

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. Podzieliśmy je na dwie grupy: konieczne i podstawowe oraz rozszerzone 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 rozszerzone 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, • objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym, • zapisać i objaśnić 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 zinterpretować 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 jednostajne i zmienne 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i zinterpretować 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 rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
13–14	Względność ruchu (I.17, I.18, 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 objaśnić 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 ciału 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 objaśnić 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 objaśnić 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 objaśnić, • 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 rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
8–9	Tarcie (II.17, II.23) Wyznaczanie 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 tarcieniem po równi pochyłej, aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, zapisywać wyniki pomiarów w tabeli, wykonywać obliczenia i sformułować wnioski 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 nieinercjalnych (I.10–12, I.19) (II.18, II.26a)	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić różnicę między układami inercjalnymi i nieinercjalnymi, 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 nieinercjalnych, rozwiązywać problemy dynamiczne zarówno w układzie inercjalnym, jak i nieinercjalnym
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 rozszerzone 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 naczyń połączonych, • za pomocą naczyń 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 rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
3–4	Prawo Archimedesesa. Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał (I.2, I.18–19) (II.25)	<ul style="list-style-type: none"> sformułować i objaśnić prawo Archimedesesa, podać przykłady zastosowania prawa Archimedesesa, 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 Archimedesesa, rozwiązywać proste zadania z zastosowaniem obliczania siły wyporu 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe związane z zastosowaniem prawa Archimedesesa, 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 obrotowy bryły sztywnej			
1	Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	<ul style="list-style-type: none"> • podać przykład wielkości fizycznej, która jest iloczynem wektorowym dwóch wektorów 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać iloczyn wektorowy dwóch wektorów, • podać cechy (wartość, kierunek, zwrot) wektora, który jest wynikiem mnożenia wektorowego
2	Ruch obrotowy bryły sztywnej (I.1) (III.2)	<ul style="list-style-type: none"> • omówić przykłady ruchu obrotowego bryły sztywnej oraz ruchu złożonego, • posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe oraz ich jednostkami, • stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kątowej 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać matematycznie ruch obrotowy: jednostajny i jednostajnie zmienny, • wyprowadzić i objaśnić (lub tylko zapisać i objaśnić) związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego
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 i jego jednostką 	<ul style="list-style-type: none"> • podać definicję momentu bezwładności bryły, • obliczać energię kinetyczną bryły obracającej się wokół osi symetrii, • stosować twierdzenie Steinera
4	Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły (I.1, I.5) (III.3)	<ul style="list-style-type: none"> • podać warunek zmiany stanu ruchu obrotowego bryły sztywnej, • posługiwać się pojęciem momentu siły, • zdefiniować jednostkę momentu siły 	<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
5–6	Warunki równowagi bryły sztywnej (I.5) (III.3)	<ul style="list-style-type: none"> • podać warunki równowagi bryły sztywnej, • opisać sposób praktycznego wykorzystania maszyn prostych 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania związane z wykorzystaniem maszyn prostych
7–9	Zasady dynamiki ruchu obrotowego (III.4)	<ul style="list-style-type: none"> • podać i objaśnić treść zasad dynamiki dla ruchu obrotowego 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania, stosując zasady dynamiki w ruchu obrotowym
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 wniosek 	<ul style="list-style-type: none"> • zaplanować sposób wykonania doświadczenia i zapisania wyników, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych

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 bryły sztywnej. (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 i jego jednostką, 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
14	Analogie występujące w opisie ruchu postępowego i obrotowego	<ul style="list-style-type: none"> przedstawić analogie występujące w kinematycznym i dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego 	<ul style="list-style-type: none"> wykorzystać analogie w rozwiązywaniu zadań
15–16	Złożenie ruchu postępowego i obrotowego – toczenie (I.19) (III.5)	<ul style="list-style-type: none"> opisać toczenie bez poślizgu jako złożenie ruchu postępowego środka masy bryły i jej ruchu obrotowego wokół osi symetrii, podać warunek toczenia się bryły bez poślizgu: prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jest równa zeru 	<ul style="list-style-type: none"> opisać toczenie jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu, znajdować prędkość punktów toczącej się bryły jako wypadkową prędkości jej ruchu postępowego i obrotowego wokół osi symetrii, obliczać energię kinetyczną toczącej się bryły, zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły sztywnej, rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
17–20	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 7. Pole grawitacyjne			
1	O odkryciach Kopernika i Keplera. Prawa Keplera (I.18) (IV.5–6)	<ul style="list-style-type: none"> przedstawić założenia teorii heliocentrycznej, sformułować i objaśnić prawa 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, podać przykłady zjawisk, do opisu których stosuje się prawo grawitacji, na podstawie prawa grawitacji wykazać, że w pobliżu Ziemi na ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i określonej gęstości, przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona, analizować jakościowo wpływ siły grawitacji na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych, stosować trzecie prawo Keplera, przygotować prezentację na temat roli Newtona w rozwoju nauki

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. Ruchy satelitów (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 	<ul style="list-style-type: none"> 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, poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego, 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 	<ul style="list-style-type: none"> obliczyć wartość natężenia pola grawitacyjnego, sporządzić wykres zależności $\gamma(r)$ dla $r \geq R$, rozwiązywać problemy z zastosowaniem ilościowego opisu pola grawitacyjnego, przygotować wypowiedź na temat: <i>Natężenie pola grawitacyjnego a przyspieszenie grawitacyjne</i>
6-10	Praca w polu grawitacyjnym. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym (I.6) (IV.7)	<ul style="list-style-type: none"> posłużyć się wzorem na pracę stałej siły i wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym, 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> 	<ul style="list-style-type: none"> podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym, zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym, poprawnie wypowiedzieć definicję grawitacyjnej energii potencjalnej, sporządzić i zinterpretować wykres zależności $E_p(r)$
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, przygotować prezentację na temat ruchu satelitów w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej im 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 początkowo z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę, przygotować prezentację na temat wpływu stanów przeciążenia, niedociążenia i nieważkości na organizm człowieka
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	Budowa Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce. Jednostki stosowane w astronomii (I.1) (IV.9)	<ul style="list-style-type: none"> • obliczać (szacować) wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie, • porównywać okresy obiegu planet na podstawie ich średnich odległości od Słońca, • porównywać wartości prędkości ruchu obiegowego planet Układu Słonecznego 	<ul style="list-style-type: none"> • zamieniać jednostki stosowane w astronomii, • wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchyień tego ruchu od wcześniej przewidywanego mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich, • podać przykłady takich odkryć
2–3	Teoria Wielkiego Wybuchu (I.17–18) (IV.10)	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się terminem „Wielki Wybuch” w celu określenia początku znanego nam Wszechświata, • podać przybliżony wiek Wszechświata 	<ul style="list-style-type: none"> • omówić na podstawie tekstów popularnonaukowych model ewolucji Wszechświata, • wyjaśnić, co to jest promieniowanie reliktowe, • podać argumenty przemawiające za słusznością teorii Wielkiego Wybuchu
4–5	Rozszerzanie się Wszechświata. Ucieczka galaktyk (I.17–20) (IV.10)	<ul style="list-style-type: none"> • wytłumaczyć obserwowany fakt rozszerzania się Wszechświata na przykładzie modelu balonika, • wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk” 	<ul style="list-style-type: none"> • na podstawie artykułów popularnonaukowych omówić znaczenie obserwacji astronomicznych dla naszej wiedzy o Wszechświecie
6	Prawo Hubble’a (IV.10)	<ul style="list-style-type: none"> • podać treść prawa Hubble’a, • zapisać wzorem prawo Hubble’a i objaśnić występujące w nim wielkości 	<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć wiek Wszechświata, • objaśnić, jak na podstawie prawa Hubble’a wnioskujemy, że galaktyki oddalają się od siebie
7	Sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 9. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne			
1	Właściwości sprężyste ciał stałych (I.19)	<ul style="list-style-type: none"> • opisać odkształcenia sprężyste i niesprężyste, • podać przykłady praktycznego wykorzystania właściwości sprężystych ciał 	<ul style="list-style-type: none"> • interpretować sprężystość jako makroskopowy efekt mikroskopowych oddziaływań elektromagnetycznych
2	Model oscylatora harmonicznego i jego zastosowanie w opisie przyrody (I.20), (V.1–2) Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny (I.10–16), (V.8c)	<ul style="list-style-type: none"> • wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie, • wymienić i zdefiniować pojęcia służące do opisu ruchu drgającego, • zapisać i objaśnić związek siły, pod wpływem której odbywa się ruch harmoniczny, z wychyleniem ciała z położenia równowagi, • podać sens fizyczny współczynnika sprężystości 	<ul style="list-style-type: none"> • zaplanować i przygotować doświadczenie, a następnie zbadać zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
3–6	Matematyczny opis ruchu harmonicznego (V.3–4, V.6)	<ul style="list-style-type: none"> obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym, sporządzić i objaśnić wykresy zależności współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu, omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny, zapisać, objaśnić i wykorzystać w prostych zadaniach wzory na okres ruchu harmonicznego i energię potencjalną 	<ul style="list-style-type: none"> obliczać pracę i energię w ruchu harmonicznym, wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym, wykazać, że w ruchu harmonicznym jest spełniona zasada zachowania energii, podać wzory na zależność od czasu energii potencjalnej sprężystości, energii kinetycznej i energii całkowitej ciała drgającego, sporządzić wykresy zależności $E_p(t)$, $E_k(t)$, $E_p(x)$, $E_k(x)$, rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
7–9	Wahadło matematyczne (I.10–12), (V.8a) Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości (I.10–16), (V.8b) Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego (I.10–16), (V.8e)	<ul style="list-style-type: none"> zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy, zapisać i objaśnić wzór na okres wahadła matematycznego, aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczeń, wpisywać wyniki pomiarów do tabeli i wykonywać obliczenia, sformułować wnioski z doświadczeń 	<ul style="list-style-type: none"> wykazać, że ruch wahadła matematycznego jest ruchem harmonicznym dla małych kątów wychylenia wahadła z położenia równowagi, podać cele i opisać sposób wykonania doświadczeń, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wyniki
10	Drgania wymuszone i rezonansowe (V.7) Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego (I.10–12), (V.8d)	<ul style="list-style-type: none"> zademonstrować i wyjaśnić zjawisko rezonansu mechanicznego 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić pojęcia: okres drgań własnych i częstotliwość rezonansowa
11–12	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
13–14	Funkcja falowa dla fali płaskiej (I.20)	<ul style="list-style-type: none"> uzasadnić (postępując 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

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
15–16	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
17	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
18–19	Interferencja fal harmonicznnych wysyłanych przez identyczne źródła (I.10–12) (X.10)	<ul style="list-style-type: none"> podać i objaśnić warunki wzmocnienia i wygaszenia w przypadku interferencji fal harmonicznnych 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 harmonicznnych wysyłanych przez identyczne źródła, rozwiązywać problemy dotyczące ruchu falowego
20–21	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
22	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
23–26	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 10. Zjawiska termodynamiczne			
1	Mikroskopowe modele ciał makroskopowych. Gazy. Ciecze. Ciała stałe (I.10–12) (VI.10, VI.17)	<ul style="list-style-type: none"> wykonać dowolne doświadczenie uzasadniające hipotezę o cząsteczkowej budowie ciał, opisać zjawisko dyfuzji, opisać różnice w budowie ciał stałych, cieczy i gazów 	<ul style="list-style-type: none"> przedstawić podstawowe założenia teorii kinetyczno-molekularnej budowy materii
2–3	Temperatura. Zerowa zasada termodynamiki (VI.11) Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał (I.10–16) (VI.19.b)	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina, zamienić temperaturę wyrażoną w stopniach Celsjusza na kelwiny i odwrotnie, zapisać i objaśnić związek temperatury ciała ze średnią energią kinetyczną jego cząsteczek, z badać doświadczalnie proces wyrównywania temperatury ciał 	<ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć i objaśnić zerową zasadę termodynamiki, stosować bilans cieplny do opisu procesu wyrównywania temperatury ciał

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
4-7	Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona. (VI.13) Przemiany gazu doskonałego (izotermiczna, izochoryczna, izobaryczna) (VI.12)	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie „gaz doskonały”, • zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego, • zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona, • wymienić i opisać przemiany gazowe, • sformułować prawa dla przemian gazowych 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić wzór wyrażający ciśnienie gazu doskonałego w zamkniętym naczyniu, • skorzystać z równania stanu gazu doskonałego i równania Clapeyrona do obliczania parametrów gazu w przemianach: <ul style="list-style-type: none"> – izotermicznej, – izobarycznej, – izochorycznej, • sporządzać i interpretować wykresy, np. $p(V)$, $p(T)$, $V(T)$ dla wszystkich przemian, • omówić przemianę adiabatyczną
8-10	Energia wewnętrzna. Ciepło. Pierwsza zasada termodynamiki (VI.2-3)	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować energię wewnętrzną i ciepło, • sformułować pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu, • wyjaśniać zjawiska i rozwiązywać zadania, stosując pierwszą zasadę termodynamiki
11	Praca siły zewnętrznej przy zmianie objętości gazu (VI.9)	<ul style="list-style-type: none"> • zastosować pierwszą zasadę termodynamiki do opisu przemian gazowych, • obliczać pracę na podstawie wykresu $p(V)$ w prostych przypadkach 	<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć pracę siły zewnętrznej i pracę gazu przy zmianie jego objętości, • objaśnić stwierdzenie, że praca jest funkcją procesu
12-13	Ciepło właściwe i molowe (VI.5, VI.14)	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciami ciepła właściwego i ciepła molowego 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić związek między c_p i c_v, • rozwiązywać zadania wymagające przeprowadzania bilansu cieplnego
14	Przemiana adiabatyczna (I.6-7) (VI.9)	<ul style="list-style-type: none"> • opisać przemianę adiabatyczną, • zastosować pierwszą zasadę termodynamiki do opisu przemiany adiabatycznej 	<ul style="list-style-type: none"> • sporządzać i interpretować wykresy $p(V)$ dla przemiany adiabatycznej, • wyjaśniać różnice między adiabatą i izotermą
15-21	Silniki cieplne. Cykl Carnota. Druga zasada termodynamiki (I.19-20) (VI.15-16) Zjawiska odwracalne i nieodwracalne (I.19-20), (VI.17) Fluktuacje (VI.18)	<ul style="list-style-type: none"> • opisać zasadę działania silnika cieplnego, • wymienić przemiany, które składają się na cykl Carnota, • zdefiniować sprawność silnika cieplnego, • zapisać wzór na sprawność idealnego silnika Carnota, • rozróżniać procesy odwracalne i nieodwracalne 	<ul style="list-style-type: none"> • sporządzić wykres $p(V)$ dla cyklu Carnota i go interpretować, • obliczać sprawność silników cieplnych, • na podstawie wykresów opisywać cykle przemian zachodzących w silnikach, • sformułować drugą zasadę termodynamiki, • operować pojęciem fluktuacji termodynamicznych ze świadomością, że są one wynikiem cząsteczkowej struktury materii i że fluktuacje wielkości opisujących duże układy makroskopowe (np. gaz składający się z bardzo dużej liczby cząsteczek) są bardzo małe i praktycznie nieobserwowalne, a bezpośrednia obserwacja fluktuacji jest możliwa tylko dla układów dostatecznie małych,

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
22–26	Topnienie i krzepnięcie. Parowanie i skraplanie. Sublimacja i resublimacja. Wrzenie i skraplanie w temperaturze wrzenia (VI.4–6, VI.7) Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej (I.10–12), (VI.19.c) Rozszerzalność temperaturowa ciał (VI.1) Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych (I.10–12), (VI.19a) Transport energii przez przewodzenie i konwekcję (I.19)	<ul style="list-style-type: none"> opisać zjawiska przemian fazowych i zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej, zdefiniować wielkości fizyczne opisujące te procesy, sporządzać i interpretować odpowiednie wykresy, omówić wartość energetyczną żywności i paliw, omówić zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał i je zademonstrować, podać przykłady ciał, które są dobrymi przewodnikami ciepła i ciał, które źle przewodzą ciepło, opisać zjawisko konwekcji w cieczach i gazach, podać przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska konwekcji 	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić fakt, że fluktuacje w sposób istotny ograniczają czułość przyrządów pomiarowych, na podstawie ruchów Browna wykazać, że druga zasada termodynamiki ma charakter statystyczny, a jej stosowalność do niewielkich układów jest ograniczona, objaśnić pojęcie entropii, sformułować i objaśnić drugą zasadę termodynamiki z użyciem pojęcia entropii <ul style="list-style-type: none"> opisać przemiany energii w przemianach fazowych, obliczać zmiany objętości ciał spowodowane zmianami temperatury, zademonstrować i omówić zjawisko przewodnictwa cieplnego ciał stałych, cieczy i gazów, wyjaśnić przyczyny różnic przewodnictwa cieplnego różnych substancji na podstawie teorii kinetyczno-molekularnej, wyjaśnić, na czym polega zjawisko konwekcji, rozwiązywać problemy dotyczące przejść fazowych, zdefiniować współczynniki rozszerzalności liniowej i objętościowej, podać związki między współczynnikami rozszerzalności liniowej i objętościowej ciała stałego, objaśnić analogie między przewodzeniem ciepła i prądu elektrycznego
27–29	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 11. Pole elektryczne			
1–2	Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych. Prawo Coulomba (VII.2) Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku (VII.1)	<ul style="list-style-type: none"> opisać oddziaływanie ciał naelektryzowanych, zapisać i objaśnić prawo Coulomba, wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku, opisać i wyjaśnić sposoby elektryzowania ciał z zastosowaniem zasady zachowania ładunku 	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka, rozwiązywać zadania, stosując prawo Coulomba
3–11	Natężenie pola elektrostatycznego (I.6–7), (VII.3) Zasada superpozycji natężeń pól (I.10–12), (VII.4–5, VII.13a) Praca w polu elektrostatycznym (jednorodnym i centralnym). Energia potencjalna naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym (VII.7–9) Potencjał pola elektrycznego. Wzór ogólny na pracę w polu elektrostatycznym. Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika (VII.6) Przewodnik w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć poprawnie definicję natężenia pola i zdefiniować jego jednostkę, interpretować zagęszczenie linii pola jako miarę natężenia pola, zademonstrować kształt linii jednorodnego i centralnego pola elektrycznego, rozdzielić pole centralne i jednorodne, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość natężenia centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie?</i>, zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną elektrostatyczną ładunku, opisać jakościowo rozkład ładunku wprowadzonego na przewodnik, wyjaśnić, jak działa „klatka Faradaya” 	<ul style="list-style-type: none"> opisać pole dla sferycznie symetrycznego rozkładu ładunków, sporządzić wykres $E(r)$, korzystać z zasady superpozycji pól, obliczyć pracę siły pola jednorodnego i centralnego przy przesuwaniu ładunku, obliczyć energię potencjalną naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym, wyprowadzić i objaśnić wzór ogólny na pracę wykonaną przy przesuwaniu ładunku przez siłę dowolnego pola elektrostatycznego, opisać wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie ładunków na przewodniku, analizować ruch cząstek naładowanych w polu elektrostatycznym
12–16	Pojemność elektryczna ciała przewodzącego. Kondensator. Pojemność kondensatora płaskiego (I.1), (VII.11) Energia naładowanego kondensatora (VII.11) Dielektryk w polu elektrostatycznym (I.10–12), (VII.12, VII.13b)	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować pojemność przewodnika i jednostkę pojemności oraz jej podwielokrotności, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy pojemność przewodnika?</i>, objaśnić pojęcie „kondensator”, opisać ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego i jak zależy pojemność kondensatora płaskiego?</i>, zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora 	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić pojęcie „stała dielektryczna”, wyjaśnić wpływ dielektryka na pojemność kondensatora, objaśnić, od czego i jak zależy energia naładowanego kondensatora, opisać zjawiska zachodzące w dielektryku umieszczonym w polu elektrostatycznym, obliczyć pojemność układu kondensatorów połączonych szeregowo i równolegle, rozwiązywać zadania dotyczące energii zmagazynowanej w kondensatorze płaskim
17–20	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 12. Prąd stały i modele przewodnictwa elektrycznego			
1-2	Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Natężenie prądu. Napięcie (I.1) (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
3-6	Prawo Ohma dla odcinka obwodu (VIII.5) Od czego zależy opór przewodnika? (VIII.3-4) Łączenie szeregowe 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 uziemiającego w domowej sieci elektrycznej
7-15	Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej. Badanie napięcia układu ogniwo (I.9-16) (VIII.16b) Prawo Ohma dla obwodu (VIII.7) Badanie charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki (I.9-16) (VIII.16d) 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 ogniwo i zbadać napięcie układu ogniwo, 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 woltomierz dołączony do biegunów źródła siły elektromotorycznej?</i>, wyznaczyć doświadczalnie charakterystykę prądowo-napięciową żarówki, stosować do rozwiązywania zadań drugie prawo Kirchhoffa

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
16–21	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 (I.10–12), (VIII.16c)	<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
22–25	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
Dział 13. Pole magnetyczne			
1	Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu (I.10–12), (IX.1)	<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 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) Przewodnik z prądem w polu magnetycznym. Ruch cząstki naładowanej w polu magnetycznym	<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 $\vec{B} \perp \Delta \vec{l}$, • objaśnić 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 oddziaływania 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"> • objaśnić 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			
1–5	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"> • wypowiedzieć warunek wzbudzenia prądu indukcyjnego z użyciem pojęcia strumienia indukcji magnetycznej, • 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
6–7	Zjawisko samoindukcji (I.1, I.6–7) (IX.11)	<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 $\mathcal{E}(t)$,
8–10	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 $P(t)$
11–12	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
13–16	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 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) Wyznaczanie 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 i objaśnić prawo załamania światła i zdefiniować bezwzględny współczynnik załamania, objaśnić, na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia 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 (światłowód), 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
15–18	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 16. 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 równoległe i prostopadłe (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 równoległe i prostopadłe 	<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, objaśnić 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
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"> Od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów?, Od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych z metalu w jednostce czasu?, wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła, napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów,

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
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 	<ul style="list-style-type: none"> narysować i objaśnić wykres zależności energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości (dla kilku metali), przygotować prezentację na temat narodzin fizyki kwantowej
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
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 Davissona 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		

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
Dział 17. 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 18. Fizyka jądra			
1	Odkrycie promieniotwórczości. Promieniowanie jądrowe i jego właściwości (I.17-18) (XII.9)	<ul style="list-style-type: none"> opisać samorzutną 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
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

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
5–6	Prawo rozpadu promieniotwórczego. Metoda datowania izotopowego (XII.11–14)	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, czym różnią 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 próbce 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 ludzkość 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
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		