

# 4. PROGRAM NAUCZANIA KSZTAŁCENIE W ZAKRESIE ROZSZERZONYM

## 4.1. Ogólny opis Programu

Program *Fizyka i astronomia XXI* nauczania fizyki i astronomii w zakresie rozszerzonym w szkołach ponadgimnazjalnych jest dostosowany do *Podstawy programowej* (załącznik 4 do Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 26 lutego 2002 r. – Dz.U. Nr 51, poz. 458). Uwzględnia wszystkie treści nauczania zawarte w *Podstawie programowej* w zakresie rozszerzonym i preferuje klasyczny układ tematyczny. Program ten opiera się na dotychczasowym doświadczeniu autora w opracowywaniu i stosowaniu programu autorskiego.

W Programie przedstawiono:

- **założenia dydaktyczne i wychowawcze;**
- **cele edukacyjne**, których realizacji służy Program;
- **treści nauczania i szczegółowe cele kształcenia;** treści nauczania podano w rozbiciu na poszczególne lekcje, a szczegółowe cele kształcenia sformułowano w postaci końcowych planowanych osiągnięć ucznia na dwóch poziomach (dla wszystkich i dla niektórych), uwzględniając wszystkie standardy wymagań egzaminacyjnych;
- **rozplanowanie materiału nauczania** – z podziałem tematów na poszczególne klasy;
- **sposoby realizacji celów kształcenia** – podano sposoby korzystania z programu z uwzględnieniem środków dydaktycznych i lekcji ćwiczeniowych rachunkowych, jak i doświadczalnych. Rozdział ten obejmuje ponadto informacje o zalecanych środkach dydaktycznych: podręcznikach, zbiorach zadań, programach komputerowych dla ucznia i nauczyciela, foliogramach i lekcjach multimedialnych z wykorzystaniem komputera. W tym rozdziale omówiono również rolę pracowni fizycznej w realizacji programu;
- **sposoby oceniania osiągnięć ucznia.**

Zamiarem autora programu jest realizacja wszystkich zadań szkoły w odniesieniu do przedmiotu fizyka i astronomia, ze szczególnym naciskiem na:

- 1) nauczanie fizyki w oparciu o zagadnienia odnoszące się do życia codziennego, przyrody i **techniki**,
- 2) uzupełnienie i pogłębienie wiedzy fizycznej i astronomicznej ucznia w celu pogłębienia rozumienia nauki, jej możliwości i ograniczeń oraz przygotowania do studiów na kierunkach ścisłych, przyrodniczych i technicznych,
- 3) uświadomienie roli eksperymentu i teorii w poznawaniu przyrody oraz znaczenia matematyki w budowaniu modeli i rozwiązywaniu problemów fizycznych,
- 4) rozwijanie u ucznia umiejętności samodzielnego formułowania wypowiedzi o zagadnieniach fizycznych i astronomicznych, prowadzenia dyskusji w sposób terminologicznie i merytorycznie poprawny, rozwiązywania problemów fizycznych, wykonywania obliczeń,
- 5) inspirowanie dociekliwości i postawy badawczej uczniów.

Spośród celów edukacyjnych największy nacisk położono na:

- 1) rozumienie zjawisk otaczającego świata oraz natury i struktury fizyki i jej związku z innymi naukami przyrodniczymi,
- 2) zdobycie wiedzy i umiejętności niezbędnych do dalszego kształcenia na kierunkach ścisłych, przyrodniczych i technicznych.

Spośród osiągnięć uczniów za bardzo ważne autor uznaje:

- 1) umiejętność obserwacji, opisywania, wyjaśniania i przewidywania zjawisk fizycznych i astronomicznych z wykorzystaniem praw fizycznych i modeli, przy świadomości granic ich stosowalności,
- 2) posługiwanie się pojęciami fizycznymi ze zrozumieniem,
- 3) umiejętność wykorzystywania wiedzy fizycznej do wyjaśniania zasad działania i bezpiecznego użytkowania urządzeń technicznych,
- 4) znajomość prawidłowości przyrodniczych i metod ich poznawania na poziomie umożliwiającym podjęcie studiów na kierunkach ścisłych, przyrodniczych i technicznych.

Z założenia *Program* przeznaczony do kształcenia w zakresie rozszerzonym ten jest adresowany do nauczycieli uczących w szkołach, w których istnieją tradycje rozwijania przedmiotów matematyczno-przyrodniczych, program nauczania matematyki jest realizowany równolegle w zakresie rozszerzonym tak, że uczeń jest w stanie posłużyć się odpowiednim aparatem matematycznym podczas rozwiązywania problemów fizycznych. Osiągnięcia uczniów umożliwiają im podjęcie studiów na kierunkach ścisłych, przyrodniczych i technicznych.

Podstawowym warunkiem realizacji *Programu* jest odpowiedni przydział godzin, tzn. 3 godziny tygodniowo w każdej klasie. Autor liczy się jednak z tym, że w wielu szkołach w określonych klasach nie będzie to realne. Zatem założono jako minimum, że w każdej klasie będą przydzielone na nauczanie fizyki przynajmniej 2 godziny tygodniowo. Uwzględniono również fakt, że w ostatniej klasie efektywnie będzie mniej godzin lekcyjnych ze względu na maturę. A zatem nauczanie fizyki w zakresie rozszerzonym może się odbywać w kolejnych klasach według następującej siatki godzin: 3+3+3 lub 2+3+3, lub 2+2+3, lub 2+2+2. Nauczyciel musi dokonać modyfikacji programu, dostosowując zakres treści nauczania i zakres wymagań do zadań dydaktyczno-wychowawczych własnej szkoły.

## **4.2. Założenia dydaktyczne i wychowawcze *Programu***

Autor, niezależnie od realizacji celów edukacyjnych, zadań szkoły i umożliwienia uzyskania przez uczniów odpowiednich osiągnięć opisanych powyżej, opracowując *Program*, starał się, aby fizyka dla ucznia była nauką ciekawą, a nawet fascynującą. Uczeń powinien zachwycić się tym, że fizyka potrafi odkryć to, co nie jest bezpośrednio dostępne naszym zmysłom, że swoim zasięgiem obejmuje zarówno niewidzialną mikromaterię, jak i zdumiewającą swoimi rozmiarami głębię Kosmosu. Uczeń powinien zdawać sobie sprawę z tego, że fizyka jest nauką podstawową, której odkrycia mają fundamentalne znaczenie dla rozwoju naszej cywilizacji. Odkrycia fizyki stanowią podstawę i niewyczerpane źródło techniki, z którego czerpie i zawsze czerpała, co jej umożliwia

tworzenie nowych dziedzin i unowocześnianie już istniejących. Zatem *Program* stara się wydobyć przede wszystkim powyższe aspekty nauki.

*Program* zakłada ponadto, że zaznajomienie się z fizyczną podstawą budowy wielu urządzeń technicznych, obecnych w codziennym życiu ucznia, pozwoli mu zrozumieć otaczającą go zewsząd technikę i uniknąć stanu zagubienia w pozornie skomplikowanym otoczeniu technicznym.

Autor ma nadzieję, że ucząc się fizyki, uczeń nabędzie umiejętność ścisłego i twórczego myślenia, że poznając metody badawcze fizyki jako nauki najściślejszej z nauk przyrodniczych, rozwine swój intelekt.

Założeniem wychowawczym programu jest również wdrożenie uczniów do systematycznej pracy i wytworzenie w nich uporządkowania w pokonywaniu trudności przy rozwiązywaniu różnych problemów i zadań, a także wyrabianie w uczniach charakteru opartego na dzielności w zdobywaniu wiedzy. Zatem jednym z założeń *Programu* jest nieunikanie stawiania przed młodzieżą również zadań trudniejszych i odejście w wielu przypadkach od tzw. „łatwizny”.

### 4.3. Cele edukacyjne

Cele edukacyjne *Programu* są zgodne z celami sformułowanymi w *Podstawie programowej*. W szczególności należy wyróżnić następujące:

- 1) Rozumienie zjawisk otaczającego świata oraz natury i struktury fizyki i jej związku z innymi naukami przyrodniczymi.
- 2) Poznanie metod badawczych fizyki oraz roli eksperymentu i teorii w jej rozwoju.
- 3) Umiejętność dostrzegania związków i różnic istniejących w prawach rządzących mikro- i makroświatem oraz Kosmosem. Zdolność do refleksji filozoficzno-przyrodniczej.
- 4) Rozumienie związku fizyki z techniką – fizyka jako źródło współczesnej techniki.
- 5) Zdobycie wiedzy i umiejętności niezbędnych do dalszego kształcenia na studiach przyrodniczych i technicznych.
- 6) Wytworzenie zaciekawienia zjawiskami otaczającego świata i dociekliwości, uporządkowania w rozwiązywaniu trudnych problemów, systematyczności. Rozwinięcie w sobie cech charakteryzujących człowieka myślącego, wrażliwego i potrafiącego samodzielnie oceniać i wyrabiać sobie pogląd na otaczający świat, opierając się na badaniach naukowych. Umiejętność odróżniania fikcji od rzeczywistości.

## 4.4. Treści nauczania i planowane osiągnięcia ucznia

Przedstawione w tabelach treści są zgodne z *Podstawą programową*, a osiągnięcia ucznia zostały przygotowane z uwzględnieniem wszystkich standardów egzaminacyjnych.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
<b>Wiadomości wstępne (1 lekcja)</b>					
1	Co jest przedmiotem fizyki? Układ jednostek SI	Przedmiot badań fizyki, podstawowej nauki przyrodniczej. Zakres i zasięg badań fizyki (w skali makroskopowej, mikroskopowej i kosmicznej). Uniwersalność podstawowych oddziaływań. Metoda badawcza fizyki, dzięki której fizyka osiągnęła spektakularne sukcesy w poznaniu otaczającego świata. Związek fizyki z innymi naukami i z filozofią przyrody. Matematyka jako „język fizyki”. Pomiar – podstawowa metoda badawcza fizyki. Układ jednostek SI oraz wzorce jednostek. Pochodzenie przyjętych jednostek.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi odróżnić nauki ścisłe od innych,</li> <li>• potrafi umiejscowić fizykę w systemie innych nauk,</li> <li>• potrafi wykazać, że podstawową rolę w badaniach fizyki odgrywa matematyka oraz doświadczenie fizyczne,</li> <li>• potrafi odróżnić pomiar fizyczny od obserwacji jakościowej,</li> <li>• zna podstawowe jednostki układu SI i ich wzorce.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zna pochodzenie podstawowych jednostek układu SI i ich wzorce,</li> <li>• wie, dlaczego przyjęto takie, a nie inne jednostki podstawowe.</li> </ul>	Wiadomości wstępne powinny być podane w szczególnie atrakcyjny sposób, aby zaciekawić i zachęcić uczniów do nauki fizyki.
<b>Kinematyka punktu materialnego (9 lekcji)</b>					
1	Ruch jednostajny prostoliniowy	Definicja prędkości średniej i chwilowej, przykłady tych wielkości. Pojęcia: <b>droga</b> , <b>przemieszczenie</b> i <b>położenie</b> (we wzorze $s = s_0 + vt$ ). Wykresy wielkości kinematycznych. Interpretacja graficzna wzoru $s = vt$ z wykorzystaniem wykresu zależności prędkości od czasu.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi poprawnie obliczać położenie i drogę przebytą przez różne pojazdy poruszające się z określonymi prędkościami, odróżnia prędkość chwilową od prędkości średniej,</li> <li>• potrafi w konkretnych przypadkach przedstawić na wykresie zależność od czasu: położenia,</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• definiuje ściśle matematycznie prędkość chwilową.</li> </ul>	Lekcja ułatwi późniejsze zrozumienie wielu zagadnień; np. rzutów, gdzie odróżnienie <b>drogi</b> od <b>współrzędnej położenia</b> ciała ma istotne znaczenie. Wyjaśnienie metody „graficznego całkowania” zaowocuje zrozumieniem wielu problemów.

			przemieszczenia i drogi oraz prędkości w ruchu jednostajnym prostoliniowym.		
2	Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy	Definicje przyspieszenia średniego i chwilowego. Wzory na prędkość i położenie ciała w ruchu jednostajnie przyspieszonym – wyprowadzenie metodą analityczną i graficzną. Wykresy tych zależności. Przykłady popularnych zjawisk z życia codziennego uwidaczniające możliwość ścisłego opisanie i precyzyjnego przewidzenia skutków stanu ruchu ciała.	Uczeń: • potrafi zdefiniować przyspieszenie i stąd wyprowadzić zależność prędkości od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym, • potrafi przedstawić graficznie zależności $v(t)$ i $s(t)$ w ruchu jednostajnie przyspieszonym.	Uczeń: • definiuje ściśle matematycznie przyspieszenie chwilowe.	Dzięki omówieniu konkretnych przykładów, uczniowie mogą się dowiedzieć, ile ciekawych informacji można uzyskać z dwóch podstawowych wzorów (na <b>prędkość</b> i <b>drogę</b> ).
3	Swobodne spadanie (eksperyment uczniowski)	Pomiar czasu swobodnego spadania ciał o różnych masach (powtórzenie słynnego doświadczenia Galileusza). Podstawowe pojęcia i wzory rachunku niepewności pomiarowych. Zastosowanie rachunku niepewności pomiarowych w wykonywanym przez uczniów doświadczeniu.	Uczeń: • potrafi zmierzyć przyspieszenie w ruchu jednostajnie zmiennym, • potrafi w prostych przypadkach ocenić niepewność pomiaru bezpośredniego i pośredniego wielkości złożonej.	Uczeń: • potrafi docenić wagę i znaczenie dla fizyki doświadczeń Galileusza.	Lekcja stwarza okazję do kształcenia u uczniów umiejętności obserwacji zjawisk i wykonywania pomiarów.
4	Ruch jednostajnie opóźniony prostoliniowy	Równania położenia i prędkości w ruchu jednostajnie opóźnionym. Analiza rzutu pionowego w górę. Wspólne równanie w określonym układzie współrzędnych dla tego ruchu w obydwu fazach.	Uczeń: • potrafi obliczać wielkości charakteryzujące ruch jednostajnie zmienny, np. drogę hamowania przy zadanej prędkości początkowej, prędkość uderzenia w przeszkodę, itp.	Uczeń: • potrafi się zachwycić precyzją i adekwatnością matematyczną opisu ruchu.	
5	Wektory i skalary	Matematyczna definicja wektora i jej związek z przykładami wektorów w fizyce. Wielkości skalarne. Składanie i rozkładanie wektorów. Składanie wektorów na przykładzie wektorów przemieszczenia. Zasada niezależności ruchów, składanie i rozkładanie prędkości.	Uczeń: • odróżnia wielkości wektorowe od wielkości skalarnych, • potrafi rozkładać wektory na składowe wzdłuż zadanych kierunków, • potrafi dodawać i odejmować wektory graficznie.	Uczeń: • potrafi w prostych przypadkach rozkładać i składać wektory w przestrzeni trójwymiarowej.	

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
		Odejmowanie wektorów, wektor przemieszczenia jako różnica wektorów położenia. Mnożenie i dzielenie wektora przez skalar. Wektor prędkości średniej i chwilowej i ich kierunek względem toru. Wektory przyspieszenia chwilowego i jego kierunek względem toru, przyspieszenie styczne i normalne do toru.			
6	Pomiary parametrów ruchu ciała na równi pochyłej (eksperyment uczniowski)	Doświadczenia – badanie ruchu jednostajnie przyspieszonego ciała zsuwającego się po równi pochyłej.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi zastosować zasadę niezależności ruchów w zadaniach, w których występuje konieczność złożenia lub rozłożenia ruchów na ruchy składowe.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wskazać, które z pomiarów cząstkowych mają istotny wpływ na niepewność pomiaru wyniku końcowego doświadczenia i potrafi odpowiednio je sklasyfikować,</li> <li>potrafi dostosować skalę wartości na osi współrzędnych w celu przekształcenia wykresu będącego parabolą w wykres będący linią prostą,</li> <li>potrafi ocenić, jak wysoki jest stopień zgodności uproszczonej teorii ruchu z rzeczywistym przebiegiem tego doświadczenia.</li> </ul>	Uczniowie naocznie przekonują się, że droga $s$ w tym ruchu jest funkcją kwadratową czasu, gdyż otrzymany wykres $s(t)$ przedstawia rzeczywiście parabolę. Uświadomienie uczniom konieczności stosowania wektorów, w szczególności wektora <b>prędkości</b> i <b>przyspieszenia</b> . Rozkład tych wektorów w ruchu ciała na równi pochyłej. Doświadczenie umacnia przekonanie uczniów w tym, że opis matematyczny stosowany w fizyce ma ścisły związek z rzeczywistością.
7	Rzut poziomy	Rzut poziomy w układzie współrzędnych $Oxy$ (rozkład na dwa niezależne ruchy w poziomie i w pionie). Równanie parametryczne: $y(t)$ , $x(t)$ oraz równanie toru jako funkcja $y = f(x)$ . Tor ruchu – parabola.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi dokonać analizy ruchu krzywoliniowego, którym jest rzut poziomy, jako dwóch niezależnych ruchów, w szczególności: w poziomie – jednostajnego i w pionie – jednostajnie przyspieszonego,</li> <li>potrafi obliczać położenie ciała i prędkość w różnych punktach toru oraz zasięg rzutu.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wybrać najdogodniejszy układ odniesienia do rozwiązywania konkretnego zadania fizycznego związanego z rzutem poziomym.</li> </ul>	

8	Rzut ukośny	Rzut ukośny w układzie współrzędnych $Oxy$ (rozkład na dwa niezależne ruchy w poziomie i w pionie). Równanie parametryczne: $y(t)$ , $x(t)$ oraz równanie toru jako funkcja $y = f(x)$ . Tor ruchu – parabola.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi dokonać analizy ruchu krzywoliniowego jako dwóch niezależnych ruchów: w poziomie i w pionie,</li> <li>potrafi obliczać położenie ciała i prędkość w różnych punktach toru oraz zasięg poziomy i pionowy rzutu.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wybrać najdogodniejszy układ odniesienia do rozwiązania konkretnego zadania fizycznego związanego z rzutem ukośnym i ewentualnie z innymi ruchami w polu grawitacyjnym ziemskim.</li> </ul>	Analiza, czyli rozkład ruchu na dwa ruchy składowe pozwala na stosunkowo proste ujęcie wszystkich konsekwencji stąd wypływających, co umożliwi uczniowi poradzenie sobie z wieloma nawet najtrudniejszymi zadaniami z tego zakresu.
9	Ruch jednostajny po okręgu	Związek prędkości liniowej iątowej. Wzór na przyspieszenie dośrodkowe. Przykład ruchu punktu położonego na kole roweru rozpatrywanego w dwóch różnych układach odniesienia; cykloida.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>dostrzega ruchy jednostajne po okręgu w swoim otoczeniu,</li> <li>potrafi dostrzec to, że satelita geostacjonarny ma tę samą prędkość kątową co Ziemia,</li> <li>potrafi posługiwać się wielkościami charakterystycznymi dla ruchu po okręgu, co ułatwi w przyszłości opanowanie pojęć drgającego harmonicznego.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wykreślić cykloidę, korzystając z przedstawienia ruchu po okręgu w dwóch różnych układach odniesienia.</li> </ul>	Uświadomienie uczniom, że zależności występujące w ruchu po okręgu mają szerokie zastosowanie, w szczególności przy rozpatrywaniu ruchów ciał kosmicznych i lotów satelitarnych. Przykład ruchu punktu położonego na kole roweru wdraża uczniów do elastyczności myślenia. Pokazuje, jak mocno różnią się opisy zjawiska obserwowanego w różnych układach odniesienia.
<b>Dynamika (8 lekcji)</b>					
1	Pierwsza i druga zasada dynamiki Newtona	Dynamika na przestrzeni dziejów. Wpływ odrzucenia krępujących idei Arystotelesa na rozwój fizyki. Zasady dynamiki Newtona. Możliwość wyróżnienia dzięki tym zasadom spośród różnych układów – układów inercjalnych	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi rozróżnić rozmaite rodzaje sił i wyodrębnić siły tarcia,</li> <li>potrafi określić układy inercjalne i wyjaśnić, na czym polega względność ruchu,</li> <li>definiuje pojęcie siły,</li> <li>potrafi wyróżnić w konkretnych przypadkach skutki statyczne i dynamiczne działania siły,</li> <li>odróżnia pojęcie <b>ciężaru</b> od <b>masy</b>.</li> </ul>		<i>Pierwsza zasada dynamiki Newtona</i> ukazana na tle odrzucenia idei Arystotelesa o naturalnym trwaniu ciał w bezruchu. <i>Druga zasada dynamiki Newtona</i> przedstawiona w powiązaniu z analizą pojęcia siły. Ugruntowanie odróżnienia <b>ciężaru</b> od <b>masy</b> . Te dwa pojęcia często są mylone.
2	Pomiary sił (eksperyment uczniowski)	Doświadczenie – pomiar przyrostu długości sprężyny pod wpływem zawieszonych na niej ciężarków ( <b>skutek statyczny</b> działania siły w sprężynie).	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyznaczyć wartość siły, mierząc wydłużenie sprężyny,</li> <li>potrafi posługiwać się siłomierzem,</li> </ul>		Uczeń utwierdza się w przekonaniu, że często stosowany przy rozwiązywaniu zadań rozkład sił na równi pochyłej realizuje się w rzeczywistości. Doświadczenie jest

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
		Ważny związek między siłą sprężystą a odkształceniem, który wielokrotnie jest spotykany w dalszej nauce fizyki. Doświadczenie – rozkład sił działających na ciało na równi pochyłej.	<ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi prawidłowo przedstawić rozkład sił na równi pochyłej (często stosowany przy rozwiązywaniu zadań).</li> </ul>		łatwe do zorganizowania, ponieważ siłomierzy i odważników zwykle w szkole nie brakuje. Wyznaczenie sił na równi pochyłej wymaga dysponowania typowym zestawem szkolnym do mechaniki oraz w części dynamicznej – torem z poduszką powietrzną. W szkołach nie dysponujących odpowiednim funduszem na zakup takiego wyposażenia można wykorzystać zaimprovizowaną równię pochyłą, minimalizując tarcie.
3	Trzecia zasada dynamiki Newtona, pęd i popęd	<b>Wzajemność</b> wszelkich oddziaływań. <b>Druga zasada dynamiki</b> jako związek między pędem i popędem.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi prawidłowo zastosować zmianę pędu w drugiej zasadzie dynamiki i na tej podstawie wyznaczyć wartość siły,</li> <li>potrafi uzasadnić stwierdzenie, że aby na ciało mogła zadziałać siła, konieczne są przynajmniej dwa ciała.</li> </ul>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi rozwiązać pozorne paradoksy, typu „chłopiec ciągnie sanki z określoną siłą, sanki działają na chłopca taką samą siłą co do wartości, lecz przeciwnie skierowaną – dlaczego sanki w ogóle się poruszają?”.</li> </ul>	Należy podkreślić, że ujęcie drugiej zasady dynamiki w postaci związku między pędem i popędem ma bardzo ważne zastosowania, w szczególności przy zderzeniach, w teorii kinetyczno-cząsteczkowej i w fizyce cząstek elementarnych.
4	Zasada zachowania pędu	Zasada zachowania pędu jako fundamentalna zasada związana z symetrią przestrzeni. Przykłady funkcjonowania tej zasady.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi stosować prawo zachowania pędu w zadaniach.</li> </ul>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi przytoczyć argumenty potwierdzające fakt, że prawo to wynika z symetrii przestrzeni (translacji).</li> </ul>	Należy podkreślić, że prawo zachowania pędu należy do kilku fundamentalnych praw zachowania.
5	Środek masy	Definicja środka masy. Obliczanie położenia środka masy w różnych układach.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>wie, że do opisu zachowania się układu ciał w wielu przypadkach wystarczy rozważyć zachowanie się tylko środka masy,</li> <li>potrafi obliczyć położenie środka masy w prostych przypadkach,</li> <li>potrafi rozwiązywać zadania w układzie środka masy.</li> </ul>		Należy zwrócić uwagę na powiązanie treści lekcji z uprzednio poznany prawem zachowania pędu oraz z poznanym w gimnazjum pojęciem środka ciężkości.

6	Siły bezwładności	Układy nieinercjalne. Pomiar sił bezwładności w windzie.	Uczeń: • potrafi rozwiązywać zadania z zakresu dynamiki, stosując układ nieinercjalny.	Uczeń: • potrafi uzasadnić, dlaczego siły bezwładności nie należą do fundamentalnych oddziaływań.	Dobre zrozumienie sił bezwładności w układach nieinercjalnych pozwala uprościć rozwiązania wielu zadań. Wykonanie pomiaru sił bezwładności w windzie można zlecić uczniom jako zadanie domowe (tam, gdzie jest to możliwe). Stwarza to okazję do kształcenia u uczniów umiejętności samodzielnego zaplanowania doświadczenia.
7	Siły w ruchu po okręgu	Siły w ruchu po okręgu w układzie inercjalnym i nieinercjalnym.	Uczeń: • potrafi wyróżnić siłę dośrodkową lub odśrodkową (w układzie nieinercjalnym) w różnych przypadkach ruchu po okręgu, • potrafi rozwiązywać zadania z zakresu dynamiki ruchu po okręgu, stosując zarówno układ inercjalny, jak i nieinercjalny.		Należy zwrócić uwagę na to, że siła odśrodkowa jest siłą bezwładności i jako taka może być rozpatrywana tylko w układzie nieinercjalnym.
8	Tarcie	Przykłady występowania tarcia. Różne rodzaje tarcia. Związek między siłą tarcia i siłą nacisku. Współczynnik tarcia.	Uczeń: • potrafi odróżnić tarcie statyczne od kinetycznego, • potrafi podać, jaka jest rola tarcia i gdzie jest ono korzystne, a gdzie niekorzystne, • wymienia sposoby, które stosuje się dla zmniejszania i zwiększania tarcia • potrafi rozwiązywać proste zadania z dynamiki z uwzględnieniem siły tarcia.	Uczeń: • potrafi wyjaśnić, dlaczego występuje siła tarcia na styku dwóch ciał i dlaczego zależy ona od nacisku jednego ciała na drugie.	Powszechne występowanie tarcia stwarza konieczność dokładnego omówienia tego zjawiska z uwzględnieniem rodzajów tarcia, jego skutków, a także przyczyn jego istnienia.
<b>Praca. Energia. Moc (4 lekcje)</b>					
1	Praca i moc	Wzór na pracę oraz przedstawienie go w postaci iloczynu skalarnego wektorów siły i przemieszczenia.	Uczeń: • potrafi obliczyć pracę nie tylko w przypadku, gdy działa stała siła, ale również w prostych przypadkach, gdy siła zmienia się liniowo wzdłuż przemieszczenia.		Oprócz podstawowych wzorów dotyczących pracy i mocy, uczeń poznaje ponownie użyteczność metody „graficznego całkowania” w przypadku obliczania pracy, gdy siła nie jest stała. W szkołach, w których iloczyn skalarny nie jest omawiany na lekcjach matematyki, należy wprowadzić to pojęcie.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
2	Energia mechaniczna	Pojęcie energii. Energia mechaniczna. Energia potencjalna i kinetyczna. Przykłady. Pojęcie sił zachowawczych.	Uczeń: • potrafi uzasadnić, na przykładzie, wzór na energię kinetyczną (wyprowadzić go w przypadku działania stałej siły), • potrafi wyprowadzić wzór na energię potencjalną w jednorodnym polu grawitacyjnym oraz w przypadku odkształcenia sprężyny.	Uczeń: • potrafi uzasadnić, dlaczego pojęcie sił zachowawczych odgrywa decydującą rolę przy stosowaniu pojęcia energii potencjalnej.	Energia jest niewątpliwie wielkością fizyczną trudną do ogólnego zdefiniowania. Dzięki stopniowemu wprowadzaniu tego pojęcia (najpierw energii potencjalnej, potem energii kinetycznej) i pokazaniu na przykładach, jak za pomocą pracy zmienia się energia, można dobrze ugruntować to bardzo ważne pojęcie fizyczne. Pojęcie sił zachowawczych spełnia istotną rolę przy omawianiu energii potencjalnej.
3	Zasada zachowania energii	Przykłady układu zachowawczego oraz układu izolowanego (uprzednio już stosowanego przy okazji zasady zachowania pędu). Zadania i przykłady stosowania prawa zachowania energii.	Uczeń: • potrafi zastosować prawo zachowania energii w konkretnych zadaniach i przykładach, • potrafi przeanalizować zjawiska fizyczne z punktu widzenia bilansu energetycznego i wyróżnić poszczególne jego składniki.	Uczeń: • potrafi podać, jaki jest związek między symetrią translacyjną czasu a zasadą zachowania energii, • potrafi wyróżnić siły niezachowawcze i rozpraszanie energii.	Zasada zachowania energii wymaga definicji układu zachowawczego oraz układu izolowanego uprzednio już omawianego przy okazji zasady zachowania pędu. Zadania i przykłady powinny przygotować ucznia do zrozumienia fundamentalnego prawa przyrody – prawa zachowania energii.
4	Zderzenia	Zderzenia doskonale sprężyste (zderzenia czołowe) i niesprężyste. Szczególny przypadek zderzenia sprężystego skośnego, gdy jedna z kul spoczywa. Przykład zderzenia skośnego dwóch protonów.	Uczeń: • potrafi zastosować prawa zachowania pędu do zderzeń, • potrafi wytłumaczyć napęd odrzutowy stosowany np. w samolotach odrzutowych, • potrafi podać przykłady zastosowania podstawowych praw zachowania pędu i energii zarówno w świecie makro-, jak i mikroskopowym.		Informacje o <b>powiązaniu zderzeń mechanicznych</b> z fizyką współczesną, aby uwidocznić, że te same prawa zachowania pędu i energii działają zarówno w skali makroskopowej, jak i w mikroświecie.
<b>Dynamika bryły sztywnej (3 lekcje)</b>					
1	Zasady dynamiki bryły sztywnej	Ruch obrotowy i postępowy bryły sztywnej. Moment bezwładności dla różnych	Uczeń: • potrafi zdefiniować bryłę sztywną,		Przy okazji sformułowania wzoru na energię kinetyczną bryły sztywnej zostaje wprowadzony

		brył symetrycznych i twierdzenie Steinera. Definicja podstawowych pojęć dynamiki bryły sztywnej. Energia kinetyczna bryły sztywnej. Zasady dynamiki bryły sztywnej.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi odróżnić ruch obrotowy od ruchu postępowego w konkretnych przypadkach,</li> <li>• potrafi stosować twierdzenie Steinera w zadaniach,</li> <li>• potrafi stosować zasady dynamiki bryły sztywnej do rozwiązywania zadań.</li> </ul>		moment bezwładności. Dzięki temu uczeń widzi od razu przydatność stosowania tego pojęcia. Moment siły jest wprowadzony za pomocą pojęcia pracy. Podanie umowy o znaku momentu siły jest uproszczeniem koniecznym, gdyż dla bryły sztywnej nie wprowadza się formalizmu wektorowego.
2	Prawo zachowania momentu pędu. Podsumowanie zasad zachowania w mechanice	Zasada zachowania momentu pędu. Analogie między pojęciami i wzorami mechaniki bryły sztywnej a pojęciami i wzorami mechaniki punktu materialnego. Przykłady zastosowania zasady zachowania momentu pędu w mechanice.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi rozwiązywać zadania z wykorzystaniem bilansu energii i pracy dla ruchu obrotowego bryły sztywnej,</li> <li>• potrafi wyjaśnić na podstawie prawa zachowania momentu pędu stałość okresu obrotu Ziemi.</li> </ul>		Należy zwrócić uwagę na fundamentalny charakter zasady zachowania momentu pędu, którą można przedstawić w kontekście pozostałych zasad zachowania w mechanice, co stwarza możliwość podsumowania wiadomości o fundamentalnych zasadach zachowania jako podstawy przyrodoznawstwa.
3	Statyka	Równowaga mechaniczna. Maszyny proste. Środek ciężkości i środek masy w różnych bryłach.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi zastosować równania statyki do rozwiązywania prostych zadań.</li> </ul>		Należy ukazać związek między dynamiką i statyką bryły sztywnej. Lekcja taka stwarza możliwość podsumowania wiadomości z zakresu statyki, równowagi mechanicznej, środka ciężkości i masy.
<b>Teoria molekularno-kinetyczna materii (4 lekcje)</b>					
1	Ciśnienie. Hydro- i aerostatyka	Powtórzenie i rozszerzenie wiadomości dotyczących ciśnienia, prawa Pascala i prawa Archimedesesa znanych uczniowi z gimnazjum.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi rozwiązywać zadania wymagające umiejętności stosowania prawa Pascala oraz prawa Archimedesesa,</li> <li>• potrafi obliczać siłę wyporu w cieczach i gazach.</li> </ul>		Poświęcenie jednej lekcji temu tematowi jest celowe, ze względu na to, że w dalszej nauce uczeń będzie często korzystał z wiadomości dotyczących hydro- i aerostatyki.
2	Model gazu doskonałego i podstawowe równanie teorii kinetycznej gazu	Równanie podstawowe teorii kinetycznej gazów. Kinetyczna interpretacja temperatury oraz jej aspekt fenomenologiczny.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi na przykładzie modelu gazu doskonałego podać, na czym polega podstawowa metoda badawcza fizyki – budowa modeli i ich weryfikacja doświadczalna.</li> </ul>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stosuje podstawowe równanie teorii kinetycznej do obliczania i porównania średnich prędkości cząsteczek różnych gazów w jednokowej temp. oraz cząsteczek tego samego gazu w różnych temp.</li> </ul>	Model gazu doskonałego stwarza okazję do omówienia roli modeli w poznaniu przyrody.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
3	Równanie stanu gazu doskonałego	Równanie stanu gazów doskonałych w postaci $pV = NkT$ oraz $pV = \nu RT$ (równanie Clapeyrona).	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi zastosować równanie stanu gazów doskonałych do wyznaczania masy określonego gazu przy znanych parametrach termodynamicznych, wyznaczenia jednego z parametrów (ciśnienia, objętości, temperatury) przy znanych pozostałych parametrach, wyznaczania masy gazu ułatniającego się przy zmianie temperatury przy stałym ciśnieniu i stałej objętości, itp.</li> </ul>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi pokazać, że równanie stanu gazów doskonałych wynika z modelu gazu doskonałego.</li> </ul>	Należy pokazać, że równanie stanu gazów doskonałych wynika z modelu gazu doskonałego.
4	Temperatura. Rozszerzalność cieplna cieczy i ciał stałych. Konwekcja, przewodnictwo cieplne. Zasada ekwipartycji energii	<p>Termometry.</p> <p>Pomiar temperatury.</p> <p>Wzory opisujące zjawisko <b>rozszerzalności cieplnej</b> dla trzech podstawowych stanów skupienia materii.</p> <p>Opis konwekcji i przewodnictwa cieplnego.</p> <p>Zasada ekwipartycji energii dla cząsteczek gazów jedno-, dwu- i trójatomowych.</p>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi zastosować wzory opisujące rozszerzalność cieplną w konkretnych zadaniach, np. do wyznaczania zmiany długości szyny kolejowej lub przęsła mostu pod wpływem zmiany temperatury,</li> <li>potrafi podać główne składniki energii wewnętrznej gazu i w ten sposób pokazać, że jest ona sumą wszystkich składników energii elementów wchodzących w skład układu,</li> <li>potrafi wytłumaczyć zjawiska konwekcji i przewodnictwa cieplnego na podstawie rozwiązań kinetyczno-molekularnych.</li> </ul>		Wprowadzenie wzoru opisującego <b>rozszerzalność cieplną</b> , počawszy od gazów, pozwala na uświadomienie uczniom uniwersalności jego zastosowania do trzech podstawowych stanów skupienia materii. Zasada ekwipartycji energii ułatwi wprowadzenie pojęcia energii wewnętrznej jako składnika pierwszej zasady termodynamiki.
<b>Termodynamika (6 lekcji)</b>					
1	Zerowa i pierwsza zasada termodynamiki	<p>Pojęcia: energia wewnętrzna, ciepło i praca.</p> <p>Pierwsza zasada termodynamiki.</p>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi odróżnić pojęcie ciepła od pojęcia energii wewnętrznej,</li> <li>potrafi zastosować pierwszą zasadę termodynamiki do rozwiązywania zadań.</li> </ul>		Lekcje tego działu należy powiązać z teorią kinetyczną gazów.

2	Izoprocesy gazu doskonałego – proces izochoryczny i proces izobaryczny	Proces izochoryczny i izobaryczny w powiązaniu z pierwszą zasadą termodynamiki. Przyrost energii wewnętrznej w procesie izochorycznym i w pozostałych procesach gazowych. Równanie Mayera. Ciepło molowe.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyznaczyć parametry termodynamiczne w procesach izochorycznym i izobarycznym oraz potrafi wyznaczyć związane z tym zmiany energii,</li> <li>• potrafi posługiwać się pojęciem ciepła molowego.</li> </ul>		Na podkreślenie zasługuje fakt, że wzór termodynamiczny na przyrost energii wewnętrznej stosuje się do wszystkich procesów gazowych, chociaż jest zwykle wyprowadzany dla procesu izochorycznego. Proces izobaryczny stwarza okazję do wprowadzenia równania Mayera.
3	Izoprocesy gazu doskonałego – proces izotermiczny i proces adiabatyczny	Proces izotermiczny i adiabatyczny w powiązaniu z pierwszą zasadą termodynamiki. Wzór na pracę w procesie adiabatycznym.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyznaczyć zmieniające się parametry termodynamiczne w procesach izotermicznych,</li> <li>• potrafi opisać proces adiabatyczny oraz opisać zmiany energii w tym procesie.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyznaczyć niektóre parametry termodynamiczne w procesie adiabatycznym oraz potrafi wyznaczyć związane z tym zmiany energii.</li> </ul>	Proces adiabatyczny powinien być przedstawiony w powiązaniu z procesem izotermicznym. Wzór na pracę w procesie adiabatycznym będzie stosowany na dalszych lekcjach i nie można go tu pominąć. Konieczność pominięcia wzoru na pracę w procesie izotermicznym wynika z braku wiedzy uczniów o logarytmach.
4	Cykl Carnota	Opis poszczególnych procesów termodynamicznych w cyklu Carnota. Wzór na wydajność cyklu.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyjaśnić, że cykl Carnota jest podstawowym cyklem,</li> <li>• potrafi wykazać, że dowolny cykl da się rozłożyć na elementarne cykle Carnota, jak również, że cykl ten ma największą wydajność,</li> <li>• potrafi obliczać wydajność cykli termodynamicznych.</li> </ul>		Należy podkreślić, że cykl Carnota spełnia szczególną rolę zarówno w termodynamice, jak i w technice cieplnej i dlatego jest godny tego, aby się z nim dobrze zapoznać.
5	Silniki cieplne	Opis pracy silnika spalinowego. Cykl Otta.		Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi przeanalizować pracę silnika spalinowego, korzystając z pojęć termodynamicznych.</li> </ul>	Opis pracy silnika spalinowego uatrakcyjni naukę i pokazuje przydatność termodynamiki w powszechnie stosowanej technice współczesnej.
6	Druga zasada termodynamiki	Procesy w rzeczywistej i idealnej maszynie chłodniczej oraz rzeczywistym i nierealnym idealnym silniku cieplnym. Druga zasada termodynamiki. Kierunek przemian w przyrodzie. Entropia.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyjaśnić, że druga zasada termodynamiki określa kierunek procesów fizycznych i niemożność zbudowania <i>perpetuum mobile</i> drugiego rodzaju,</li> <li>• potrafi posługiwać się pojęciem entropii.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wytłumaczyć związek pojęcia entropii z prawdopodobieństwem stanu, wynikającym z zasad statystycznych.</li> </ul>	Drugą zasadę termodynamiki należy zilustrować schematami procesów w rzeczywistej i idealnej maszynie chłodniczej oraz w rzeczywistym i nierealnym silniku cieplnym.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
<b>Stany skupienia materii (3 lekcje)</b>					
1	Struktura ciał stałych	Elementarne wiadomości na temat budowy ciał krystalicznych i bezpostaciowych.		Uczeń: • potrafi opisać i wyjaśnić podstawowe typy struktur krystalicznych takich, jak NaCl, Fe $\gamma$ i Fe $\alpha$ .	Należy podkreślić, że większość powszechnie znanych metali ma budowę krystaliczną.
2	Zjawisko włoskowatości. Napięcie powierzchniowe. Menisk	Zjawisko napięcia powierzchniowego w cieczach, menisk i włoskowatość.		Uczeń: • potrafi wyjaśnić pochodzenie sił napięcia powierzchniowego w cieczach, • potrafi podać przykłady zjawisk, w których występują siły powierzchniowe, • potrafi nazwać różne rodzaje menisków i powiązać je z siłami międzycząsteczkowymi oraz wyjaśnić zjawisko włoskowatości, • potrafi obliczyć różnicę poziomów cieczy w naczyniach włosowatych.	
3	Przemiany fazowe. Zjawisko parowania	Zjawisko parowania i przemian fazowych.		Uczeń: • potrafi interpretować wykres równowagi faz, • potrafi wyjaśnić, na czym polega zjawisko parowania w aspekcie budowy cząsteczkowej ciał w różnych stanach skupienia materii.	
<b>Dynamika płynów (2 lekcje)</b>					
1	Dynamika płynów cz. 1	Elementy dynamiki płynów. Lepkość, wzór Stokesa $F_r = 6\pi\eta rv$ . Równanie ciągłości.		Uczeń: • potrafi opisać, skąd się bierze tarcie wewnętrzne przy ruchu ciała w płynie, • potrafi opisać wzór Stockesa i podać, gdzie ma on zastosowanie.	

2	Dynamika płynów cz. 2	Elementy dynamiki płynów. Równanie pędów dla przepływu doskonałego płynu ściśliwego i równanie Bernoulliego.		Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyjaśnić, dlaczego ciała o opływowych kształtach poruszające się w płynach doznają mniejszego oporu ośrodka niż pozostałe ciała,</li> <li>• potrafi wyjaśnić zasadę działania dyszy,</li> <li>• potrafi wyjaśnić zasadę działania skrzydła samolotu.</li> </ul>	
<b>Grawitacja (5 lekcji)</b>					
1	Prawo grawitacji Newtona	Droga dojścia Newtona do odkrycia prawa grawitacji. Powszechność prawa grawitacji.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi rozwiązywać proste zadania wymagające zastosowania prawa grawitacji.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi powtórzyć rozumowanie Newtona, które doprowadziło do odkrycia prawa grawitacji.</li> </ul>	Należy pokazać drogę dojścia Newtona do odkrycia prawa grawitacji. Dzięki temu uczeń ma możliwość wglądu w warsztat naukowy wielkiego człowieka.
2	Pole grawitacyjne, natężenie pola	Natężenie pola – definicja i rola. Pojęcia: masa grawitacyjna i bezwładna. Wyznaczanie masy ciał kosmicznych: Słońca, Ziemi i Księżyca.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi zdefiniować natężenie pola grawitacyjnego i porównać różne pola za pomocą tego pojęcia,</li> <li>• potrafi wyznaczyć masy ciał kosmicznych z danych astronomicznych.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• definiuje pojęcia: <b>masa grawitacyjna</b> i <b>masa bezwładna</b>.</li> </ul>	Uczniowie poznają sposób na porównywanie różnych pól grawitacyjnych (które pole jest „silniejsze”, a które „słabsze”) za pomocą pojęcia natężenia pola. Ponadto poznają, że masa „ma niejedno oblicze” oraz że ma zadziwiającą własność ujętą w zasadzie równoważności, na podstawie której Einstein zbudował <b>ogólną teorię względności</b> . Uczeń poznaje zdumiewającą potęgę prawa grawitacji, gdyż – nie wychodząc z czterech ścian klasy – może wyznaczyć („zważyć”) masę takich olbrzymich ciał kosmicznych, jak Słońce, Ziemia czy Księżyc.
3	Praca w polu grawitacyjnym, potencjał pola	Praca przesunięcia ciała próbnego w polu grawitacyjnym. Potencjał pola. Wyrażenie pracy za pomocą różnicy potencjałów.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi zastosować wzór na pracę w polu grawitacyjnym do rozwiązywania zadań,</li> <li>• potrafi uzasadnić wzór na pracę w polu grawitacyjnym,</li> </ul>		Standardowo należy ograniczyć się do przedstawienia wzoru, szkicując jego pochodzenie, posługując się pojęciem średniej geometrycznej (na zajęciach dodatkowych można wyprowadzić wzór na pracę

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi się posługiwać pojęciem potencjału pola grawitacyjnego w rozwiązywaniu zadań.</li> </ul>		w polu grawitacyjnym za pomocą „graficznego całkowania”). Dobre przyswojenie pojęcia potencjału ułatwi później uczniowi zrozumienie potencjału pola elektrycznego.
4	Prawa Keplera	Prawa Keplera dotyczące ruchu planet.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wykazać słuszność drugiego i trzeciego (dla orbit kołowych) prawa Keplera, korzystając z zasady zachowania momentu pędu i prawa grawitacji.</li> </ul>		Drugie prawo Keplera może być przedstawione jako przykład zasady zachowania momentu pędu.
5	Prędkości kosmiczne i ruch satelitów	Trzy prędkości kosmiczne. Wyprowadzenie wzorów na te prędkości.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi rozwiązywać zadania dotyczące obliczania prędkości i promieni orbit satelitów,</li> <li>potrafi wyprowadzić wzory na pierwszą i drugą prędkość kosmiczną.</li> </ul>		Prędkości kosmiczne są szczególnie atrakcyjne i łatwo jest tym tematem zaciekać uczniów. Warto wykorzystać ten fakt i wraz z uczniami zabawić się w planowanie wypraw kosmicznych.
<b>Pole elektrostatyczne (5 lekcji)</b>					
1	Ładunek. Prawo Coulomba	Podstawowe prawa dotyczące ładunku elektrycznego – prawo Coulomba i prawo zachowania ładunku. Porównanie ilościowe oddziaływania elektrostatycznego i grawitacyjnego.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi interpretować prawo Coulomba,</li> <li>potrafi wykazać, że pole grawitacyjne jest niezwykle słabe w porównaniu z elektrycznym,</li> <li>potrafi podać przykłady zasady zachowania ładunków.</li> </ul>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyprowadzić wzór na trzecią prędkość kosmiczną.</li> </ul>	Należy wykorzystać zjawisko anihilacji i reakcji elektronów dla ilustracji zasady zachowania ładunku. Należy zwrócić uwagę na odróżnienie <b>prawa zachowania</b> od <b>prawa niezmienniczości</b> ładunku elektrycznego.
2	Pole elektrostatyczne. Natężenie pola	Pojęcia: pole elektryczne i natężenie pola. Analogie między polem elektrostatycznym i grawitacyjnym. Zasada superpozycji na przykładzie dipola. Doświadczenie ilustrujące linie pola elektrycznego.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyznaczać wektor natężenia pola elektrycznego przy różnym rozkładzie ładunków punktowych.</li> </ul>		Należy podkreślić realny substancjalny (oddziaływanie, energia) charakter pola. Doświadczenie ilustrujące linie pola elektrycznego można z łatwością przeprowadzić, a warto, gdyż pokazuje, że linie pola dają się unaocznić.

3	Praca w polu elektrostatycznym. Potencjał i energia pola	Zachowawczy charakter sił elektrycznych. Potencjał. Przewodnik w polu elektrycznym. Działanie piorunochronów oraz problem bezpieczeństwa przy posługiwaniu się urządzeniami elektrycznymi. Zasada działania generatora Van de Graaffa.	Uczeń: • potrafi zastosować pojęcie potencjału do obliczania pracy i energii, • potrafi wyjaśnić rozkład ładunków w przewodnikach, • potrafi opisać działanie piorunochronu.	Uczeń: • potrafi opisać działanie generatora Van de Graaffa.	Nieznajomość całkowania uniemożliwia wyprowadzenie wzoru na pracę w sposób łatwy. Dlatego należy ograniczyć się do przedstawienia wzoru, szkicując tylko jego pochodzenie (średnia geometryczna). Należy zwrócić uwagę uczniów na to, że dzięki potencjałowi możliwe jest równoważne (do natężenia) opisanie pola elektrostatycznego. Zasada działania generatora Van de Graaffa może posłużyć później do ilustracji siły elektromotorycznej.
4	Pojemność elektryczna i kondensator płaski	Pojemność elektryczna. Kondensatory i ich łączenie. Wyprowadzenie wzorów na pojemność zastępczą kondensatorów.	Uczeń: • potrafi obliczać pojemności różnych układów połączonych kondensatorów, • potrafi wyjaśnić, w jakim celu łączy się kondensatory w praktyce.		Temat pojemności elektrycznej i łączenia kondensatorów utrwała i rozszerza wiedzę uczniów zdobytą w gimnazjum. Na obecnym poziomie można przedstawić uczniom wyprowadzenia wzorów na pojemność zastępczą połączonych kondensatorów.
5	Dielektryki	Polaryzacja dielektryka.	Uczeń: • potrafi opisać zjawiska związane z polaryzacją dielektryka w polu elektrycznym, • potrafi wyjaśnić, dlaczego pole elektryczne zmienia się w obecności dielektryka.		Tutaj powinna zaowocować znajomość pojęcia dipola, wcześniej przyswojona przez uczniów. Ułatwia to zrozumienie zjawisk występujących w dielektryku.
<b>Prąd stały (5 lekcji)</b>					
1	Napięcie i siła elektromotoryczna – SEM. Natężenie prądu elektrycznego	Wielkości określające prąd elektryczny, natężenie, gęstość prądu, SEM.	Uczeń: • potrafi określić, co to jest prąd elektryczny, natężenie i gęstość prądu, • wie, jaka jest przyczyna powstawania prądu elektrycznego. Potrafi odróżnić napięcie od SEM.		Przy omawianiu SEM można podać bardzo poglądowy przykład pracy wbrew polu elektrycznemu w generatorze Van de Graaffa.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
2	Prawo Ohma. Prawo Joule'a-Lenza (eksperyment uczniowski)	Prawo Ohma, opór właściwy, przewodnictwo właściwe. Prawo Joule'a-Lenza. Doświadczenie – wyznaczenie zależności oporu przewodnika od temperatury	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>definiuje pojęcie oporu elektrycznego i potrafi obliczać opór różnych przewodników, również w zależności od temperatury,</li> <li>potrafi zastosować prawo Joule'a-Lenza do rozwiązywania zadań,</li> <li>potrafi posługiwać się wykresami zależności <math>U</math> od <math>R</math> oraz <math>I</math> od <math>R</math>,</li> <li>potrafi opisać różnicę między pojęciem napięcia i SEM.</li> </ul>		Należy wyjaśnić, dlaczego amperomierz powinien mieć mały opór; a woltomierz duży, oraz dlaczego się mówi, że „wartość SEM jest równa napięciu na zaciskach źródła otwartego”. Znajomość prawa Ohma i prawa Joule'a-Lenza, mającą duże znaczenie praktyczne, należy umocnić przez doświadczenie uczniowskie.
3	Mikroskopowy obraz prądu elektrycznego	Model (klasyczny) gazu elektronowego. Wzmianka o kwantowym charakterze zachowania się elektronów w metalu.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyrazić gęstość prądu za pomocą prędkości unoszenia i koncentracji elektronów,</li> <li>potrafi wyjaśnić, dlaczego podczas przepływu prądu ruch chaotyczny elektronów występuje nadal,</li> <li>potrafi wyjaśnić „paradoks” żółwiego tempa unoszenia elektronów i błyskawicznego przenoszenia sygnału elektrycznego przy włączaniu prądu.</li> </ul>		Model gazu elektronowego (klasyczny) stwarza okazję przedstawienia uczniom kolejnego przykładu stosowania w fizyce podstawowej metody poznawczej: uogólnienie wniosków doświadczalnych w postaci modelu, wprowadzenie z modelu równań i zależności (tutaj prawo Ohma), które podlegają weryfikacji doświadczalnej. Należy wyjaśnić, dlaczego, mimo olbrzymich prędkości, elektrony nie opuszczają przewodnika.
4	Obwody elektryczne Pomiary elektryczne	Obwody prądu stałego. Połączenia szeregowo i równoległe oporników. Prawo Ohma dla obwodu zamkniętego. Prawa Kirchhoffa jako konsekwencja prawa zachowania ładunku oraz prawa zachowania energii. Pomiar SEM metodą kompensacji.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi rozwiązywać zadania z rozplywem prądu w obwodach elektrycznych.</li> </ul>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyjaśnić, dlaczego do pomiaru SEM stosuje się metodę kompensacji, a nie metodę bezpośredniego pomiaru za pomocą woltomierza.</li> </ul>	Należy wyjaśnić, że prawa Kirchhoffa są konsekwencją prawa zachowania ładunku oraz prawa zachowania energii. Omówienie pomiaru SEM metodą kompensacji stwarza doskonałą okazję do przedstawienia dużej użyteczności praw Kirchhoffa.

5	Prąd w cieczech Ogniwa galwaniczne i akumulatory	Mechanizm przewodnictwa elektrycznego w cieczech. Powstawanie SEM w ogniwach galwanicznych i akumulatorach.		Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyjaśnić, na czym polega prąd elektryczny w elektrolitach,</li> <li>potrafi zastosować prawa Faradaya do rozwiązywania zadań.</li> </ul>	Należy pokazać, że prawa elektrolizy są bezpośrednią konsekwencją mikroskopowego obrazu prądu w elektrolicie.
<b>Elektromagnetyzm (6 lekcji)</b>					
1	Pole magnetyczne. Siła Lorentza	Pole magnetyczne wytworzone przez magnesy stałe i przez prąd płynący w prostoliniowym przewodniku, pętli kołowej i w zwojnicy. Siła Lorentza. Wprowadzenie wektora indukcji pola magnetycznego $\vec{B}$ .	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi podać definicję pola magnetycznego i sposób doświadczalnego określenia kształtu linii pola magnetycznego,</li> <li>potrafi matematycznie opisać kształt torów ładunków punktowych poruszających się w polu magnetycznym,</li> <li>opisuje zasadę działania spektrometru masowego wykorzystującego odchylenie jonów izotopów poruszających się w polu magnetycznym.</li> </ul>		Zaleca się wykonać doświadczenia demonstrujące linie pola magnetycznego, jak również zmianę zwrotu ustawienia igieł magnetycznych otaczających przewodnik pod wpływem zmiany zwrotu prądu elektrycznego. Bardzo poleczający jest pokaz działania siły Lorentza na strumień elektronów w rurce katodowej.
2	Prawo Ampère'a i Biota-Savarta	Prawo Ampère'a. Prawo Biota-Savarta. Obliczanie wektora pola magnetycznego.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyjaśnić, na czym polega wirowość pola magnetycznego i dlaczego pole elektrostatyczne jest bezwirowe,</li> <li>potrafi zastosować prawo Ampère'a i prawo Biota-Savarta do wyznaczania wektora <math>\vec{B}</math> w prostych przypadkach.</li> </ul>		Prawo Ampère'a i Biota-Savarta – podkreślenie jego aspektu teoretycznego, jako jednego z podstawowych praw magnetyzmu, oraz praktycznego, jako prawa służącego do obliczania wektora pola magnetycznego $\vec{B}$ w przypadkach symetrycznego rozkładu prądów.
3	Przewodnik w polu magnetycznym. Przyrządy magneto-elektryczne. Silnik elektryczny.	Siła elektrodynamiczna działająca na przewodnik z prądem w polu magnetycznym. Definicja wektora indukcji $\vec{B}$ . Magnetyczny moment dipolowy. Urządzenia wykorzystujące oddziaływania magnetyczne: galwanometr, amperomierz, woltomierz i silnik na prąd stały.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>definiuje wektor indukcji pola magnetycznego <math>\vec{B}</math> i podaje, w jakim celu definiuje się to pojęcie,</li> <li>potrafi wyjaśnić, dlaczego dwa równoległe przewodniki z prądem działają na siebie siłą.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyjaśnić zasadę działania silnika i przyrządów na prąd stały wykorzystujących oddziaływania magnetyczne.</li> </ul>	Należy pokazać związek między siłą Lorentza działającą na ruchomy ładunek a siłą działającą na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
4	Magnetyki. Dia-, para- i ferromagnetyki. Magnesy stałe	Para-, dia- i ferromagnetyki. Pętla histerezy. Domeny magnetyczne.	Uczeń: • potrafi wyjaśnić, dlaczego diamagnetyki magnesują się odwrotnie w polu magnetycznym (w stosunku do pola zewnętrznego) oraz dlaczego ferromagnetyki magnesują się bardzo silnie w polu magnetycznym.		Tutaj powinna zaowocować wiedza o powstawaniu pola magnetycznego w otoczeniu obwodów kołowych, wcześniej przyswojona przez uczniów. Pozwala to łatwo zrozumieć, dlaczego atom wytwarza pole magnetyczne, a także zjawiska występujące w materiałach magnetycznych.
5	Indukcja elektromagnetyczna. Prawo Faradaya. Prawa Maxwella	Strumień pola magnetycznego. Prawo indukcji Faradaya. Reguła Lenza jako wyraz zasady zachowania energii. Opis jakościowy praw Maxwella.	Uczeń: • potrafi wykazać związek prawa indukcji Faradaya z pojęciem siły Lorentza, • potrafi w prostych przypadkach obliczać SEM indukcji oraz natężenie prądu wzbudzonego pod wpływem zmiennego strumienia pola magnetycznego, • potrafi zastosować regułę Lenza, • potrafi sformułować jakościowo prawa Maxwella.		Mechanizm powstawania SEM indukcji przedstawiony na przykładzie ruchomego przewodnika w poprzecznym polu magnetycznym. Pokazanie uczniom, w jaki sposób można wyprowadzić wzór na SEM indukowaną w tym przewodniku i jak go można uogólnić, aby był słuszny dla dowolnego przypadku – stąd prawo indukcji Faradaya.
6	Samoindukcja i indukcyjność obwodów	Samoindukcja – „wyprowadzenie” wzoru $E_{ind} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ , Indukcyjność obwodów elektrycznych.	Uczeń: • potrafi wyznaczyć indukcyjność $L$ długiego i cienkiego solenoidu. Umie obliczać SEM indukcji w prostych przypadkach.	Uczeń: • potrafi wykorzystać wzory na okres drgań wahadeł do rozwiązywania zadań.	Wygodnie jest „wyprowadzić” wzór $E_{ind} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ , rozważając SEM indukcji w zwojnicy.
<b>Drgania i fale mechaniczne (6 lekcji)</b>					
1	Oscylator harmoniczny	Podstawowe wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny: wychylenie, prędkość i przyspieszenie – omówienie zależności od czasu.	Uczeń: • potrafi wyjaśnić, jakie przesunięcia fazowe występują między wychyleniem, prędkością i przyspieszeniem i dlaczego one występują, • potrafi przedstawić wychylenie, prędkość i przyspieszenie w funkcji czasu, także na wykresach.		Zaleca się wyprowadzić wzory na wychylenie, prędkość i przyspieszenie, korzystając z ruchu punktu materialnego po okręgu.

2	Wahadło matematyczne i fizyczne. Drgania wymuszone. Rezonans	Wzór na częstość kołową drgań własnych $\omega = \sqrt{k/m}$ i okres ciała drgającego pod wpływem siły sprężystej i kwazisprężystej $F = -kx$ . Wzory na okres drgań wahadeł. Opis jakościowy zjawiska rezonansu, wykres zależności wychylenia od czasu.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi obliczyć częstość i okres drgań w układach, w których występuje siła kwazisprężysta,</li> <li>potrafi wykorzystać wzór na okres drgań wahadła matematycznego do rozwiązywania zadań,</li> <li>potrafi się posługiwać pojęciem rezonansu.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyjaśnić zjawisko powstawania fali uderzeniowej.</li> </ul>	Zaleca się wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego i wahadła fizycznego z wykorzystaniem siły kwazisprężystej.
3	Równanie fali harmonicznnej. Energia i natężenie fali	Podstawowe wielkości służące do opisu fali. Fale na powierzchni wody. Równanie jednowymiarowe fali harmonicznnej. Powierzchnia falowa, czoło fali, promień fali, fala kulista. Energia i natężenie fali.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi podać podstawowe cechy ruchu falowego i odróżnić go od innych rodzajów ruchu,</li> <li>potrafi obliczać podstawowe parametry fali, <math>\lambda</math>, <math>v</math>, <math>T</math>.</li> </ul>		Zaleca się przeprowadzić pokaz fal na powierzchni wody. Można użyć do tego celu zestawu doświadczalnego z podświetleniem za pomocą rzutnika pisma.
4	Interferencja i dyfrakcja fal. Zasada Huygensa	Fale stojące. Położenie strzałek i węzłów w fali jednowymiarowej. Zasada Huygensa. Ugięcie i interferencja fal. Warunki wzmocnienia i wygaszania dwóch interferujących fal.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi uzasadnić położenie strzałek i węzłów w jednowymiarowej fali stojącej,</li> <li>potrafi przeanalizować wyniki doświadczeń pokazowych z falami na wodzie,</li> <li>potrafi zastosować zasadę Huygensa do zjawisk rozchodzenia się i nakładania fal,</li> <li>potrafi przedstawić i uzasadnić warunki wzmocnienia i wygaszania interferujących dwóch fal.</li> </ul>		Zaleca się przeprowadzić doświadczenie pokazowe z falami na wodzie. Przy podświetleniu przezroczystej płaskiej wanny z wodą i rzutowaniu obrazu na ekran (wykorzystując rzutnik pisma, np. typu „Lech”) można zademonstrować większość zjawisk falowych. Doświadczenie jest bardzo pouczające i nie wymaga specjalnego sprzętu.
5	Elementy akustyki	Fale akustyczne. Dźwięki, podział widma dźwięków. Charakterystyka dźwięków, głośność, poziom natężenia dźwięku, próg słyszalności i bólu.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>wymienia obiektywne i subiektywne cechy dźwięków oraz jednostki odpowiednich wielkości fizycznych,</li> <li>potrafi rozwiązywać proste zadania z akustyki.</li> </ul>		

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
6	Efekt Dopplera	Efekt Dopplera w akustyce – wyprowadzenie wzorów na częstość fali przy ruchomym źródle lub odbiorniku. Prędkość naddźwiękowa.	Uczeń: • potrafi wyjaśnić efekt Dopplera oraz rozwiązywać zadania i wyznaczać prędkość obiektów, opierając się na tym zjawisku.		Zagadnienia z tego zakresu zostały ujęte w programie (choć nadobowiązkowo), ponieważ efekt Dopplera jest często stosowany w różnych dziedzinach, np. w astrofizyce, technice, wojskowości, policji, a także w medycynie.
<b>Prąd przemienny (4 lekcje)</b>					
1	Obwód drgający <i>LC</i> Rezonans	Obwód drgający <i>LC</i> . Wzory na zależność ładunku i natężenia prądu od czasu. Przemiany energii w obwodzie <i>LC</i> . Wzór na częstość i okres drgań własnych obwodu <i>LC</i> . Rezonans elektryczny. Wykorzystanie rezonansu elektrycznego w radiotechnice.	Uczeń: • potrafi wyjaśnić, dlaczego w obwodzie <i>LC</i> mogą powstawać drgania elektromagnetyczne, • potrafi wyjaśnić rezonans elektryczny, stosując odpowiednie wykresy i wzory, • potrafi opisać wykorzystanie rezonansu w radiotechnice.		Wskazane jest pokazać drgania na oscylografie. Należy ukazać analogię między drganiami obwodu <i>LC</i> i drganiami mechanicznymi wahadła oraz analogię między wielkościami charakteryzującymi drgania elektryczne i mechaniczne.
2	Obwód <i>RLC</i>	Opór pojemnościowy (reaktancja pojemnościowa). Opór indukcyjny (reaktancja indukcyjna). Całkowity opór (zawada) obwodu prądu przemiennego. Prawo Ohma dla obwodu prądu przemiennego.	Uczeń: • potrafi zastosować wzory na SEM, natężenie, opór pojemnościowy, opór indukcyjny prądu przemiennego w zadaniach.	Uczeń: • potrafi stosować prawo Ohma dla obwodu prądu przemiennego, • potrafi zastosować wzory na opór całkowity prądu przemiennego w zadaniach.	Przy prezentacji materiału lekcji zaleca się wykorzystać analogię między układami drgań mechanicznych i układami elektrycznymi prądu przemiennego.
3	Prąd przemienny. Moc i energia	Opór czynny. Zależność (sinusoidalna) natężenia prądu przemiennego od czasu. Moc prądu przemiennego z opornością <i>R</i> . Natężenie skuteczne i napięcie skuteczne.		Uczeń: • potrafi zinterpretować wzory na moc, natężenie skuteczne i napięcie skuteczne oraz potrafi je zastosować w zadaniach.	
4	Przyrządy i mierniki prądu przemiennego	Zasada działania prądnicy prądu przemiennego, transformatora, mierników i silników prądu przemiennego.	Uczeń: • potrafi opisać i wyjaśnić zasadę działania prądnicy, transformatora, mierników i silników prądu przemiennego.		Należy zademonstrować działanie przyrządów (pojedyncze, sprawne egzemplarze zwykle znajdują się w szkolnej pracowni fizycznej).

<b>Fale elektromagnetyczne (2 lekcje)</b>				
1	Widmo fal elektromagnetycznych	Widmo fal elektromagnetycznych. Charakterystyka poszczególnych obszarów widma, w tym – podczerwień, ultrafiolet i promienie Roentgena. Mechanizm promieniowania fal elektromagnetycznych.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi opisać widmo fal elektromagnetycznych,</li> <li>• potrafi opisać mechanizm promieniowania fal elektromagnetycznych,</li> <li>• potrafi obliczać długości fal elektromagnetycznych w zależności od parametrów obwodu <i>LC</i> nadajnika.</li> </ul>	Należy podać informację, że nieostry podział na różne rodzaje fal elektromagnetycznych wynika ze sposobu ich wytwarzania.
2	Promieniowanie fal elektromagnetycznych. Podstawy łączności radiowej i telewizyjnej	Promieniowanie fali elektromagnetycznej przez drgający dipol. Antena nadawcza. Podstawy łączności radiowej. Modulacja amplitudy i częstotliwości. Detekcja. Podstawy telewizji. Lampa analizująca i lampa kinoskopowa.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi opisać zasady łączności radiowej,</li> <li>• potrafi wyjaśnić, na czym polega modulacja amplitudy i częstotliwości oraz detekcja fal,</li> <li>• potrafi opisać zasady przekazu telewizyjnego.</li> </ul>	Przedstawienie blokowego schematu łączności radiowej. Przedstawienie blokowego schematu przekazu telewizyjnego.
<b>Optyka (6 lekcji)</b>				
1	Dyspersja światła. Załamanie i odbicie światła	Prawa odbicia i prawo załamania światła. Względny i absolutny współczynnik załamania. Całkowite wewnętrzne odbicie. Kąt graniczny. Dyspersja światła.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi zastosować prawa odbicia i załamania światła w zadaniach,</li> <li>• potrafi wyjaśnić, dlaczego występuje zjawisko dyspersji światła.</li> </ul>	Zaleca się wykonać doświadczenia mające na celu sprawdzenie prawa Snelliusa. Należy objaśnić, dlaczego występuje zjawisko dyspersji światła, szkicując klasyczne założenia teorii dyspersji fal elektromagnetycznych.
2	Interferencja i dyfrakcja światła. Polaryzacja światła. Wykorzystanie tych zjawisk w technice przyrządów optycznych	Interferencja światła. Koherencja światła. Polaryzacja światła. Polaryzatory. Interferencja w cienkich warstwach. Zastosowania interferencji światła: kontrola jakości obróbki powierzchni. Dyfrakcja światła.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyjaśnić zjawisko interferencji światła,</li> <li>• podaje zastosowania praktyczne zjawiska interferencji,</li> <li>• potrafi opisać i wyjaśnić zjawisko dyfrakcji światła,</li> <li>• potrafi opisać i wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła,</li> <li>• potrafi opisać i wyjaśnić efekt działania polaryzatorów.</li> </ul>	Zaleca się omówić zarówno polaryzację światła w ośrodkach dwójmownych, jak i polaryzację przy odbiciu światła na granicy dwóch ośrodków. Należy przedstawić technikę rozjaśniania soczewek przez pokrywanie ich cienkimi warstwami „przeciwodblaskowymi” (tzw. „prześwietlanie optyki”). Zaleca się omówić najpierw dyfrakcję na dwóch szczelinach, a następnie na wielu szczelinach i na siatce dyfrakcyjnej.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
2a	Holografia (nadobowiązkowo)	Zasada holografii. Idea teorii Abbego, pomysł Wolkego rozdzielenia procesu analizy i syntezy obrazu. Wynalazek Gabora. Zastosowania holografii.		Uczeń: • potrafi opisać zasady holografii optycznej, • potrafi podać zasadnicze zastosowania holografii.	Przed omówieniem zasad holografii zaleca się omówić dyfrakcję na jednej szczelinie.
3	Zwierciadła	Zwierciadło kuliste, wklęsłe i wypukłe. Wyprowadzenie wzoru: $f = R/2$ . Bieg promieni świetlnych odbitych w zwierciadłach. Równanie $1/f = 1/x + 1/y$ .	Uczeń: • potrafi narysować bieg promieni w celu konstrukcji obrazów powstających w zwierciadle, • potrafi rozwiązywać zadania dotyczące obrazów w zwierciadłach.		
4	Pryzmat	Bieg promienia świetlnego w pryzmacie. Wyprowadzenie wzoru $\varepsilon = (n-1)\varphi$ . Kąt najmniejszego odchylenia $\varepsilon_{min}$ .		Uczeń: • potrafi opisać przejście światła przez pryzmat. • potrafi podać, kiedy występuje kąt najmniejszego odchylenia $\varepsilon_{min}$ .	Przedstawienie wzoru $\varepsilon = (n-1)\varphi$ ułatwi później zrozumienie pochodzenia wzoru na ogniskową soczewki
5	Soczewki	Rodzaje soczewek. Zdolność skupiająca soczewki – wyprowadzenie wzoru $1/f = (n-1)(1/r_1 + 1/r_2)$ . Konstrukcja obrazów w soczewce. Wyprowadzenie równania soczewki $1/f = 1/x + 1/y$ . Wady soczewek i sposoby ich minimalizowania.	Uczeń: • potrafi rozwiązywać zadania, posługując się wzorem na ogniskową soczewki, • potrafi narysować bieg promieni w celu konstrukcji obrazów w soczewkach.	Uczeń: • potrafi wyjaśnić, dlaczego soczewki są obarczone wadami i jak się je minimalizuje.	Należy zwrócić uwagę na to, że wzory optyki geometrycznej mają charakter przybliżony i można je stosować tylko dla cienkich soczewek oraz dla wiązek światła paraksjalnych.
6	Przyrządy optyczne. Lupa. Okulary. Luneta. Mikroskop	Przyrządy optyczne. Lupa, okulary, mikroskop, luneta. Wyprowadzenie wzorów na powiększenie tych przyrządów.	Uczeń: • potrafi objaśnić zasadę działania lupy, mikroskopu i lunety, • potrafi rozwiązywać zadania na temat przyrządów optycznych, w tym okularów.		

Mechanika kwantowa i fizyka atomowa (6 lekcji)					
1	Promieniowanie ciała doskonale czarnego	Widmo promieniowania ciała doskonale czarnego. Postulaty Plancka.		Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi naszkicować wykres zależności natężenia promieniowania od długości fal,</li> <li>potrafi opisać widmo promieniowania ciała doskonale czarnego,</li> <li>potrafi sformułować postulaty Plancka i podać, na czym polega różnica między klasycznym i kwantowym podejściem do promieniowania.</li> </ul>	Tutaj uczniowie po raz pierwszy spotykają się z kwantowaniem energii. Zapoznanie uczniów z widmem promieniowania ciała doskonale czarnego pozwoli później zrozumieć w nauce kosmologii pochodzenie promieniowania relikтового.
2	Zjawisko fotoelektryczne, fotony. Dualistyczna natura światła i cząstek materii	Zjawisko fotoelektryczne. Dualistyczna natura światła. Dyfrakcja elektronów. Dualistyczna natura cząstek materii. Fale materii de Broglie'a. Fale prawdopodobieństwa. Funkcja falowa. Statystyczny charakter praw fizyki kwantowej.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi wyjaśnić, na czym polega dualizm falowo-korpuskularny,</li> <li>potrafi wyjaśnić, dlaczego zjawisko to jest niezwykle i niewyobrażalne,</li> <li>potrafi podać podstawowe wielkości charakteryzujące foton,</li> <li>potrafi zastosować wzór de Broglie'a do prostych obliczeń,</li> <li>wyjaśnia zasadę działania fotokomórki.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi zinterpretować funkcję falową cząstki.</li> </ul>	Uczniowie mają okazję się dowiedzieć, w jaki sposób dokonano odkrycia dualistycznej natury mikrocząstek. Po raz któryś z kolei widoczna jest owocność rozumowania wykorzystującego symetrię i analogię zjawisk fizycznych. Interferencja amplitud prawdopodobieństwa – zagadnienie to najłatwiej można wytłumaczyć, omawiając doświadczenia myślowe Feynmana.
3	Specyficzność obiektów kwantowych. Relacje nieoznaczoności Heisenberga.	Aspekt fundamentalny i operacyjny – pomiarowy zasady nieoznaczoności Heisenberga, która pozwala w prosty sposób (pod względem rachunkowym) oszacować wartość wielu istotnych wielkości fizyki mikroświata.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi zinterpretować relacje nieoznaczoności Heisenberga,</li> <li>potrafi oszacować niektóre wielkości, np. energię elektronu w atomie wodoru, energię nukleonu w jądrze, energię, jaką miałyby elektrony, gdyby mogły przebywać w jądrze.</li> </ul>		Aspekt substancjalny (specyficzność obiektu) i operacyjny (pomiarowy) zasady nieoznaczoności Heisenberga, która pozwala w prosty sposób (pod względem rachunkowym) oszacować wartość wielu istotnych wielkości fizyki mikroświata.
4	Model Bohra atomu wodoru. Współczesny model atomu	Interpretacja postulatów Bohra. Związek orbit Bohra z falami de Broglie'a. Ograniczenia teorii Bohra. Elektron w studni potencjału. Orbitale elektronowe.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi zinterpretować postulaty Bohra,</li> <li>potrafi opisać, na czym polega uproszczenia w teorii Bohra,</li> <li>potrafi stosować model Bohra do rozwiązywania zadań.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>potrafi opisać jakościowo wyniki kwantowej teorii atomu i rozkłady prawdopodobieństwa znalezienia elektronu w atomie wodoru.</li> </ul>	Rozważenie zachowania się cząstki w studni potencjału ułatwia zrozumienie kwantowania energii elektronu w atomie.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
5	Promieniowanie światła przez atomy	Specyficzność serii widmowych promieniowania atomów wodoru. Długości promieniowanych fal i ich częstości. Wzmianka na temat widm molekularnych.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyjaśnić emisję i absorpcję światła przez atomy,</li> <li>• potrafi wyjaśnić, dlaczego widma tego światła są dyskretne – nie ciągłe,</li> <li>• potrafi przedstawić zasady analizy spektralnej.</li> </ul>		Należy podać informacje, że widma atomowe umożliwiają zbadanie budowy atomów różnych pierwiastków.
6	Lasery	Zasada działania laserów i maserów. Spontaniczna i stymulowana emisja światła. Inwersja obsadzeń. Metody pompowania lasera. Zastosowanie laserów.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi objaśnić zasadę działania laserów i maserów, posługując się trójpoziomowym schematem stanów energii elektronów,</li> <li>• potrafi wymienić zastosowanie laserów.</li> </ul>		Lekcja ta może być bardzo atrakcyjna dla uczniów, gdyż uczniowie bardzo interesują się laserami.
<b>Fizyka ciała stałego (4 lekcje)</b>					
1	Przewodnictwo elektryczne metali	Model elektronowych poziomów i pasm energetycznych w metalu. Opis jakościowy przewodnictwa metali w modelu kwantowym. Nadprzewodnictwo.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi opisać jakościowo zachowanie się elektronów w metalu,</li> <li>• potrafi wyjaśnić, dlaczego w metalu istnieją pasma energetyczne.</li> </ul>	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi opisać, dlaczego i w jakich warunkach występuje nadprzewodnictwo.</li> </ul>	Należy przypomnieć uczniom założenia wcześniej wprowadzonego klasycznego modelu gazu elektronowego.
2	Przewodnictwo półprzewodników	Model elektronowych poziomów i pasm energetycznych w półprzewodniku. Centra donorowe i akceptorowe w półprzewodnikach. Opis jakościowy przewodnictwa. Przewodnictwo półprzewodników typu $n$ i $p$ .	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi przedstawić i zinterpretować schemat pasmowy półprzewodnika i przerwę energetyczną,</li> <li>• potrafi opisać przewodnictwo dziurowe i elektronowe.</li> </ul>		Należy wyjaśnić na przykładach krzemu, dlaczego tworzą się pasma energetyczne oraz dlaczego poziomy domieszkowe lokują się w przerwie energetycznej. Co jest przyczyną przewodnictwa dziurowego?
3	Dioda, tranzystor i obwody scalone	Zasada działania elementów półprzewodnikowych: diody, tranzystora, obwodu scalonego, fotodiody, lasera półprzewodnikowego i innych elementów optoelektronicznych.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyjaśnić, dlaczego tranzystor może wzmacniać prąd,</li> <li>• potrafi wyjaśnić zasadę działania typowych elementów półprzewodnikowych.</li> </ul>		Należy podkreślić, że elementy półprzewodnikowe mogą występować oddzielnie, jak również w obwodach scalonych.

4	Urządzenia elektroniczne – wideo i audio	Schemat blokowy urządzeń elektronicznych. Telewizor. Komputer. Inne urządzenia wideo i audio.		Uczeń: • potrafi wyjaśnić rolę poszczególnych składników schematu blokowego urządzeń elektronicznych – telewizora, komputera i innych.	
<b>Teoria względności (5 lekcji)</b>					
1	Wstęp do teorii względności i postulaty Einsteina.	Rys historyczny powstania teorii względności. Transformacja Galileusza jako pierwszy etap poznania przekształceń współrzędnych układów inercjalnych. Prędkość światła. Podstawowe postulaty teorii względności – pokazanie, że są ugruntowane doświadczalnie.	Uczeń: • potrafi wykazać, że z transformacji Galileusza wynika klasyczna formuła składania prędkości, • potrafi wykazać, że zdarzenia jednocześnie w jednym układzie inercjalnym nie są jednocześnie w drugim układzie.		Przedstawienie rysu historycznego „korzeni” teorii względności ukazuje uczniom, że na sukces wielkiego odkrycia naukowego pracuje wiele pokoleń, a załóżki tej teorii znane były już w przeszłości. Poznanie transformacji Galileusza ułatwi zrozumienie, czym są transformacje Lorentza. Odbywamy „podróż w czasie”, od Roemera do Einsteina, od odkrycia, że światło ma prędkość skończoną, poprzez stwierdzenie, że światło ma dziwną własność – stałą prędkość niezależną od układu odniesienia, aż do wyjaśnienia <b>względności czasu</b> .
2	Dylatacja czasu	<b>Dylatacja czasu.</b> Dlaczego zegar ruchomy spóźnia się w stosunku do zegarów spoczywających?	Uczeń: • potrafi wyjaśnić, na czym polega dylatacja czasu, oraz wyprowadzić odpowiedni wzór.		Należy podkreślić, że <b>względność upływu czasu</b> jest prostą konsekwencją <b>postulatów teorii względności</b> .
3	Transformacje Lorentza	Transformacja Lorentza. Wyprowadzenie relatywistycznego prawa składania prędkości. Wyprowadzenie wzoru na skrócenie Lorentza.		Uczeń: • potrafi opisać transformacje Lorentza, • podaje wzór wyrażający relatywistyczną formułę składania prędkości, • potrafi z transformacji Lorentza wyprowadzić wzór na skrócenie długości.	Należy podkreślić, że w transformacjach Lorentza występuje organiczne powiązanie przestrzeni i czasu. W transformacjach Galileusza czas występuje niezależnie od przestrzeni i jest absolutny. Należy omówić <b>względność wymiarów przestrzennych</b> – nie tylko <b>skrócenie Lorentza</b> .

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
4	Czasoprzestrzeń	Czwarta współrzędna – czasowa (wykorzystanie wzoru na przemieszczanie się światła w trzech wymiarach). Zdarzenie – definicja. Wykresy czasoprzestrzenne.		Uczeń: • potrafi przedstawić rozumowanie prowadzące do uogólnienia (rozszerzenie o czwarty wymiar) podstawowych pojęć geometrycznych, • posługuje się pojęciami: zdarzenie, linia świata, oś czasowa, oś jednoczesności; potrafi je przedstawić na wykresach czasoprzestrzennych.	Wbrew pozorom, zrozumienie, czym jest <b>czterowymiarowa czasoprzestrzeń</b> , nie jest dla uczniów trudne. Wykresy czasoprzestrzenne uczniowie stosują już na początku nauki fizyki (w kinematyce). Podejście czterowymiarowe upraszcza wprowadzenie wielu wzorów relatywistycznych. Pomijanie czterowymiarowej przestrzeni na lekcji fizyki jest błędem dydaktycznym w sytuacji, gdy lubiane przez młodzież utwory literatury współczesnej tak często są inspirowane tym zagadnieniem.
5	Dynamika relatywistyczna. Zasada korespondencji	Wzór na energię relatywistyczną, energię kinetyczną i spoczynkową – słynny wzór Einsteina $E = mc^2$ . Wzory relatywistyczne na pęd i siłę. Zasada korespondencji jako jedna z podstawowych zasad gnoseologicznych.	Uczeń: • podaje wzory dynamiki relatywistycznej na pęd, siłę, energię, energię spoczynkową, • potrafi rozwiązywać zadania z uwzględnieniem efektów relatywistycznych, w szczególności potrafi obliczyć defekt masy.	Uczeń: • potrafi przytoczyć przykłady na to, że rozwój nauk ścisłych odbywa się zgodnie z zasadą korespondencji.	Wcześniejsze wprowadzenie czasoprzestrzeni procentuje dydaktycznie – wzór na energię relatywistyczną wprowadza się w sposób naturalny, jako czwartą składową czteropędu. Dydaktyczne korzyści daje powiązanie podsumowania teorii względności z zasadą korespondencji.
<b>Fizyka jądra i cząstki elementarne (6 lekcji)</b>					
1	Charakterystyka i skład jąder atomowych	Protony, neutrony, liczba masowa A i liczba atomowa Z. Klasyfikacja jąder według parzystości nukleonów. Izotopy.	Uczeń: • wymienia składniki jądra i określa ich liczbę na podstawie znajomości liczb A i Z, • opisuje zasadę klasyfikacji jąder atomowych, • wyjaśnia istnienie izotopów.		Należy podkreślić rolę klasyfikacji jąder według parzystości nukleonów, wyjaśniającą trwałość wielu izotopów.
2	Siły jądrowe. Model powłokowy jądra	Energia wiązania jądra. Wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon od liczby A jądra.	Uczeń: • potrafi narysować i interpretować wykres zależności energii wiązania jądra od liczby A,	Uczeń: • wymienia główne założenia modelu powłokowego jądra.	Należy omówić wnioski wynikające z wykresu zależności energii wiązania od liczby A jądra, dotyczące syntezy i rozpadu jąder

		Defekt masy. Siły jądrowe. Model powłokowy jądra. Wzmianka o modelu kropowym jądra. Nośniki sił jądrowych – mezony.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi scharakteryzować siły jądrowe.</li> </ul>		oraz charakteru sił jądrowych – krótkozasięgowości i wysycania. Należy też omówić schemat oddziaływań między nukleonami poprzez wymianę mezonu.
3	Promieniowanie $\alpha$ , $\beta$ i $\gamma$ . Prawo rozpadu	Promieniotwórczość naturalna. Promieniowanie $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ . Prawa rozpadu promieniotwórczego.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi opisać i przedstawić promieniotwórczość jąder;</li> <li>• potrafi zastosować prawo rozpadu do prostych zadań.</li> </ul>		Należy podać informację o Marii Skłodowskiej-Curie – dwukrotnej laureatce nagrody Nobla.
4	Reaktor i bomba atomowa	Przemiany jąder. Przykłady reakcji syntezy i rozpadu. Mechanizm reakcji jądrowych. Reaktory jądrowe, bomba uranowa i wodorowa.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi wyjaśnić, dlaczego podczas syntezy i podczas rozpadu jąder wyzwala się energia,</li> <li>• potrafi opisać zasadę pracy reaktora jądrowego, działanie bomby uranowej i wodorowej.</li> </ul>		Warto podać, że stabilnym reaktorem syntezy jąder jest nasze Słońce – pracujące miliardy lat. Nam nie udało się stworzyć dotychczas reaktora syntezy jądrowej.
5	Działanie biologiczne promieniowania radioaktywnego	Detekcja promieniowania jądrowego. Ochrona przed promieniowaniem jądrowym.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi opisać zasadę działania typowych detektorów promieniowania jądrowego,</li> <li>• wymienia i opisuje zasady ochrony radiologicznej.</li> </ul>		Lekcja stwarza okazję do omówienia wpływu człowieka na degradację środowiska oraz sposobów zapobiegania tej degradacji.
6	Cząstki elementarne	Klasyfikacja cząstek elementarnych. Fotony, leptony, mezony, bariony. Antycząstki i antimateria. Zasady zachowania w oddziaływaniach cząstek elementarnych. Kwarki. Model kwarkowy mezonów i barionów. Oddziaływania podstawowe. Wzmianka o unifikacji oddziaływań.	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi przedstawić zasadę klasyfikacji popularnych cząstek elementarnych,</li> <li>• potrafi podać, czym różnią się cząstki od antycząstek,</li> <li>• potrafi przedstawić schemat budowy kwarkowej niektórych mezonów, a także nukleonów.</li> </ul>		Należy zaznaczyć, że zrozumienie świata cząstek elementarnych w wielu przypadkach prowadzi do zrozumienia obiektów kosmicznych. Występuje tu połączenie zrozumienia tego, co jest najmniejsze, z tym, co jest największe.

Numer lekcji	Temat lekcji	Treści nauczania	Osiągnięcia ucznia		Uwagi
			Podstawowe (wszyscy)	Pełne (niektórzy)	
<b>Astrofizyka. Kosmos (6 lekcji)</b>					
1	Obserwacje nieba	Obserwacja nieba i typowych obiektów astronomicznych. Posługiwanie się mapą obrotową nieba.	Uczeń: • potrafi identyfikować niektóre obiekty astronomiczne takie, jak planety, gwiazdy i układy gwiazdne, posługując się obrotową mapą nieba.		Lekcję tę można połączyć z wizytą w Planetarium lub (oraz) przeprowadzić ją pod gołym niebem – wieczorem.
2	Układ Słoneczny	Budowa Układu Słonecznego. Planety i planetoidy. Meteory.	Uczeń: • potrafi opisać zasadnicze cechy fizyczne planet i zna ich rozmieszczenie w Układzie Słonecznym.		Przy okazji należy omówić badania planet innych układów planetarnych i możliwość istnienia istot rozumnych poza Ziemią.
3	Budowa Słońca i gwiazd. Ewolucja gwiazd	Budowa i charakterystyki fizyczne Słońca. Fotometria i spektrometria gwiazd. Jasność gwiazd i ich rozmiary. Klasyfikacja gwiazd, diagram Hertzsprunga-Russella.	Uczeń: • wymienia główne cechy fizyczne gwiazd ciągu głównego, • potrafi opisać przebieg ewolucji gwiazd o różnej wielkości, • potrafi opisać diagram Hertzsprunga-Russella.		Należy zaznaczyć, że prawie wszystko, co wiemy o gwiazdach, pochodzi z badań dokonanych na Ziemi.
4	Egzotyczne obiekty astronomiczne	Gwiazdy podwójne, gwiazdy neutronowe, pulsary, olbrzymy i karły, gwiazdy supernowe i czarne dziury.	Uczeń: • wymienia główne cechy fizyczne białych karłów, czerwonych olbrzymów, nadolbrzymów, pulsarów i czarnych dziur.	Uczeń: • wymienia główne cechy fizyczne białych karłów, czerwonych olbrzymów, nadolbrzymów, pulsarów i czarnych dziur.	Należy podać, że gwiazdy supernowe są źródłem pierwiastków cięższych od wodoru i helu, dzięki czemu umożliwiają zaistnienie materii żywej.
5	Droga Mleczna, galaktyki i kwazary.	Budowa galaktyk, typy galaktyk. Rozmieszczenie galaktyk. Gromady galaktyk. Rozkład materii w Kosmosie. Materia międzygwiazdowa.		Uczeń: • potrafi opisać typowe galaktyki i ich rozmieszczenie w Kosmosie, • potrafi podać, skąd wiemy o istnieniu materii międzygwiazdowej.	Należy podać, że to, co obserwujemy jako Drogę Mleczną, z zewnątrz wygląda tak, jak widoczna pod teleskopem galaktyka spiralna.

6	Wielki Wybuch. Geneza materii	Teoria Wielkiego Wybuchu. Model standardowy Wszechświata. Ucieczka galaktyk i efekt Dopplera. Prawo Hubble'a. Promieniowanie reliktowe. Geneza materii. Wiek Wszechświata i jego przyszłość.	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"><li>• potrafi opisać fakty doświadczalne potwierdzające teorię Wielkiego Wybuchu,</li><li>• potrafi opisać stan dzisiejszej materii, jej pochodzenie, ocenę wieku Wszechświata i hipotezy odnośnie do jego przyszłości.</li></ul>		Należy podkreślić, że temat lekcji to najnowsze badania Kosmosu i że należy się spodziewać nowych sensacji naukowych dzięki pracy aktualnie uruchamianych potężnych teleskopów.
---	----------------------------------	--	--	--	---