Działanie pola magnetycznego na cząstkę naładowaną. Wektor indukcji magnetycznej
- Strumień indukcji magnetycznej
- Pole magnetyczne przewodników z prądem (przewodnika prostoliniowego, zwojnicy i kołowej pętli)
- Przewodnik z prądem w polu magnetycznym
- Ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym
- Budowa i zasada działania silnika elektrycznego
- Właściwości magnetyczne substancji
- Mikroskopowe oddziaływania elektromagnetyczne i ich efekty makroskopowe

14. Indukcja elektromagnetyczna

- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej
 - Prąd indukcyjny
 - Siła elektromotoryczna indukcji
 - Reguła Lenza
- Zjawisko samoindukcji
- Generator prądu przemiennego. Właściwości prądu przemiennego
- Praca i moc prądu przemiennego
- Budowa i zasada działania transformatora

15. Optyka geometryczna

- Zjawiska odbicia i załamania światła
- Całkowite wewnętrzne odbicie
- Zwierciadła (płaskie i kuliste) i obrazy w zwierciadłach
- Płytką równoległościenną i pryzmat
- Soczewki i obrazy otrzymywane w soczewkach

16. Fale mechaniczne

- Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne
- Wielkości charakteryzujące fale
- Funkcja falowa dla fali płaskiej
- Interferencja fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach
- Zasada Huygensa. Zjawisko dyfrakcji
- Interferencja fal harmonicznym wysyłanych przez identyczne źródła
- Fale akustyczne
- Zjawisko Dopplera

Doświadczenia

- Zademonstrowanie pierwszego prawa Kirchhoffa
- Badanie napięcia układu ogniw
- Badanie charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki
- Zademonstrowanie roli diody jako elementu składowego prostownika
- Zademonstrowanie kształtu linii pól magnetycznych magnesów trwałych
- Zademonstrowanie kształtu linii pola magnetycznego przewodników z prądem
- Zademonstrowanie zjawiska indukcji elektromagnetycznej (na przykładzie względnego ruchu magnesu i zwojnicy oraz zmiany natężenia prądu w elektromagnesie)
- Zademonstrowanie zjawisk odbicia, rozpraszania i załamania światła
- Wyznaczanie współczynnika załamania światła za pomocą pomiaru kąta granicznego
- Badanie związku między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu

TREŚCI KSZTAŁCENIA ZAWARTE W PODRĘCZNIKU DO KLASY 4

17. Korpuskularno-falowa natura promieniowania elektromagnetycznego i materii

- Fale elektromagnetyczne
- Światło jako fala elektromagnetyczna
 - Pomiar wartości prędkości światła
 - Zjawisko rozszczepienia światła
 - Doświadczenie Younga
 - Dyfrakcja i interferencja światła. Siatka dyfrakcyjna
 - Polaryzacja światła
- Zdolność rozdzielcza przyrządów optycznych
- Zjawisko fotoelektryczne
- Promieniowanie ciał. Widma
- Model Bohra atomu wodoru. Widmo promieniowania atomu wodoru
- Promieniowanie rentgenowskie
- Fale materii

18. Elementy fizyki relatywistycznej

- Założenia szczególnej teorii względności. Względność czasu i jej konsekwencje
- Energia spoczynkowa ciał. Równoważność masy i energii spoczynkowej
- Pęd i energia kinetyczna w ujęciu relatywistycznym

19. Fizyka jądrowa

- Odkrycie promieniotwórczości. Promieniowanie jądrowe i jego właściwości
- Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Działanie promieniowania na organizmy żywe
- Doświadczenie Rutherforda. Budowa jądra atomowego
- Prawo rozpadu promieniotwórczego. Metoda datowania izotopowego
- Energia wiązania. Reakcja rozszczepienia
- Bomba atomowa, energetyka jądrowa
- Reakcje jądrowe
- Reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach. Bomba wodorowa

Doświadczenia

- Obserwacja zjawiska dyfrakcji fali świetlnej na szczelinie
- Obserwacja zjawiska interferencji fal świetlnych
- Obserwacja zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle
- Obserwacja widm atomowych

IV. OPIS ZAŁOŻONYCH OSIĄGNIĘĆ UCZNIĄ (PLAN WYNIKOWY)

W tabelach dla poszczególnych klas opisujemy przewidywane osiągnięcia uczniów w ramach zakresu rozszerzonego w odniesieniu do poszczególnych treści kształcenia. Podzieliłiśmy je na dwie grupy: konieczne i podstawowe oraz rozszerzające i dopełniające – z uwzględnieniem indywidualnych możliwości uczniów. Treści kształcenia zostały uzupełnione odpowiednimi numerami wymagań szczegółowych podstawy programowej.

KLASA 1

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 1. Opis ruchu postępowego			
1	Elementy działań na wektorach (I.5)	<ul style="list-style-type: none"> • podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych, • wykonywać podstawowe działania na wektorach 	<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych, • rozwiązywać zadania dotyczące działań na wektorach
2–5	Pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch (I.5) (II.2–4)	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciami: droga, położenie, przemieszczenie, szybkość średnia i chwilowa, prędkość średnia i chwilowa, przyspieszenie średnie i chwilowe, • wyjaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym, • zapisać i wyjaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego 	<ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić fakt, że prędkość chwilowa jest styczna do toru w punkcie, w którym znajduje się ciało w danej chwili, • wyjaśnić różnicę między średnią wartością prędkości i wartością prędkości średniej, • skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym i opóźnionym oraz w ruchu krzywoliniowym, • wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego, • przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych
6	Ruch jednostajny prostoliniowy (I.6–8) (II.3–6)	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać równanie wektorowe w postaci równania skalarnego dla ruchu wzdłuż obranej osi x, • obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym, • sporządzać wykresy i odczytywać z wykresów wartości poznanych wielkości fizycznych 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i interpretować wzory przedstawiające zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych, • sporządzać i interpretować wykresy zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych
7–12	Ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy. Wyznaczanie wartości przyspieszenia. Przykłady opisu ruchów zmiennych (I.7, I.9–16) (II.3–6)	<ul style="list-style-type: none"> • obliczać drogę i szybkość chwilową w ruchach jednostajnie zmiennych, • porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchach jednostajnie zmiennych po linii prostej, • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, zapisać wyniki w tabeli i sformułować wniosek z doświadczenia, • rozwiązywać proste zadania dotyczące obliczania wielkości fizycznych opisujących ruchy jednostajnie i zmiennie 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i interpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po linii prostej w różnych układach odniesienia, • sporządzać wykresy tych zależności, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych na podstawie wyników doświadczenia, • rozwiązywać nowe, nietypowe zadania dotyczące ruchów jednostajnych i zmiennych

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
13–14	Względność ruchu (I.17, II.8, I.20) (II.1, II.7, II.19)	<ul style="list-style-type: none"> • podać związki między współrzędnymi położenia i między prędkościami w układach inercjalnych, • podać związek między przyspieszeniami w układach inercjalnych, • posługiwać się tymi związkami, • rozwiązywać zadania dotyczące składania ruchów odbywających się w tych samych kierunkach 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić związki między współrzędnymi położenia i między prędkościami ciała w układach inercjalnych, • przytoczyć i wyjaśnić zasadę względności ruchu Galileusza, podać warunki jej stosowalności, • przedstawić odkrycia Galileusza i wyjaśnić, dlaczego nazwano go „ojcem fizyki doświadczalnej”, • rozwiązywać zadania dotyczące składania ruchów odbywających się w dowolnych kierunkach
15–18	Opis ruchu w dwóch wymiarach (I.5) (II.7–9)	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się związkami szybkości liniowej z okresem ruchu i częstotliwością, szybkości liniowej z szybkością kątową oraz miarą łukową kąta, • w celu obliczenia wskazanej wielkości fizycznej podać i przekształcić wzory na wartość przyspieszenia dośrodkowego oraz wysokość i zasięg rzutu poziomego 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania dotyczące ruchu po okręgu i rzutu poziomego, • przedstawić przykłady praktycznego wykorzystania omówionych rodzajów ruchu, • opisać rzut ukośny jako ruch, w którym nadajemy ciało prędkość skierowaną pod pewnym kątem do poziomu, • rozłożyć rzut ukośny na dwa ruchy składowe i wyprowadzić równanie toru oraz wzory na wysokość i zasięg rzutu, • rozwiązywać zadania dotyczące rzutu ukośnego
19–22	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 2. Siła jako przyczyna zmian ruchu			
1–3	Zasady dynamiki Newtona (I.5, I.17, I.20) (II.12–13)	<ul style="list-style-type: none"> • rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał, • znajdować graficznie wypadkową sił działających na ciało, • wypowiedzieć i poprzeć przykładami treść zasad dynamiki, • przekształcać wzór wyrażający drugą zasadę dynamiki i obliczać każdą z występujących w nim wielkości fizycznych, • stosować zasady dynamiki do opisu ruchu ciał 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie „układ inercjalny” i pierwszą zasadę dynamiki jako postulat istnienia takiego układu, • w przypadku kilku sił działających na ciało zapisać drugą zasadę dynamiki w postaci równania wektorowego i przekształcić je w układ równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych, • rozwiązywać zadania i problemy o podwyższonym stopniu trudności
4–7	Siła a zmiana pędu ciała. Zasada zachowania pędu dla układu ciał (I.1, I.18) (II.14–15) (III.1)	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzorem i wyjaśnić pojęcie pędu wraz z jednostką, • interpretować drugą zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu ciała a popędem siły, • wyprowadzić wzór wiążący zmianę pędu z wypadkową siłą działającą na ciało i czasem jej działania, czyli inną postać drugiej zasady dynamiki, • opisać pojęcie układu ciał i środka masy układu, • obliczyć współrzędne położenia środka masy układu dwóch ciał, • zapisać wzorem i wyjaśnić zasadę zachowania pędu dla układu ciał, • rozwiązywać proste zadania 	<ul style="list-style-type: none"> • na podstawie analizy związku $\Delta m \vec{v} = \vec{F} \Delta t$ sformułować zasadę zachowania pędu, • stosować zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał, • uzasadnić konieczność korzystania z innej postaci drugiej zasady dynamiki w przypadku, gdy zmienia się masa ciała, na które działa siła, • podać uogólniony wzór na położenie środka masy n ciał i go wyjaśnić, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania pędu dla układu ciał, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
8-9	Tarcie (II.17, II.23) Wyznaczenie współczynników tarcia statycznego i kinetycznego (I.9-16) (II.26d)	<ul style="list-style-type: none"> rozróżnić sytuacje, w których występuje tarcie statyczne lub kinetyczne, zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego, omówić rolę tarcia na wybranych przykładach, sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równoległe do stykających się powierzchni dwóch ciał, opisać ruch ciała z tarciami po równi pochyłej, aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, zapisywać wyniki pomiarów w tabeli, wykonywać obliczenia i sformułować wniosek z doświadczenia 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać typowe zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia posuwistego, oraz zadania o podwyższonym stopniu trudności, podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
10-12	Siły w ruchu po okręgu (II.10, II.11) Badanie ruchu jednostajnego po okręgu (I.9-16) (II.26c)	<ul style="list-style-type: none"> wskazać działanie siły dośrodkowej o stałej wartości jako warunku ruchu ciała po okręgu ze stałą szybkością, podać przykłady siły dośrodkowej o różnej naturze, podać i objaśnić kilka postaci wzoru na wartość siły dośrodkowej, aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, zapisywać wyniki pomiarów w tabeli i wykonywać obliczenia, sformułować wnioski z doświadczenia 	<ul style="list-style-type: none"> analizować przykłady występowania ruchu po okręgu w przyrodzie i życiu codziennym, rozwiązywać zadania z zastosowaniem zasad dynamiki do ruchu po okręgu, rozwiązywać problemy, w których na ciało oprócz siły normalnej do toru ruchu działa również siła styczna, podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
13-15	Opis ruchu w układach nieliniowych (I.10-12, I.19) (II.18, II.26a)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić różnicę między układami inercyjnymi i nieliniowymi, zademonstrować działanie siły bezwładności, wyjaśnić, w jakim przypadku do opisu ruchu ciała wprowadzamy siłę bezwładności, podać wzór na wartość siły bezwładności i go objaśnić 	<ul style="list-style-type: none"> na przykładzie przeprowadzić rozumowanie uzasadniające konieczność wprowadzenia siły bezwładności podczas stosowania zasad dynamiki w układach nieliniowych, rozwiązywać problemy dynamiczne zarówno w układzie inercyjnym, jak i nieliniowym
16-19	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 3. Praca, moc, energia mechaniczna			
1	Iloczyn skalarny dwóch wektorów	<ul style="list-style-type: none"> zapisać wzór na iloczyn skalarny dwóch wektorów i podać jego podstawowe własności 	<ul style="list-style-type: none"> korzystać z iloczynu skalarnego dwóch wektorów skierowanych pod dowolnym kątem przy rozwiązywaniu zadań
2-3	Praca i moc (I.1, I.7) (II.20, II.22)	<ul style="list-style-type: none"> zapisać i objaśnić wzory na pracę stałej siły, moc średnią i chwilową, podać jednostki pracy i mocy oraz ich pochodne, przekształcać wzory i wykonywać obliczenia 	<ul style="list-style-type: none"> obliczać pracę siły zmiennej z wykresu $F(x)$ i pracę wykonaną przez urządzenie o zmiennej mocy z wykresu $P(t)$, rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
4-7	Rodzaje energii mechanicznej. Zasada zachowania energii mechanicznej (I.19-20) (II.20)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić pojęcia: siła wewnętrzna i zewnętrzna w układzie ciał, podać definicje energii mechanicznej, potencjalnej i kinetycznej wyrażone przez ich zmiany, obliczać energię potencjalną grawitacyjną ciała w pobliżu Ziemi za pomocą wzoru $E_p = mgh$, obliczać energię kinetyczną ciała za pomocą wzoru $E_k = \frac{mv^2}{2}$, wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej i podać warunki, w których jest spełniona, podać przykłady sytuacji, w których zasada zachowania energii mechanicznej jest spełniona i w których nie jest spełniona 	<ul style="list-style-type: none"> obliczyć pracę siły zewnętrznej i pracę siły grawitacyjnej przy zmianie odległości ciała od Ziemi oraz przedyskutować znak każdej z nich, przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej, rozwiązywać zadania wymagające zastosowania zasady zachowania energii mechanicznej, rozwiązywać zadania wymagające wykorzystania związku zmian energii z wykonaną pracą
8-9	Zderzenia ciał (I.19) (II.16) Badanie zderzeń dwóch ciał i wyznaczenie masy jednego z nich (I.9-16) (II.26b)	<ul style="list-style-type: none"> zapisać i objaśnić zasady zachowania energii i pędu dla zderzeń doskonale sprężystych, zapisać i objaśnić zasadę zachowania pędu dla zderzeń doskonale niesprężystych, aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, wpisywać wyniki pomiarów do zaprojektowanej w podręczniku tabeli i wykonywać obliczenia, sformułować wnioski z doświadczenia 	<ul style="list-style-type: none"> przeanalizować i obliczyć współrzędne prędkości dwu kulek po zderzeniu sprężystym centralnym w przypadku, gdy masy kulek są jednakowe i gdy pierwsza ma o wiele większą masę od drugiej, podać cele i opisać sposób wykonania doświadczenia, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
10	Sprawność urządzeń mechanicznych (I.19) (II.21)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić definicję sprawności urządzenia i podać przykłady, stosować definicję sprawności do rozwiązywania prostych zadań 	<ul style="list-style-type: none"> przeprowadzić rozumowanie ukazujące sposób obliczania sprawności urządzenia i układu urządzeń, rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
11-14	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 4. Zjawiska hydrostatyczne			
1	Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala (I.18) (II.24)	<ul style="list-style-type: none"> podać definicję ciśnienia i jego jednostkę, wyjaśnić pojęcia: ciśnienie atmosferyczne i ciśnienie hydrostatyczne oraz posługiwać się tymi pojęciami, wskazać, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne, omówić zastosowania prawa Pascala 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, na czym polega paradoks hydrostatyczny, sformułować i objaśnić prawo Pascala, prezentować wiedzę o urządzeniach hydraulicznych i pneumatycznych pochodzącą z różnych źródeł
2	Prawo naczyń połączonych (II.24)	<ul style="list-style-type: none"> sformułować i objaśnić prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych, podać przykłady zastosowania naczyni połączonych, za pomocą naczyni połączonych wyznaczyć nieznaną gęstość cieczy 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać zadania z zastosowaniem prawa równowagi cieczy w naczyniach połączonych

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
3-4	Prawo Archimedeasa. Zastosowanie prawa Archimedeasa do wyznaczania gęstości ciał (I.2, I.18–19) (II.25)	<ul style="list-style-type: none"> sformułować i objaśnić prawo Archimedeasa, podać przykłady zastosowania prawa Archimedeasa, na podstawie analizy sił działających na ciało zanurzone w cieczy wnioskować o warunkach pływania i tonięcia ciała w cieczy, opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy, w której wykorzystuje się prawo Archimedeasa, rozwiązywać proste zadania z zastosowaniem obliczania siły wyporu 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe związane z zastosowaniem prawa Archimedeasa, wyznaczyć gęstość ciała różnymi metodami, skorzystać z różnych źródeł i zapoznać się z prawami hydrodynamiki (np. prawem Bernoulliego) oraz omówić ich skutki
6–8 Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności			
Dział 5. Niepewności pomiarowe			
1	Pomiary bezpośrednie. Niepewności pomiarów bezpośrednich (I.3–4, I.13–16)	<ul style="list-style-type: none"> wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, wymienić przykłady pomiarów pośrednich, wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru, rozróżnić błędy przypadkowe i systematyczne, zapisać wynik pojedynczego pomiaru wraz z niepewnością pomiarową i objaśnić ten wynik, obliczyć średnią arytmetyczną pomiarów i oszacować jej niepewność, oszacować niepewność względną i procentową 	<ul style="list-style-type: none"> wymienić najczęściej występujące źródła niepewności pomiarowych, objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu i kiedy możemy przyjąć ją jako niepewność pomiaru, wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących
2-3	Niepewności pomiarów pośrednich i ich szacowanie. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów (I.3, I.9, I.15)	<ul style="list-style-type: none"> oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP w prostych przypadkach (np. oszacować niepewność wyznaczenia okresu obiegu ciała poruszającego się po okręgu na podstawie pomiaru czasu trwania 10 pełnych obiegów), zastosować wzór na oszacowanie niepewności względnej iloczynu lub ilorazu dwóch wielkości fizycznych 	<ul style="list-style-type: none"> oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP w trudniejszych przypadkach (np. oszacować niepewność wyznaczenia wartości siły dośrodkowej działającej na ciało poruszające się po okręgu z $v = \text{const}$ na podstawie pomiaru: masy ciała, promienia okręgu i okresu obiegu), przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z ich niepewnościami, dopasować prostą do wyników pomiaru i zinterpretować jej nachylenie

KLASA 2

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 6. Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej			
1	Iloczyn wektorowy dwóch wektorów (I.5)	<ul style="list-style-type: none"> • podać przykład wielkości fizycznej, która jest iloczynem wektorowym dwóch wektorów 	<ul style="list-style-type: none"> • podać cechy (wartość, kierunek, zwrot) wektora, który jest wynikiem mnożenia wektorowego, • wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest antyprzemiennej, • zapisać iloczyn wektorowy dwóch wektorów
2	Ruch obrotowy bryły sztywnej (II.1) (III.2)	<ul style="list-style-type: none"> • omówić przykłady ruchu obrotowego bryły sztywnej oraz ruchu złożonego, • wymienić wielkości opisujące ruch obrotowy, • posługiwać się pojęciami: szybkość kąтова średnia i chwilowa, prędkość kąтова średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe, • stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kątovej 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować: szybkość kątową średnią i chwilową, prędkość kątową średnią i chwilową, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe, • opisać matematycznie ruch obrotowy: jednostajny, jednostajnie przyspieszony, jednostajnie opóźniony, • zapisać i objaśnić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątovej, • wyprowadzić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątovej
3	Energia kinetyczna bryły sztywnej (I.1) (III.4–5)	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym, • posługiwać się pojęciem momentu bezwładności 	<ul style="list-style-type: none"> • podać definicję momentu bezwładności bryły, • obliczać momenty bezwładności brył względem ich osi symetrii, • obliczać energię kinetyczną bryły obracającej się wokół osi symetrii, • stosować twierdzenie Steinera
4–6	Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły (I.1, I.5) (III.3–4)	<ul style="list-style-type: none"> • podać warunek zmiany stanu ruchu obrotowego bryły sztywnej, • posługiwać się pojęciem momentu siły, • podać treść zasad dynamiki ruchu obrotowego 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować moment siły, • obliczać wartości momentów sił działających na bryłę sztywną, znajdować ich kierunek i zwrot, • znajdować wypadkowy moment sił działających na bryłę
7–8	Równowaga bryły sztywnej (I.5) (III.3)	<ul style="list-style-type: none"> • wymienić przykłady maszyn prostych i podać sposoby ich praktycznego wykorzystania, • sformułować warunek równowagi dźwigni 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloków i kołowrotu, • sformułować i zapisać wzorami warunki równowagi bryły sztywnej
9–10	Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności (I.10–16) (III.8b)	<ul style="list-style-type: none"> • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, • sformułować wnioski 	<ul style="list-style-type: none"> • zaplanować sposób wykonania doświadczenia i zapisania wyników, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
11–13	Moment pędu (I.1) (III.6) Zasada zachowania momentu pędu (III.7) Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu (I.10–12) (III.8a)	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem momentu pędu, • podać i objaśnić treść zasady zachowania momentu pędu, • za pomocą odpowiedniego zestawu doświadczalnego zademonstrować zasadę zachowania momentu pędu 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować moment pędu, • obliczać wartość momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii, • zapisać i objaśnić ogólną postać drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego, • sprawdzić doświadczalnie słuszność zasady zachowania momentu pędu
14	Analogie w opisie ruchów postępowego i obrotowego (II.13, II.15) (III.4, III.7)	<ul style="list-style-type: none"> • z pomocą nauczyciela przypisać niektórym wielkościom służącym do opisu ruchu postępowego wielkości służące do opisu ruchu obrotowego 	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić analogie występujące w dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego
15–17	Złożenie ruchów postępowego i obrotowego: toczenie (I.19) (III.4–5)	<ul style="list-style-type: none"> • opisać toczenie bez poślizgu jako złożenie ruchu postępowego bryły i jej ruchu obrotowego wokół osi symetrii, • podać warunek toczenia się bryły bez poślizgu; prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jest równa zero 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać toczenie jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu, • obliczać energię kinetyczną toczącej się bryły, • zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły sztywnej, • znajdować prędkość punktów toczącej się bryły jako wypadkową prędkości jej ruchu postępowego i obrotowego wokół osi symetrii
18–20	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 7. Pole grawitacyjne			
1	O odkryciach Kopernika i Keplera (I.18) (IV.3, IV.5–6)	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić założenia teorii heliocentrycznej, • sformułować i objaśnić treść praw Keplera, • opisać ruchy planet Układu Słonecznego 	<ul style="list-style-type: none"> • zastosować trzecie prawo Keplera do ruchu planet Układu Słonecznego i każdego układu satelitów krążących wokół tego samego ciała, • interpretować drugie prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu, • przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii
2	Prawo powszechnej grawitacji (IV.1, IV.3, IV.5)	<ul style="list-style-type: none"> • sformułować i objaśnić prawo powszechnej grawitacji, • na podstawie prawa grawitacji wyznaczyć, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N 	<ul style="list-style-type: none"> • podać sens fizyczny stałej grawitacji, • wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i gęstości, • przedstawić rozumowanie prowadzące od III prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
3	Pierwsza prędkość kosmiczna (IV.4)	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi, wskazać siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny” 	<ul style="list-style-type: none"> uzasadnić, że satelita tylko wtedy może krążyć wokół Ziemi po orbicie w kształcie okręgu, gdy siła grawitacji stanowi siłę dośrodkową, wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej
4–5	Natężenie pola grawitacyjnego (I.6, I.18) (IV.2)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić pojęcie pola grawitacyjnego i linii pola, przedstawić graficznie pole grawitacyjne jednorodne i centralne, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?</i> wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne, obliczać wartość natężenia pola grawitacyjnego 	<ul style="list-style-type: none"> poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego, sporządzić wykres zależności $\gamma(r)$ dla $r \geq R$, wyprowadzić wzór na wartość natężenia pola grawitacyjnego we wnętrzu jednorodnej kuli o danej gęstości
6–7	Praca w polu grawitacyjnym (I.6) (IV.7)	<ul style="list-style-type: none"> wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym, podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym 	<ul style="list-style-type: none"> przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym, przeprowadzić rozumowanie wykazujące, że dowolne (statyczne) pole grawitacyjne jest polem zachowawczym
8–10	Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym (I.6) (IV.7)	<ul style="list-style-type: none"> odpowiedzieć na pytania: <ul style="list-style-type: none"> <i>Od czego zależy grawitacyjna energia potencjalna ciała w polu centralnym?</i> <i>Jak zmienia się grawitacyjna energia potencjalna ciała podczas zwiększania jego odległości od Ziemi?</i> zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym 	<ul style="list-style-type: none"> poprawnie wypowiedzieć definicję grawitacyjnej energii potencjalnej, wykazać, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem „minus”, poprawnie sporządzić i zinterpretować wykres zależności $E_p(r)$, wyjaśnić, dlaczego w polach niezachowawczych nie operujemy pojęciem energii potencjalnej
11	Druga prędkość kosmiczna (I.18) (IV.7)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej, obliczyć wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej, opisać ruch ciała w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej mu prędkości
12–13	Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia (I.19) (IV.8)	<ul style="list-style-type: none"> podać przykłady występowania stanu przeciążenia, niedociążenia i nieważkości 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować stan przeciążenia, niedociążenia i nieważkości, opisać (w układzie inercyjnym i nieinercyjnym) zjawiska występujące w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę, wyjaśnić, dlaczego stan nieważkości może występować tylko w układach nieinercyjnych, wyjaśnić, na czym polega zasada równoważności
14–17	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 8. Elementy astronomii			
1	Układ Słoneczny (I.18) (IV.9)	<ul style="list-style-type: none"> opisać Układ Słoneczny, obliczać wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie, porównywać okresy obiegu planet na podstawie ich średnich odległości od Słońca 	<ul style="list-style-type: none"> opisać właściwości ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego, wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchylen tego ruchu od wcześniej przewidywanego mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich, podać przykłady takich odkryć
2–3	Jednostki odległości stosowane w astronomii (I.1, I.3, I.4, I.10) (IV.9)	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny, stosować te jednostki do obliczania odległości między ciałami niebieskimi 	<ul style="list-style-type: none"> opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej, zdefiniować parsek, wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia
4	Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie (IV.9)	<ul style="list-style-type: none"> podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie 	<ul style="list-style-type: none"> obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki
5–6	Prawo Hubble’a i teoria Wielkiego Wybuchu (I.17–20) (IV.10)	<ul style="list-style-type: none"> podać treść prawa Hubble’a, wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”, podać przybliżony wiek Wszechświata, opisać ewolucję Wszechświata 	<ul style="list-style-type: none"> obliczyć wiek Wszechświata wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni
7	Sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 9. Ruch drgający harmoniczny			
1	Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych (I.19) (V.1)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić różnicę między odkształceniami sprężystymi i niesprężystymi, wymienić stany skupienia, w których nie występuje sprężystość postaci 	<ul style="list-style-type: none"> na przykładzie rozciąganej sprężyny wyjaśnić prostą proporcjonalność $x \sim F_s$, wyjaśnić przyczynę występowania sprężystości postaci ciał stałych
2–3	Ruch drgający harmoniczny. Badanie wydłużenia sprężyny (I.10–16, I.20) (V.1–2)	<ul style="list-style-type: none"> wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie, wymienić i objaśnić pojęcia służące do opisu ruchu drgającego, podać cechy ruchu harmonicznego, zapisać i objaśnić związek siły, pod wpływem której odbywa się ruch harmoniczny, z wychyleniem ciała z położenia równowagi, podać sens fizyczny współczynnika sprężystości dla sprężyny, zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę 	<ul style="list-style-type: none"> podać warunki, w których ruch drgający jest ruchem harmonicznym, uzasadnić, że ruch drgający harmoniczny jest ruchem niejednostajnie zmiennym, wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
4-6	Matematyczny opis ruchu harmonicznego (V.3-5) Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny (V.8c)	<ul style="list-style-type: none"> sporządzić i omówić wykresy: $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$, podać i objaśnić wzór na okres drgań harmonicznym 	<ul style="list-style-type: none"> obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym, rozkładając ruch punktu materialnego po okręgu na dwa ruchy składowe, wyjaśnić pojęcie fazy początkowej, zapisać związku $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$ i $F_x(t)$ z użyciem tego pojęcia, wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym, zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny
7	Energia w ruchu harmonicznym (V.6)	<ul style="list-style-type: none"> omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny 	<ul style="list-style-type: none"> podać wzory na energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą ciała drgającego, sporządzić wykresy zależności: $E_p(t)$, $E_k(t)$, $E_c(t)$, $E_p(x)$ i $E_k(x)$, wyprowadzić wzory na energię potencjalną sprężystości i energię kinetyczną ciała drgającego, udowodnić, że całkowita energia mechaniczna ciała wykonującego ruch harmoniczny jest stała
8-10	Wahadło matematyczne (V.5) Zademonstrowanie niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy. Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego (I.10-16) (V.8a,b,e)	<ul style="list-style-type: none"> podać definicję wahadła matematycznego, zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań 	<ul style="list-style-type: none"> wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła, wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła matematycznego jest ruchem harmonicznym, zaplanować i wykonać doświadczenie sprawdzające zależność okresu drgań wahadła od jego długości
11	Drgania wymuszone i rezonansowe (V.7) Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego (I.10-12) (V.8d)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu mechanicznego, zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać wzorem i objaśnić pojęcie częstotliwości drgań własnych, wyjaśnić powstawanie drgań wymuszonych
12	Sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 10. Zjawiska termodynamiczne			
1	Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki (VI.4) Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał (VI.19b)	<ul style="list-style-type: none"> wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice i przypisać każdej odpowiedni symbol, wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia wyjaśnić pojęcie stanu równowagi termodynamicznej 	<ul style="list-style-type: none"> opisać wielkości, których będziemy używać w termodynamice, podać zależności między tymi wielkościami, wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki, doświadczalnie zbadać proces wyrównywania temperatury ciał, stosować bilans ciepły do opisu procesu wyrównywania temperatury ciał
2	Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym (VI.10)	<ul style="list-style-type: none"> opisać założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego, wyjaśnić z punktu widzenia teorii wywieranie przez gaz ciśnienia na ścianki naczynia, wymienić czynniki wpływające na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać wzór na ciśnienie gazu (podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej), wyrazić wzór na ciśnienie gazu przez różne wielkości fizyczne (liczbę moli, masę pojedynczej cząsteczki, gęstość gazu itp.)
3	Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona (VI.11, VI.13)	<ul style="list-style-type: none"> zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego, zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona w postaci $pV = nRT$ 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać równanie Clapeyrona w postaci $pV = NkT$, zdefiniować stałą Boltzmana, wyrazić średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczki gazu doskonałego przez jego temperaturę T i stałą Boltzmana
4-6	Szczególne przemiany gazu doskonałego: – przemiana izotermiczna – przemiana izochoryczna – przemiana izobaryczna (VI.12)	<ul style="list-style-type: none"> wymienić i opisać przemiany szczególne gazu doskonałego, sformułować prawa dla przemian szczególnych, przeliczyć temperaturę wyrażoną w skali Celsjusza na kelwiny i odwrotnie 	<ul style="list-style-type: none"> otrzymać z równania Clapeyrona prawa rządzące szczególnymi przemianami gazu doskonałego, sporządzić i interpretować wykresy $p(V)$, $V(T)$ i $p(T)$, każdą przemianę szczególną przedstawić w różnych układach współrzędnych, interpretować prawa gazów z punktu widzenia teorii kinetyczno-molekularnej
7	Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody (VI.3, VI.10-11)	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować energię wewnętrzną ciała i gazu doskonałego, korzystać z informacji, że energia wewnętrzna danej masy danego gazu doskonałego zależy jedynie od jego temperatury, a zmiana energii wewnętrznej jest związana jedynie ze zmianą temperatury 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego jako funkcję zmiany jego temperatury, postulować się pojęciem stopni swobody cząsteczek gazu, wyrazić wzór na całkowitą średnią energię kinetyczną cząsteczki (wszystkich rodzajów ruchu) przez liczbę stopni swobody cząsteczek gazów jedno-, dwu- i wieloatomowych

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
8	Pierwsza zasada termodynamiki (VI.2–3)	<ul style="list-style-type: none"> posługiwać się pojęciem ciepła i przekazu ciepła, korzystać z informacji, że pierwsza zasada termodynamiki jest zasadą zachowania energii układu, obliczać pracę objętościową na podstawie wykresu $p(V)$ w prostych przypadkach 	<ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć i objaśnić pierwszą zasadę termodynamiki, objaśnić stwierdzenie, że praca jest funkcją procesu
9–10	Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki (VI.9)	<ul style="list-style-type: none"> opisać przemianę adiabatyczną, zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej, izobarycznej i adiabatycznej 	<ul style="list-style-type: none"> interpretować przemiany gazowe (w tym także adiabatyczną) z punktu widzenia pierwszej zasady termodynamiki, wyjaśnić różnice między adiabatą i izotermą,
11	Ciepło właściwe i ciepło molowe (VI.5, VI.8, VI.14)	<ul style="list-style-type: none"> rozróżniać i definiować pojęcia ciepła właściwego i ciepła molowego, posługiwać się pojęciami ciepła molowego gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości oraz podać ich różnicę 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić związek między C_p i C_V w postaci $C_p - C_V = R$
12	Energia wewnętrzna jako funkcja stanu (VI.3, VI.14)	<ul style="list-style-type: none"> korzystać z informacji, że zmiana energii wewnętrznej podczas przejścia gazu między dwoma stanami nie zależy od procesu (tak jak praca i ciepło), tylko od stanu początkowego i końcowego 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić znaczenie stwierdzenia, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu gazu (ciała), zapisać ogólny wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu, słuszny w każdym procesie, posługiwać się związkiem między C_p i C_V a liczbą stopni swobody dla gazów o cząsteczkach jedno-, dwu- i trójatomowych
13–15	Silniki cieplne. Odwrotny cykl Carnota (VI.19–20) (VI.7, VI.15–17)	<ul style="list-style-type: none"> opisać zasadę działania silnika cieplnego, wymienić przemiany, z których składa się cykl Carnota, posługiwać się pojęciem sprawności silnika cieplnego, korzystać z informacji, że tylko część ciepła pobranego ze źródła może być zamieniona na pracę, omówić wartość energetyczną żywności i paliw 	<ul style="list-style-type: none"> sporządzić wykres $p(V)$ dla cyklu Carnota i go interpretować, zdefiniować sprawność silnika cieplnego, obliczać sprawność różnych cykli, sformułować drugą zasadę termodynamiki
16	Fluktuacje. Wzmianka o entropii (VI.17–18)	<ul style="list-style-type: none"> podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii, wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii 	<ul style="list-style-type: none"> podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki, wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie, posługiwać się pojęciem entropii układu i zmiany entropii, objaśnić fakt, że fluktuacje w sposób istotny ograniczają czułość przyrządów pomiarowych

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
17–20	Przebieg fazy (VI.4–6) Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej. Wyznaczenie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu (I.10–12) (VI.19c)	<ul style="list-style-type: none"> opisać procesy: topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji, resublimacji, odróżniać wrzenie od parowania, zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować ciepła przemian fazowych, sporządzić i interpretować odpowiednie wykresy, opisywać przemiany energii w przemianach fazowych, posługiwać się bilansem cieplnym, wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu
21	Para nasycona i para nienasycona (VI.4, VI.8)	<ul style="list-style-type: none"> analizować wpływ zewnętrznego ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy, posługiwać się pojęciami pary nasyconej i pary nienasyconej 	<ul style="list-style-type: none"> korzystać z informacji, że ciśnienie pary nasyconej można zwiększyć jedynie przez wzrost temperatury, korzystać z informacji, że pary nienasycone w przybliżeniu stosują się do praw gazowych, wyjaśnić, dlaczego ciśnienie pary nasyconej ze wzrostem temperatury wzrasta bardziej gwałtownie niż ciśnienie pary nienasyconej
22	Rozszerzalność temperaturowa ciał (VI.1, VI.8) Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych (I.10–12) (VI.19a)	<ul style="list-style-type: none"> omówić na przykładach zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał, obliczać zmiany objętości odpowiadające zmianom temperatury, omówić szczególnie własności wody 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować współczynnik rozszerzalności liniowej ciał stałych oraz objętościowej ciał stałych i cieczy, zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał, podać (ewentualnie wyprowadzić) związek między współczynnikami rozszerzalności liniowej i objętościowej ciała stałego
23–25	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 11. Pole elektrostatyczne			
1–2	Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych. Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku (VII.1–2)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, co to znaczy, że ciało jest naelektryzowane, opisać oddziaływanie ciał naelektryzowanych, zapisać i objaśnić prawo Coulomba, wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku, opisać i wyjaśnić sposoby elektryzowania ciał, posługując się zasadą zachowania ładunku 	<ul style="list-style-type: none"> podać wartość ładunku elementarnego, objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
3-4	Natężenie pola elektrostatycznego. Zasada superpozycji natężeń pól (I.6-7) (VII.3-5) Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego (I.10-12) (VII.13a)	<ul style="list-style-type: none"> • podać sens fizyczny natężenia pola elektrostatycznego w danym punkcie, • przedstawić graficznie (za pomocą linii pola) pole centralne i jednorodne, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy natężenie pola centralnego w danym punkcie?</i>, • skoryzstać z zasady superpozycji pól i opisać jakościowo pole wytworzone przez wybrane układy ładunków 	<ul style="list-style-type: none"> • wypowiedzieć definicję natężenia pola, • skoryzstać z definicji i podać jednostkę natężenia pola w SI, • obliczać natężenie pola wytworzonego przez ładunek punktowy, • obliczać natężenie pola wytworzonego przez wybrane układy ładunków, • przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektrostatyczne wokół przewodnika oraz linie pola centralnego i jednorodnego, • sporządzać wykres $E(r)$ dla pola wytworzonego przez ładunek punktowy
5	Naelektryzowany przewodnik. Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika (VII.6)	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić działanie piorunochronu i klatki Faradaya, • przedstawić graficznie pole wytworzone przez naelektryzowaną metalową kulkę, • opisać jakościowo rozkład ładunku wprowadzonego na przewodnik o dowolnym kształcie 	<ul style="list-style-type: none"> • zaproponować doświadczalny sposób sprawdzenia rozkładu ładunku wewnątrz i na zewnątrz naładowanego przewodnika, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że linie pola elektrostatycznego są w każdym punkcie prostopadłe do powierzchni naładowanego przewodnika
6	Przewodnik w polu elektrostatycznym (VII.6)	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić graficznie pole elektrostatyczne wytworzone przez naelektryzowaną kulkę, do której zbliżono metalowy przedmiot 	<ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić fakt, że wewnątrz przewodnika znajdującego się w zewnątrz polu elektrostatycznym natężenie pola jest równe zero
7-10	Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego. Praca w polu elektrostatycznym (VII.8-9)	<ul style="list-style-type: none"> • wskazać wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie, i porównać je z wielkościami, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, • zapisać i wyjaśnić wzór na energię potencjalną ładunku w elektrostatycznym polu centralnym, • skoryzstać z ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym ($W = qU$) do opisu zjawisk i ich zastosowań 	<ul style="list-style-type: none"> • podać definicję potencjału pola elektrostatycznego w danym punkcie, • wykorzystywać analogie między opisem pola grawitacyjnego i elektrostatycznego do zapisania wzorami wielkości opisujących pole elektrostatyczne i pracę przy przemieszczaniu ładunku w tym polu, • wykorzystywać definicję potencjału do wyprowadzenia ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym
11	Pojemność elektryczna ciała przewodzącego (I.1) (VII.11)	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować pojemność przewodnika i jednostkę pojemności, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy pojemność przewodnika?</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • objaśnić znaczenie współczynnika ϵ_0, • wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową
12-13	Kondensator. Pojemność kondensatora płaskiego (I.1) (VII.10-11)	<ul style="list-style-type: none"> • objaśnić pojęcie kondensatora, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego i jak zależy pojemność kondensatora płaskiego?</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić związek natężenia pola z napięciem między okładkami kondensatora płaskiego

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
14	Dielektryk w polu elektrostatycznym (I.10–12) (VII.12)	<ul style="list-style-type: none"> wymienić kilka różnych dielektryków, opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność, przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić wpływ dielektryka na pojemność kondensatora, zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny, wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi, za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka
15	Energia naładowanego kondensatora. Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa) (VII.11, VII.13b)	<ul style="list-style-type: none"> stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię, objaśnić, od czego i jak zależy energia naładowanego kondensatora 	<ul style="list-style-type: none"> zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora, wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci
16	Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym (VII.7)	<ul style="list-style-type: none"> analizować jakościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadkach: $\vec{v}_0 = \vec{0}$, $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$, $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$ 	<ul style="list-style-type: none"> analizować ilościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadkach: $\vec{v}_0 = \vec{0}$, $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$, $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$, opisać budowę i działanie lampy oscyloskopowej i akceleratora liniowego, podać przykłady zastosowania lampy oscyloskopowej i akceleratora liniowego
17–18	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

KLASA 3

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 12. Prąd stały i modele przewodnictwa elektrycznego			
1-3	Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Natężenie prądu. Napięcie (VIII.1-2) Pierwsze prawo Kirchhoffa (I.10-12) (VIII.10, VIII.16a)	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować natężenie prądu i jego jednostkę, podać treść pierwszego prawa Kirchhoffa i stosować je w zadaniach, zademonstrować pierwsze prawo Kirchhoffa, zinterpretować pierwsze prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, posługiwać się pojęciem napięcia elektrycznego i jego jednostką 	<ul style="list-style-type: none"> opisać przewodnictwo w metalach, elektrolitach i gazach, objaśnić mikroskopowy model przepływu prądu w metalach
4-7	Prawo Ohma dla odcinka obwodu (VIII.5) Od czego zależy opór przewodnika? (VIII.3-4) Łączenie szeregowo i równoległe odbiorników energii elektrycznej (VIII.9, VIII.13) Praca i moc prądu elektrycznego (VIII.8, VIII.11)	<ul style="list-style-type: none"> podać treść prawa Ohma i stosować je w zadaniach, obliczyć opór przewodnika na podstawie jego oporu właściwego i wymiarów, posługiwać się jednostką oporu i oporu właściwego, opisać wpływ zmian temperatury na opór przewodnika, narysować schemat obwodu, w którym odbiorniki są połączone szeregowo lub równoległe, obliczać opór zastępczy odbiorników połączonych szeregowo i równoległe, posługiwać się pojęciami pracy i mocy prądu, opisać sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować opór elektryczny odcinka obwodu, podać związki między napięciami, natężeniami i oporami dla układu odbiorników połączonych szeregowo i równoległe, wyprowadzić wzory na opory zastępcze, obliczać opór zastępczy dla połączeń mieszanych odbiorników, rozwiązywać zadania z wykorzystaniem danych znamionowych oraz wzorów na pracę i moc prądu oraz ciepło Joule'a, wyjaśnić funkcję bezpieczników różnicowych i przewodu uziemniającego w domowej sieci elektrycznej
8-16	Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej. Badanie napięcia układu ogniwi. Prawo Ohma dla obwodu. Badanie charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki (VIII.6-7, VIII.16b,d) (I.3-4, I.9-12) Drugie prawo Kirchhoffa (VIII.12)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić pojęcie siły elektromotorycznej źródła energii elektrycznej i jego oporu wewnętrznego, połączyć szeregowo kilka ogniwi i zbadać napięcie układu ogniwi, narysować charakterystykę prądowo-napięciową przewodnika podlegającego i niepodlegającego prawu Ohma, wypowiedzieć i objaśnić drugie prawo Kirchhoffa 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać i objaśnić prawo Ohma dla całego obwodu, odpowiedzieć na pytanie: <i>Co wskazuje woltmierz dołączony do biegunów źródła siły elektromotorycznej?</i> wyznaczyć doświadczalnie charakterystykę prądowo-napięciową żarówki, stosować drugie prawo Kirchhoffa do rozwiązywania zadań

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
17–23	Przewodniki, półprzewodniki i izolatory oraz ich zastosowania. Dioda, tranzystor – budowa, zasada działania, zastosowanie (VIII.4, VIII.14–15) Zademonstrowanie roli diody jako elementu składowego prostownika (VIII.16c), (I.10–12)	<ul style="list-style-type: none"> • podać przykład przewodnika, półprzewodnika i izolatora, • omówić zależność właściwości elektrycznych substancji od obecności elektronów swobodnych, • omówić podział ciał na przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, w jakim celu domieszkuje się półprzewodniki, • omówić zjawiska występujące na złączu n-p, • omówić działanie diody i jej zastosowanie w prostownikach oraz jako źródła światła, • opisać tranzystor jako trójelektrodowy, półprzewodnikowy element wzmacniający sygnały elektryczne
24–27	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 13. Pole magnetyczne			
1	Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu (IX.1, IX.15a)	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić graficznie pole magnetyczne magnesu trwałego oraz układu magnesów, • zademonstrować kształt linii pól magnetycznych magnesów trwałych 	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem pola magnetycznego, • opisać pole magnetyczne Ziemi i jego znaczenie dla naszej planety
2–11	Działanie pola magnetycznego na przewodnik i cząstkę naładowaną. Wektor indukcji magnetycznej (IX.2–3) Strumień indukcji magnetycznej (IX.8) Pole magnetyczne przewodników z prądem (przewodnika prostoliniowego, zwojnicy i kołowej pętli) (IX.1, IX.5–6, IX.15a)	<ul style="list-style-type: none"> • podać cechy indukcji magnetycznej \vec{B} i jej jednostkę, • podać cechy siły elektrodynamicznej i siły Lorentza, • stosować wzór na wartość siły Lorentza dla przypadku $\vec{B} \perp \vec{v}$, • stosować wzór na wartość siły elektrodynamicznej dla przypadku $\vec{B} \perp \Delta\vec{l}$, • wyjaśnić pojęcie strumienia magnetycznego i podać jego jednostkę, • przedstawić graficznie pole magnetyczne przewodników z prądem (przewodnika prostoliniowego, zwojnicy i kołowej pętli), • zademonstrować kształt linii pola magnetycznego przewodników z prądem 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować indukcję magnetyczną i jej jednostkę, • zapisać i przedyskutować wzór na strumień indukcji magnetycznej, obliczać jego wartość, • opisać ruch naładowanej cząstki w jednorodnym polu magnetycznym dla przypadku $\vec{B} \perp \vec{v}$, • przedstawić zasadę działania i zastosowanie cyklotronu, • opisać oddziaływanie wzajemne przewodników z prądem i podać definicję ampera, • analizować ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym w zależności od kąta między wektorami \vec{B} i \vec{v}, • podać wzory na wartość indukcji magnetycznej w odległości r od przewodnika z prądem, wewnątrz zwojnicy i w środku pętli, • rozwiązywać zadania z zastosowaniem tych wzorów
12	Budowa i zasada działania silnika elektrycznego (IX.4)	<ul style="list-style-type: none"> • podać zasadę działania i przykłady wykorzystania silnika elektrycznego 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić na modelu budowę i zasadę działania silnika elektrycznego
13–14	Właściwości magnetyczne substancji (IX.7)	<ul style="list-style-type: none"> • omówić jakościowo podstawowe właściwości ferromagnetyków, • podać przykłady zastosowania ferromagnetyków 	<ul style="list-style-type: none"> • porównać względną przenikalność magnetyczną ferromagnetyków, paramagnetyków i diamagnetyków

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
15	Mikroskopowe oddziaływania elektromagnetyczne i ich efekty makroskopowe (I.19–20)		<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić fakt występowania sił sprężystości, sił tarcia oraz sił hamujących ruch ciał stałych w cieczach oddziaływaniami elektromagnetycznymi między cząsteczkami ciał, objaśnić, dlaczego efekty sprężyste występują tylko dla ciał stałych
16–19	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 14. Indukcja elektromagnetyczna			
1–6	Zjawisko indukcji elektromagnetycznej (I.10–12) (IX. 9–10, IX.15b)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić, na czym polega zjawisko indukcji elektromagnetycznej i podać warunki jego występowania, zademonstrować zjawisko indukcji elektromagnetycznej (na przykładzie względnego ruchu magnesu i zwojnicy oraz zmiany natężenia prądu w elektromagnesie), wyjaśnić, dlaczego między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadle do linii pola powstaje napięcie, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy siła elektromotoryczna indukcji?</i>, stosować regułę Lenza w prostych przykładach 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować pojęcie strumienia indukcji magnetycznej i wyprowadzić warunek wzbudzenia prądu indukcyjnego z użyciem tego pojęcia, wyprowadzić wzór na napięcie powstające między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadle do linii pola magnetycznego, wyprowadzić i poprawnie interpretować prawo indukcji Faradaya, rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej
7–9	Zjawisko samoindukcji (I.1, I.6–7) (IX.II)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić, na czym polega zjawisko samoindukcji i podać warunki jego występowania, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy współczynnik samoindukcji zwojnicy?</i>, podać jednostkę indukcyjności 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić i poprawnie interpretować wyrażenie na siłę elektromotoryczną samoindukcji, sporządzać i interpretować wykresy $I(t)$ i $\mathcal{E}(t)$,
10–13	Generator prądu przemiennego. Właściwości prądu przemiennego. Praca i moc prądu przemiennego (I.6–7) (IX.12)	<ul style="list-style-type: none"> podać zasadę działania i przykłady wykorzystania generatora prądu przemiennego, podać własności prądu przemiennego, posługiwać się wielkościami fizycznymi opisującymi prąd przemienny przy rozwiązywaniu prostych zadań 	<ul style="list-style-type: none"> opisać budowę generatora prądu przemiennego, wyprowadzić i objaśnić wzór na siłę elektromotoryczną prądu przemiennego, wyprowadzić wzór na chwilową moc prądu przemiennego, zdefiniować wielkości skuteczne: natężenie, napięcie i moc na podstawie wykresu $P(t)$, rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
14–15	Budowa i zasada działania transformatora (IX.13)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić zasadę działania transformatora, podać przykłady zastosowania transformatora 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić pojęcie ciepła Joule'a, wyjaśnić, dlaczego przesyłanie energii elektrycznej wiąże się z jej stratami, przygotować prezentację na temat przesyłania energii elektrycznej na duże odległości
16–19	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 15. Optyka geometryczna			
1-3	Zjawiska odbicia i załamania światła (X.6) Zademonstrowanie zjawiska odbicia, rozpraszania i załamania światła (I.10-12) (X.20d) Całkowite wewnętrzne odbicie (X.6-7) Wyznaczenie współczynnika załamania światła za pomocą pomiaru kąta granicznego (I.10-16, I.19) (X.20e)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić, na czym polegają zjawiska odbicia, rozpraszania i załamania światła, sformułować i stosować prawo odbicia, zapisać oraz objaśnić prawo załamania światła i zdefiniować bezwzględny współczynnik załamania, objaśnić, na czym polega całkowite wewnętrzne odbicie i wymienić warunki, w których zachodzi, aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia i obliczaniu wartości liczbowej wyznaczonej wielkości fizycznej 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać i objaśnić związek względnego współczynnika załamania światła na granicy dwóch ośrodków z bezwzględnymi współczynnikami załamania tych ośrodków, zdefiniować kąt graniczny, wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia (światłowodów), opisać metodę wyznaczania współczynnika załamania światła za pomocą pomiaru kąta granicznego, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych
4-6	Zwierciadła (płaskie i kuliste) i obrazy w zwierciadłach (I.6-7, I.19-20)	<ul style="list-style-type: none"> wymienić cechy obrazu otrzymanego w zwierciadle płaskim, omówić podział zwierciadeł kulistych na wklęsłe i wypukłe, objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna, wykonać konstrukcje obrazów w zwierciadłach kulistych i wymienić ich cechy 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić równanie zwierciadła, przedstawić zależność $y(x)$ za pomocą wykresu i przeanalizować ten wykres, zdefiniować powiększenie, rozwiązywać zadania z wykorzystaniem poznanych wielkości fizycznych i związków między nimi
7-9	Płytką równoległościenną i pryzmat (I.19-20)	<ul style="list-style-type: none"> omówić przejście promienia świetlnego przez płytkę równoległościenną i podać przykłady tego zjawiska 	<ul style="list-style-type: none"> przedstawić graficznie i omówić przejście promienia świetlnego przez pryzmat i podać możliwości praktycznego wykorzystania zjawiska odchylenia światła w pryzmacie
10-14	Soczewki i obrazy otrzymywane w soczewkach (X.17-18) Badanie związku między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu (I.7) (X.19, X.20f)	<ul style="list-style-type: none"> opisać rodzaje soczewek, objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy długość ogniskowej soczewki?</i>, objaśnić pojęcie zdolności skupiającej soczewki, obliczać zdolność skupiającą soczewki i układu soczewek cienkich, wykonać konstrukcje obrazów w soczewkach, wymienić cechy obrazów na podstawie wyników badania związku między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić równanie soczewki, przeanalizować działanie lupy i oka (w tym podstawowe wady wzroku) jako przyrządów optycznych, przygotować prezentację o innych przyrządach optycznych, przygotować prezentację przedstawiającą przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie: miraż, czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla
15-16	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 16. Fale mechaniczne			
1–3	Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne (X.14) Wielkości charakteryzujące fale (X.1–3)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, na czym polega rozchodzenie się fali mechanicznej, podać przykład fali poprzecznej i podłużnej, wymienić i objaśnić wielkości charakteryzujące fale i zachodzące między nimi związki 	<ul style="list-style-type: none"> podać definicję natężenia fali i jednostkę tej wielkości, zapisać wzorem i objaśnić natężenie fali kulistej
4–5	Funkcja falowa dla fali płaskiej (I.20)	<ul style="list-style-type: none"> uzasadnić (posługując się funkcją falową) fakt, że wychylenie cząstki ośrodka biorącej udział w ruchu falowym zależy od jej położenia (x) i od czasu (t), wyjaśnić, co oznacza „zgodność faz” dwóch punktów ośrodka 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać wzorem i zinterpretować funkcję falową dla fali płaskiej, wykazać, że energia transportowana przez falę jest wprost proporcjonalna do kwadratu jej amplitudy
6–7	Interferencja fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach (X.10)	<ul style="list-style-type: none"> przedstawić graficznie interferencję fal o fazach zgodnych i przeciwnych 	<ul style="list-style-type: none"> matematycznie opisać interferencję dwóch fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach, podać warunki powstawania fal stojących i opisać je matematycznie, przytoczyć przykłady występowania fal stojących w przyrodzie
8	Zasada Huygensa. Zjawisko dyfrakcji (X.8)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić zjawisko dyfrakcji i sformułować zasadę Huygensa 	<ul style="list-style-type: none"> przygotować zestaw do obserwacji dyfrakcji fali na wodzie na pojedynczej szczelinie i wykonać obserwację
9–10	Interferencja fal harmonicznym wysyłanych przez identyczne źródła (X.10)	<ul style="list-style-type: none"> podać i objaśnić warunki wzmocnienia i wygaszenia w przypadku interferencji fal harmonicznym wysyłanych przez identyczne źródła, obserwować zjawisko interferencji fal na powierzchni wody 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić matematycznie warunki wzmocnienia i wygaszenia w przypadku interferencji fal harmonicznym wysyłanych przez identyczne źródła, rozwiązywać problemy dotyczące ruchu falowego
11–13	Fale akustyczne (X.1)	<ul style="list-style-type: none"> analizować rozchodzenie się dźwięku w powietrzu, podać cechy fal akustycznych, porównać szybkość rozchodzenia się fal akustycznych w różnych ośrodkach (np. w powietrzu, wodzie, żelazie) 	<ul style="list-style-type: none"> opisać fale akustyczne za pomocą wielkości opisujących fale, opisać zakres natężenia fal akustycznych rejestrowanych przez mózg ludzki
14	Zjawisko Dopplera (X.13)	<ul style="list-style-type: none"> opisać sytuacje, w których występuje zjawisko Dopplera, wyjaśnić, na czym polega zjawisko Dopplera 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić i interpretować wzór ogólny na częstotliwość odbieranej fali dla różnych przypadków względnego ruchu źródła i odbiornika, rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska Dopplera
15–18	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

KLASA 4

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 17. Korpuskularno-falowa natura promieniowania elektromagnetycznego i materii			
1-2	Fale elektromagnetyczne (IX.14)	<ul style="list-style-type: none"> • omówić widmo fal elektromagnetycznych, • podać źródła fal z poszczególnych zakresów długości i omówić ich zastosowania 	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić rozumowanie, w którym na podstawie analogii między obwodem LC i wahadłem można otrzymać wzór na okres drgań elektrycznych oraz wyjaśnić wytwarzanie fal elektromagnetycznych
3-11	Światło jako fala elektromagnetyczna <ul style="list-style-type: none"> - Pomiar wartości prędkości światła - Zjawisko rozszczepienia światła - Doświadczenie Younga - Dyfrakcja i interferencja światła - Siatka dyfrakcyjna - Polaryzacja światła (X.16), (X.14-15) Obserwacja zjawiska dyfrakcji fali świetlnej na szczelinie (I.10-12), (X.20b) Obserwacja zjawiska interferencji fal świetlnych (I.10-12), (X.20c) Obserwacja zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle (I.10-12), (X.20a)	<ul style="list-style-type: none"> • opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła, • opisać zjawisko rozszczepienia światła, • opisać zjawisko dyfrakcji światła na szczelinie, • porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i białego, • opisać zjawisko interferencji fal świetlnych, • opisać światło jako falę poprzeczną, • opisać zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić zjawisko rozszczepienia światła, • wyjaśnić, na czym polegają zjawiska dyfrakcji i interferencji światła, • posługiwać się pojęciem spójności fal, • zapisać wzór wyrażający zależność położenia prążka n-tego rzędu od długości fali i odległości między szczelinami oraz poprawnie go zinterpretować, • wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła (jakościowo), • wymienić sposoby polaryzowania światła, • posługiwać się pojęciem kąta Brewstera
12	Zdolność rozdzielcza przyrządów optycznych (X.9)	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie „zdolność rozdzielcza przyrządu” 	<ul style="list-style-type: none"> • przeanalizować zdolność rozdzielczą przyrządu w kontekście zjawiska dyfrakcji

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
13-14	Zjawisko fotoelektryczne (I.6-7, I.17, I.20) (XI.2, XI.6-7)	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem fotonu, • zapisać i zinterpretować wzór na energię kwantu, • wyjaśnić, na czym polega zjawisko fotoelektryczne, • posługiwać się pojęciem pracy wyjścia elektronu z metalu, • sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia W 	<ul style="list-style-type: none"> • odpowiedzieć na pytania: <ul style="list-style-type: none"> – <i>Od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów?</i> – <i>Od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych z metalu w jednostce czasu?</i> • wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła, • napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów, • narysować i objaśnić wykres zależności energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości (dla kilku metal), • przygotować prezentację na temat narodzin fizyki kwantowej
15	Promieniowanie ciał. Widma (XI.1) Obserwacja widm atomowych (I.10-12) (XI.10)	<ul style="list-style-type: none"> • rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe, • rozróżnić widmo emisyjne i absorpcyjne, • opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy, • obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków 	
16-18	Model Bohra atomu wodoru. Widmo promieniowania atomu wodoru (XI.4-5)	<ul style="list-style-type: none"> • opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Balmera, • opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania, • wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym, • posługiwać się pojęciem atomu w stanie podstawowym i wzbudzonym, • wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym, • wyjaśnić, co to znaczy, że promienie orbit i energia elektronu w atomie wodoru są skwantowane 	<ul style="list-style-type: none"> • sformułować i zapisać postulaty Bohra, • obliczyć całkowitą energię elektronu w atomie wodoru, • wyjaśnić na podstawie modelu Bohra, jak powstają serie widmowe, • wyjaśnić, dlaczego nie można wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej, • wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem „rewolucyjnym” i jest do dziś wykorzystywany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych wyników doświadczalnych, • wyjaśnić, co to znaczy, że światło ma naturę dualną
19-20	Promieniowanie rentgenowskie (I.17) (XI.3)	<ul style="list-style-type: none"> • opisać okoliczności odkrycia promieni X, • opisać właściwości promieni X, • wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego, • opisać widmo promieniowania rentgenowskiego 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić sposób powstawania promieniowania X o widmie ciągłym i widmie liniowym, • wyjaśnić, jak powstaje krótkofalowa granica widma promieniowania hamowania i wyprowadzić wzór na λ_{\min}, • interpretować zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej, • omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach, • wyjaśnić, co to znaczy, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
21	Fale materii (I.17–18) (XI.9)	<ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć hipotezę i objaśnić wzór na długość fali de Broglie’a, obliczyć długość fali de Broglie’a dla elektronu o podanej energii kinetycznej, wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych, 	<ul style="list-style-type: none"> omówić wyniki doświadczenia Davisona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach), przygotować prezentację na temat zastosowania falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy), wyrazić i uzasadnić pogląd, że prawa fizyki kwantowej najlepiej opisują funkcjonowanie całego Wszechświata
22–25	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności	Dział 18. Elementy fizyki relatywistycznej	
1–2	Założenia szczególnej teorii względności (I.17) Względność czasu i jej konsekwencje (XII.1, XII.4)	<ul style="list-style-type: none"> wskazać szybkość światła w próżni jako maksymalną szybkość przekazu energii i informacji, wypowiedzieć założenia szczególnej teorii względności: <ul style="list-style-type: none"> dla szybkości bliskich szybkości światła w próżni nie można korzystać z transformacji Galileusza, szybkość światła jest jednakowa dla wszystkich obserwatorów, w różnych inercjalnych układach odniesienia czas płynie inaczej 	<ul style="list-style-type: none"> wykazać, że przy założeniu niezależności szybkości światła od układu odniesienia czas upływający między dwoma tymi samymi zdarzeniami w różnych inercjalnych układach odniesienia jest różny, objaśnić związek między czasem trwania procesu w układzie własnym, a czasem w układzie poruszającym się z szybkością bliską c, przedstawić przykład skutków różnego upływu czasu w różnych inercjalnych układach odniesienia
3–6	Energia spoczynkowa ciał. Równoważność masy i energii spoczynkowej. Pęd i energia kinetyczna w ujęciu relatywistycznym (XII.2–3)	<ul style="list-style-type: none"> wskazać, że gdy szybkość ciała zbliża się do c, wzory $p = mv$ i $E_k = \frac{mv^2}{2}$ przestają obowiązywać, wskazać, że w układzie, w którym ciało spoczywa, ma ono energię $E = mc^2$ zwaną energią spoczynkową, wyjaśnić równoważność masy i energii spoczynkowej 	<ul style="list-style-type: none"> skomentować wyrażenia na pęd relatywistyczny, całkowitą energię ciała swobodnego i energię kinetyczną w ujęciu relatywistycznym
7–9	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności	Dział 19. Fizyka jądrowa	
1	Odkrycie promieniotwórczości. Promienowanie jądrowe i jego właściwości (I.17–18) (XII.9)	<ul style="list-style-type: none"> opisać samorodną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki, wymienić rodzaje promieniowania i podać ich główne właściwości 	<ul style="list-style-type: none"> przygotować prezentację na temat historii odkrycia promieniotwórczości i roli Marii Skłodowskiej-Curie

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
2-3	Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Działanie promieniowania na organizmy żywe (I.18) (XII.13–14)	<ul style="list-style-type: none"> opisać skutki działania promieniowania na organizmy żywe, w tym niszczenie żywych komórek i powodowanie zmian genetycznych 	<ul style="list-style-type: none"> podać przykłady wykorzystania promieniowania jądrowego w diagnostyce i terapii medycznej
4	Doświadczenie Rutherforda. Budowa jądra atomowego (I.17–18) (XII.5, XII.10)	<ul style="list-style-type: none"> wymienić składniki jądra atomowego, opisać jądro atomu danego pierwiastka za pomocą liczby porządkowej (atomowej) i masowej, opisać historyczne doświadczenie Rutherforda i płynące z niego wnioski 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, że jądro, podobnie jak atom, może się znajdować w różnych stanach energetycznych, a przechodzenie ze stanu wzbudzonego do podstawowego wiąże się z emisją promieniowania gamma
5-6	Prawo rozpadu promieniotwórczego. Metoda datowania izotopowego (XII.11–14)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, czym różni się od siebie izotopy danego pierwiastka, wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy, zapisać ogólne schematy rozpadów alfa i beta oraz objaśnić je z zastosowaniem reguł przesunięć, zapisać i objaśnić prawo rozpadu oraz pojęcia: stała rozpadu i czas połowicznego rozpadu 	<ul style="list-style-type: none"> zinterpretować wykres $N(t)$ zależności liczby jąder danego izotopu w próbie od czasu, skorzystać ze związku między stałą rozpadu i czasem połowicznego rozpadu, objaśnić metodę datowania za pomocą izotopu ^{14}C
7-8	Energia wiązania. Reakcja rozszczepienia (XII.6–8, XII.15)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, dlaczego masa jądra jest mniejsza od sumy mas jego składników, wyjaśnić pojęcia: deficyt masy i energia wiązania, wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach rozszczepienia jąder, wskazać, że wszystkie źródła energii używane przez ludzkosć pochodzą z energii spoczynkowej jakichś ciał, wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa i podać warunki jej zachodzenia 	<ul style="list-style-type: none"> zinterpretować wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych, zapisywać reakcje rozszczepienia jąder, uwzględniając zasadę zachowania ładunku i liczby nukleonów, stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych
9	Bomba atomowa, energetyka jądrowa (I.18) (XII.15–16)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, że reaktor to urządzenie, w którym zachodzi kontrolowana reakcja rozszczepienia, a bomba atomowa to urządzenie, w którym zachodzi niekontrolowana reakcja łańcuchowa, wymienić główne zalety i zagrożenia związane z wykorzystaniem energetyki jądrowej 	<ul style="list-style-type: none"> opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
10–11	Reakcje jądrowe (XII.6, XII.9)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić pojęcie reakcji jądrowej jako przemiany jąder następującej w wyniku zderzeń, opisać cząstkę zwaną pozytonem 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać reakcję jądrową z uwzględnieniem zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów
12–13	Reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach. Bomba wodorowa (XII.17–19)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach termojądrowych, wyjaśnić, że bomba wodorowa to urządzenie, w którym zachodzi gwałtowna fuzja jądrowa 	<ul style="list-style-type: none"> opisać reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach, opisać kreację lub anihilację par cząstka-antycząstka, stosując zasady zachowania energii i pędu oraz zasadę zachowania ładunku, wymienić elementy ewolucji gwiazd; omówić supernowe i czarne dziury
14–16	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

V. SPOSOBY OSIĄGANIA CELÓW KSZTAŁCENIA I WYCHOWANIA

1. Zapewnienie przez szkołę jak najlepszych warunków do wszechstronnej aktywności uczniów na lekcjach fizyki i zajęciach pozalekcyjnych poprzez:
 - odpowiednie wyposażenie pracowni fizycznej;
 - umożliwienie korzystania z materiałów pomocniczych (przeznaczonych do bezpośredniego wykorzystania podczas lekcji) stanowiących multimedialną obudowę podręczników;
 - stworzenie uczniom możliwości pracy z komputerem (dostęp do internetu);
 - zgromadzenie w bibliotece encyklopedii (także multimedialnych), poradników encyklopedycznych, leksykonów literatury popularnonaukowej, czasopism popularnonaukowych (np. „Świat Nauki”, „Wiedza i Życie”, „Młody Technik”, „Foton”, „Neutrino”), filmów i programów edukacyjnych.
2. Dbłość o efektywność procesu samodzielnego kształcenia się uczniów: uczniowie powinni postępować zgodnie z zasadami organizowania i planowania uczenia się, z którymi zostali zapoznani, gdy rozpoczynali naukę w liceum lub technikum.
3. Systematyczne aktywizowanie uczniów do przeprowadzania wszechstronnych operacji umysłowych. Stwarzanie okazji do rozumowania dedukcyjnego, rozumowania indukcyjnego i rozumowania przez analogię.
4. Indywidualizacja nauczania:
 - w toku lekcji (przez jak najczęstsze stawianie uczniów w sytuacji problemowej, odpowiednio do ich aktualnych możliwości intelektualnych);
 - przez odpowiedni dobór i różnicowanie stopnia trudności prac domowych;
 - w toku zajęć pozalekcyjnych prowadzonych dla uczniów przygotowujących się do konkursów fizycznych i olimpiady fizycznej przez:
 - uzupełnianie treści nauczania o zagadnienia wykraczające poza wymagania podstawy programowej,
 - wykonywanie doświadczeń fizycznych spoza podstawy programowej,
 - zapewnienie uczniom uczestnictwa w zajęciach teoretycznych i praktycznych organizowanych przez wyższe uczelnie;
 - pomoc w uzupełnianiu braków uczniom mającym trudności.
5. Wymaganie posługiwania się przez uczniów językiem fizyki i dbłość o poprawne definiowanie wielkości fizycznych, odczytywanie ich sensu fizycznego ze wzorów definiujących, ustalanie zależności od innych wielkości fizycznych, poprawne wypowiadanie treści praw fizycznych i zapisywanie ich w języku matematyki, interpretację praw przedstawionych w matematycznej formie.
6. Stwarzanie uczniom możliwości:
 - formułowania dłuższych wypowiedzi w języku fizyki;
 - pisemnego, zwięzłego wyjaśniania zjawisk fizycznych i uzasadniania odpowiedzi na pytania;
 - aktywnego uczestniczenia w pokazach dzięki odpowiedniemu przygotowaniu do pokazu (sformułowanie celu obserwacji, ustalenia zestawu niezbędnych przyrządów), a po wykonaniu doświadczenia pokazowego dzięki sformułowaniu i zapisaniu wniosków;
 - wykonania indywidualnych lub grupowych doświadczeń przewidzianych w podstawie programowej (poprzedzonych sformulowaniem celu doświadczenia i postawieniem hipotez, a po ich eksperymentalnej weryfikacji sformułowanie wniosków z doświadczenia i opracowywanie wyników pomiarów, zawierające obliczenie niepewności pomiarowych, poprawne zapisanie wyników pomiaru, sporządzenie wykresów z uwzględnieniem niepewności).
7. Zwracanie uwagi na merytoryczną i logiczną poprawność ustnych i pisemnych wypowiedzi.
8. Możliwie częste wymaganie od uczniów:
 - samodzielnego wyszukiwania i gromadzenia materiałów służących do opracowania wybranych zagadnień z fizyki lub tematów interdyscyplinarnych;
 - korzystania z literatury popularnonaukowej i interaktywnych programów;
 - sporządzania konspektów, notatek, prezentacji i referatów na zadany temat.
9. Stwarzanie uczniom możliwości prezentowania wyników samodzielnej pracy.
10. Stosowanie różnorodnych metod nauczania ze szczególnym uwzględnieniem metod aktywizujących.
11. Organizowanie pracy w grupach, na przykład podczas: rozwiązywania zadań problemowych, przygotowywania prezentacji zleconej kilkuosobowym zespołom uczniów, przygotowywania oraz wykonywania pokazów i doświadczeń.

VI. PROPOZYCJE METOD OCENY OSIĄGNIĘĆ UCZNIÓW

Jednym z celów uczenia fizyki na poziomie rozszerzonym jest przygotowanie uczniów do egzaminu maturalnego z fizyki i do kontynuowania przez nich kształcenia na kierunkach ścisłych, technicznych i przyrodniczych. Kontroli i ocenie powinny więc podlegać wiedza i umiejętności umożliwiające uzyskanie jak najlepszego wyniku na egzaminie maturalnym i będące podstawą nauki fizyki na poziomie uniwersyteckim.

Kontrola i ocena mają na celu dostarczenie uczniom częstej i możliwie pełnej informacji o aktualnym poziomie ich wiedzy i umiejętności, a także o postępach lub ich braku. Zakres umiejętności niezbędnych uczniom uczącym się fizyki na poziomie rozszerzonym jest bardzo szeroki, co pociąga za sobą konieczność stosowania różnorodnych form kontroli – zarówno bieżącej, jak i związanej z oceną sumującą.

Należy więc planować:

1. Sprawdziany pisemne:

a) w formie zbliżonej do stosowanej podczas egzaminów maturalnych, czyli:

- zestawy zadań o zróżnicowanym stopniu trudności, zarówno tzw. rachunkowych, w których wymagana jest umiejętność przeprowadzenia poprawnej matematycznie, ilościowej analizy problemu, jak i zadań sprawdzających umiejętność jakościowego rozwiązywania problemów, wyjaśniania zjawisk i uzasadniania stwierdzeń z użyciem poprawnej terminologii i z logiczną argumentacją;
- sprawdziany, podczas których uczniowie mogą wykazać się umiejętnością czytania ze zrozumieniem tekstu o tematyce fizycznej i rozwiązywania zadań na podstawie informacji zawartych w tekście;

b) w formie prac pisemnych (do bieżącej, systematycznej kontroli wiedzy i umiejętności) zawierających zadania zamknięte:

- testowe (testy wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią lub z wieloma poprawnymi odpowiedziami),
- krótkiej odpowiedzi (z luką),
- typu prawda/fałsz,
- typu „zaznacz właściwe dokończenie zdania oraz jego poprawne uzasadnienie”.

2. Kontrolę umiejętności eksperymentalnych (doświadczenia planowane i wykonywane indywidualnie lub grupowo), analizowania i dokumentowania wyników doświadczeń (np. sporządzania wykresów, diagramów), szacowania niepewności pomiarowych, poprawnego zapisywania wyników doświadczeń.

3. Kontrolę umiejętności formułowania zwięzłej, poprawnej merytorycznie i logicznie wypowiedzi na zadany temat związanych z problemami fizyki, astronomii i zagadnieniami interdyscyplinarnymi.

Ocenianie stanowi nieodłączną część procesu kontroli wiadomości i umiejętności. Ocena może być wyrażona ilościowo (liczbą punktów lub oceną szkolną) lub opisowo – w formie słownego komentarza albo w formie pisemnej (np. recenzja samodzielnego opracowania lub sprawdzianu) w taki sposób, by uwypuklić osiągnięcia ucznia, wskazać braki lub błędy oraz sposoby ich naprawienia. Ocena powinna też pełnić funkcję motywacyjną. Uczniowie wybierający fizykę jako przedmiot realizowany w zakresie rozszerzonym chcą uczyć się jej jak najlepiej. Gdy oceniamy ich obiektywnie, rzetelnie i sprawiedliwie, w sposób zachęcający do dalszej wytrwałej pracy, mamy szansę wychować przyszłych fizyków.

VII. ORIENTACYJNY PRZYDZIAŁ GODZIN

Nr	Dział	Liczba godzin lekcyjnych
----	-------	--------------------------

Klasa 1

1	Opis ruchu postępowego	22
2	Siła jako przyczyna zmian ruchu	19
3	Praca, moc, energia mechaniczna	14
4	Zjawiska hydrostatyczne	9
5	Niepewności pomiarowe	2
	Razem	66

Klasa 2

6	Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej	20
7	Pole grawitacyjne	17
8	Elementy astronomii	7
9	Ruch drgający harmoniczny	12
10	Zjawiska termodynamiczne	25
11	Pole elektrostatyczne	18
	Razem	99

Klasa 3

12	Prąd stały i modele przewodnictwa elektrycznego	27
13	Pole magnetyczne	19
14	Indukcja elektromagnetyczna	19
15	Optyka geometryczna	16
16	Fale mechaniczne	18
	Razem	99

Klasa 4

17	Korpuskularno-falowa natura promieniowania elektromagnetycznego i materii	25
18	Elementy fizyki relatywistycznej	9
19	Fizyka jądrowa	16
	Razem	50