

**Szczegółowe wymagania edukacyjne na poszczególne oceny śródroczne i roczne z przedmiotu fizyka**  
**zakres rozszerzony**  
**szkoła ponadpodstawowa**  
**2023/2024**

**Nauczyciele fizyki w Zespole Szkół Nr 1 w Olkusz**

**Podręcznik:** Fizyka. Podręcznik. Liceum i technikum. Zakres rozszerzony. Nowa edycja. WSiP

**Zasady ogólne:**

**Zasady ogólne:**

Na **podstawowym** poziomie wymagań uczeń powinien wykonać zadania **obowiązkowe** (na stopień dopuszczający - łatwe; na stopień dostateczny - umiarkowanie trudne); niektóre czynności ucznia mogą być **wspomagane** przez nauczyciela (np. wykonywanie doświadczeń, rozwiązywanie problemów, przy czym na stopień dostateczny uczeń wykonuje je pod kierunkiem nauczyciela, na stopień dopuszczający - przy pomocy nauczyciela lub innych uczniów).

Czynności wymagane na poziomach wymagań **wyższych** niż poziom podstawowy uczeń powinien wykonać **samodzielnie** (na stopień dobry niekiedy może jeszcze korzystać z niewielkiego wsparcia nauczyciela).

W wypadku wymagań na stopnie **wyższe** niż dostateczny uczeń wykonuje zadania **dodatkowe** (na stopień dobry - umiarkowanie trudne; na stopień bardzo dobry - trudne).

Wymagania umożliwiające uzyskanie stopnia **celującego** obejmują wymagania na stopień bardzo dobry, a ponadto **wykraczające** poza obowiązujący program nauczania (uczeń jest twórczy, rozwiązuje zadania problemowe w sposób niekonwencjonalny; potrafi dokonać

syntezy wiedzy, a na tej podstawie sformułować hipotezy badawcze i zaproponować sposób ich weryfikacji; samodzielnie prowadzi badania o charakterze naukowym; z własnej inicjatywy pogłębia wiedzę, korzystając z różnych źródeł; poszukuje zastosowań wiedzy w praktyce; dzieli się wiedzą z innymi uczniami; osiąga sukcesy w konkursach pozaszkolnych z dziedziny fizyki lub w olimpiadzie fizycznej).

### **Wymagania ogólne**

Uczeń:

- wykorzystuje pojęcia i wielkości fizyczne do opisu zjawisk i wskazuje ich przykłady w otoczeniu,
- rozwiązuje problemy, wykorzystując prawa i zależności fizyczne,
- planuje i przeprowadza obserwacje i doświadczenia, wnioskuje na podstawie ich wyników,
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.

Ponadto:

- sprawnie się komunikuje i stosuje terminologię właściwą dla fizyki,
- kreatywnie rozwiązuje problemy z dziedziny fizyki, **świadomie** wykorzystując metody i narzędzia wywodzące się z informatyki,
- posługuje się nowoczesnymi technologiami informacyjno-komunikacyjnymi,
- samodzielnie dociera do informacji, dokonuje ich selekcji, syntezy i wartościowania;
- rzetelnie korzysta z różnych źródeł informacji, w tym z Internetu,
- uczy się systematycznie, buduje prawidłowe związki przyczynowo-skutkowe, porządkuje i pogłębia zdobytą wiedzę,
- współpracuje w grupie i realizuje projekty edukacyjne z dziedziny fizyki lub astronomii.

Przy przeprowadzaniu śródrocznej i rocznej klasyfikacji uczniów z fizyki należy brać pod uwagę następujące elementy świadczące o poziomie wykształcenia ucznia:

- wiadomości teoretyczne dotyczące zjawisk, praw i wielkości fizycznych,
- umiejętności: obserwacji, opisu i wyjaśniania zjawisk fizycznych (występujących zarówno w pracowni fizycznej, jak i w otoczeniu),
- znajomość związków przyczynowo-skutkowych między zjawiskami fizycznymi,
- umiejętność stosowania pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych,
- umiejętność rozwiązywania zadań obliczeniowych i wyciągania wniosków z obliczeń,
- umiejętność planowania, wykonywania i opracowywania wyników eksperymentów laboratoryjnych,
- umiejętność stawiania hipotez i wskazywania sposobów ich sprawdzania,
- sposób formułowania własnych myśli, zarówno formie ustnej, jak i pisemnej,

- umiejętność czerpania informacji naukowych z literatury naukowej popularnonaukowej, filmów, programów komputerowych, obserwacji otoczenia oraz innych źródeł,
- umiejętność krytycznej selekcji informacji oraz prezentowanie i uzasadnianie własnych poglądów,
- pozalekcyjne i pozaszkolne zainteresowanie problemami fizyki i techniki,
- trwałość zdobytej wiedzy

**Ocenę niedostateczną** otrzymuje uczeń, który:

- nie opanował podstawowych pojęć i praw fizyki w stopniu pozwalającym na dalsze zdobywanie wiedzy,
- popęlnia poważne błędy, opisując zjawiska i podając wielkości fizyczne, które tych zjawisk dotyczą.

**Ocenę dopuszczającą** otrzymuje uczeń, który:

- opanował treści na ocenę dopuszczającą(konieczne) przedstawione w tabelach poniżej,
- wykazuje braki w znajomości praw i zasad fizyki ujętych w podstawie programowej oraz popełnia błędy w przedstawianiu ich w formie słownej i matematycznej, błędy te jednak nie przekreślają dalszej możliwości kształcenia
- wymienia zjawiska fizyczne ujęte w podstawie programowej i omawiane na lekcjach, lecz popełnia nieznaczące błędy w ich opisie,
- wymienia podstawowe wielkości fizyczne potrzebne do opisanie poznanych zjawisk, ale popełnia błędy w ich definiowaniu,
- wybiera przyrządy do pomiaru poznanych wielkości fizycznych,
- rozwiązuje typowe zadania obliczeniowe o niewielkim stopniu trudności.

**Ocenę dostateczną** otrzymuje uczeń, który:

- opanował treści na ocenę dopuszczającą i ocenę dostateczną (podstawowe i konieczne) przedstawione w tabelach poniżej,
- wyjaśnia niewykraczające poza podstawę programową zależności między wielkościami fizycznymi opisującymi zjawiska poznane na lekcjach,
- opisuje i wyjaśnia typowe zjawiska omawiane na lekcjach,
- opisuje wykonywane na lekcjach doświadczenia i ćwiczenia,
- rozwiązuje zadania obliczeniowe o niewielkim stopniu trudności.

**Ocenę dobrą** otrzymuje uczeń, który:

- opanował treści na ocenę dopuszczającą, ocenę dostateczną i ocenę dobrą(rozszerzone, podstawowe, konieczne) przedstawione w tabelach poniżej,
- wyjaśnia ćwiczenia i pokazy wykonywane na lekcjach,
- prezentuje, analizuje i interpretuje wyniki doświadczeń, przewiduje wystąpienie określonych zjawisk na podstawie ogólnych zasad i praw fizyki,
- planuje czynności w celu wywołania zjawiska,
- rozwiązuje zadania obliczeniowe o średnim stopniu trudności.

**Ocenę bardzo dobrą** otrzymuje uczeń, który:

- opanował treści na ocenę dopuszczającą, ocenę dostateczną, ocenę dobrą i ocenę bardzo dobrą(dopełniające, rozszerzone, podstawowe oraz konieczne) przedstawione w tabelach poniżej,
- stosuje poznane prawa do rozwiązywania nietypowych problemów występujących w otaczającej rzeczywistości,
- planuje i przeprowadza doświadczenia potwierdzające określoną tezę,
- wykorzystuje wiadomości umiejętności z innych przedmiotów przy rozwiązywaniu problemów z fizyki,
- wykorzystuje wiadomości pochodzące ze środków masowego przekazu,
- rozwiązuje zadania obliczeniowe o zwiększonym stopniu trudności.

**Ocenę celującą** otrzymuje uczeń, który spełnia wymagania na niższe oceny, a ponadto wyróżnia się w jednej z niżej podanych dziedzin:

- samodzielnie dociera do informacji zawartych w literaturze naukowej i popularnonaukowej, wykorzystuje je praktycznie,
- interesuje się określoną dziedziną fizyki lub astronomii, co przejawia się studiowaniem literatury lub prowadzeniem badań, których wyniki przedstawia w określonej formie,
- jest finalistą lub laureatem olimpiady przedmiotowej i/lub odnosi znaczące sukcesy w konkursach fizycznych albo astronomicznych na szczeblu co najmniej wojewódzkim.

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
<b>Dział 1. Opis ruchu postępowego</b>				
1. Elementy działań na wektorach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych,</li> <li>• wymienić cechy wektora,</li> <li>• zilustrować przykładem każdą z cech wektora,</li> <li>• dodawać wektory,</li> <li>• odjąć wektor od wektora,</li> <li>• pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozłożyć wektor na składowe o dowolnych kierunkach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykorzystać w pełni wiedzę podręcznikową w zakresie działań na wektorach do rozwiązywania problemów,</li> <li>• rozwiązać wszystkie zadania z podręcznika dotyczące działań na wektorach,</li> <li>• wyszukać w różnych źródłach i zaprezentować problemy dotyczące działań na wektorach</li> </ul>
2–3. Pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch, cz. I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poprawnie posługiwać się pojęciami: droga, położenie, szybkość średnia i chwilowa, przemieszczenie,</li> <li>• narysować wektor położenia ciała w układzie współrzędnych,</li> <li>• narysować wektor przemieszczenia ciała w układzie współrzędnych,</li> <li>• odróżnić zmianę położenia od przebytej drogi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki, przy których wartość przemieszczenia jest równa przebytej drodze,</li> <li>• wykazać, że wektor przemieszczenia nie zależy od wyboru układu współrzędnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że prędkość chwilowa jest styczna do toru w punkcie, w którym znajduje się ciało w danej chwili,</li> <li>• wyjaśnić różnicę między średnią wartością prędkości i wartością prędkości średniej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wypowiadać się na temat wprowadzonych wielkości fizycznych precyzyjnym językiem fizyki,</li> <li>• rozwiązać zadania z podręcznika i inne, o podwyższonym stopniu trudności, wskazane przez nauczyciela</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
4–5. Pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch, cz. II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia średniego,</li> <li>• objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciami: przyspieszenie średnie i chwilowe,</li> <li>• zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym i opóźnionym oraz w ruchu krzywoliniowym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego,</li> <li>• przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych</li> </ul>
6. Ruch jednostajny prostoliniowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować ruch prostoliniowy jednostajny,</li> <li>• obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzać wykres zależności <math>s(t)</math> i <math>v(t)</math> dla ruchu jednostajnego,</li> <li>• odczytywać z wykresu wielkości fizyczne,</li> <li>• objaśnić różnicę między wykresem zależności drogi od czasu i współrzędnej położenia od czasu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych,</li> <li>• rozwiązywać typowe zadania dotyczące ruchu jednostajnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzać wykresy zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych,</li> <li>• zinterpretować pole powierzchni odpowiedniej figury na wykresie <math>v_x(t)</math> jako drogę w dowolnym ruchu</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
7–10. Ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy. Wyznaczanie wartości przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady ruchu przyspieszonego i opóźnionego,</li> <li>• obliczyć drogę przebytą w czasie <math>t</math> ruchem jednostajnie przyspieszonym i opóźnionym,</li> <li>• obliczać szybkość chwilową w ruchach jednostajnie przyspieszonych i opóźnionych,</li> <li>• aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia,</li> <li>• sformułować wynik doświadczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym po prostej,</li> <li>• porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchu po prostej i stwierdzić, że w przypadku ruchu przyspieszonego wektory <math>\vec{v}</math> i <math>\vec{a}</math> mają zgodne, a w przypadku ruchu opóźnionego mają przeciwne zwroty,</li> <li>• wpisywać wyniki pomiarów do zaprojektowanej w podręczniku tabeli i wykonywać obliczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po prostej,</li> <li>• sporządzać wykresy tych zależności,</li> <li>• rozwiązywać typowe zadania dotyczące składania ruchów,</li> <li>• z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać nietypowe zadania dotyczące ruchów jednostajnie zmiennych,</li> <li>• samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik</li> </ul>
11–12. Przykłady opisu ruchów zmiennych		<ul style="list-style-type: none"> <li>• powtórzyć przeprowadzone na lekcjach rozumowania związane z opisem ruchów zmiennych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać nowe, typowe zadania dotyczące ruchów zmiennych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać nowe, nietypowe zadania dotyczące ruchów zmiennych</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
13–14. Względność ruchu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie układu odniesienia,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że spoczynek i ruch są względne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, jakie układy odniesienia traktujemy jako inercjalne,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie czasu absolutnego,</li> <li>• stosować prawa składania i rozkładania wektorów do składania ruchów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać związki między współrzędnymi położenia ciała w układach poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym,</li> <li>• podać związek między prędkościami ciała w poruszających się względem siebie układach inercjalnych,</li> <li>• nazwać powyższe związki transformacją Galileusza i podać warunki jej stosowalności,</li> <li>• podać związek między przyspieszeniami w układach inercjalnych,</li> <li>• zmieniać układ odniesienia i opisywać ruch z punktu widzenia obserwatorów w każdym z tych układów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić na przykładzie związki między współrzędnymi położenia ciała w układach poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym,</li> <li>• wyprowadzić związek między prędkościami ciała w poruszających się względem siebie układach inercjalnych,</li> <li>• przytoczyć i objaśnić zasadę względności ruchu Galileusza, podać warunki jej stosowalności,</li> <li>• rozwiązywać trudniejsze problemy dotyczące składania ruchów</li> </ul>



Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
15–17. Opis ruchu w dwóch wymiarach, cz. I	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać rzut poziomy jako ruch złożony ze spadania swobodnego i ruchu jednostajnego w kierunku poziomym,</li> <li>objaśnić wzory opisujące rzut poziomy,</li> <li>wyrazić szybkość liniową przez okres ruchu i częstotliwość</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przekształcać wzory na wysokość i zasięg rzutu poziomego w celu obliczania wskazanej wielkości fizycznej,</li> <li>posługiwać się pojęciem szybkości kątowej,</li> <li>stosować miarę łukową kąta,</li> <li>zapisać związek między szybkością liniową i kątową</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć wartość prędkości chwilowej ciała rzuconego poziomo i ustalić jej kierunek,</li> <li>wyprowadzić związek między szybkością liniową i kątową,</li> <li>przekształcać wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego i zapisać różne postacie tego wzoru,</li> <li>rozwiązywać zadania dotyczące rzutu poziomego,</li> <li>rozwiązywać problemy dotyczące ruchu jednostajnego po okręgu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać nietypowe zadania dotyczące rzutu poziomego,</li> <li>zaproponować i wykonać doświadczenie pokazujące, że czas spadania ciała rzuconego poziomo z pewnej wysokości jest równy czasowi spadania swobodnego z tej wysokości,</li> <li>rozwiązywać problemy dotyczące ruchu niejednostajnego po okręgu</li> </ul>
*18. Opis ruchu w dwóch wymiarach, cz. II			<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać rzut ukośny jako ruch, w którym nadajemy ciału prędkość skierowaną pod pewnym kątem do poziomu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozłożyć rzut ukośny na dwa ruchy składowe i wyprowadzić równanie toru oraz wzory na wysokość i zasięg rzutu,</li> <li>rozwiązywać zadania dotyczące rzutu ukośnego</li> </ul>

## Dział 2. Siła jako przyczyna zmian ruchu

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1–3. Zasady dynamiki Newtona	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić rodzaje oddziaływań występujące w przyrodzie,</li> <li>podać jakościowe przykłady zastosowania zasad dynamiki Newtona,</li> <li>rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić stwierdzenia: <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Siła jest miarą oddziaływania.</i></li> <li><i>O zachowaniu ciała decyduje zawsze siła wypadkowa wszystkich sił działających na to ciało.</i></li> </ul> </li> <li>w oddziaływaniach bezpośrednich wskazać źródło siły i przedmiot jej działania,</li> <li>wypowiedzieć treść zasad dynamiki,</li> <li>przekształcać wzór wyrażający drugą zasadę dynamiki i obliczać każdą z występujących w nim wielkości fizycznych,</li> <li>znajdować graficznie wypadkową sił działających na ciało</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić pojęcie „układ inercjalny” i pierwszą zasadę dynamiki jako postulat istnienia takiego układu,</li> <li>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,</li> <li>rozwiązywać typowe zadania wymagające stosowania zasad dynamiki, np. zamieszczone w podręczniku w <i>Przykładach zastosowań zasad dynamiki</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na podstawie wartości siły wypadkowej (stała, zmienna) i jej zwrotu w stosunku do prędkości ciała ocenić rodzaj ruchu wykonywanego przez ciało,</li> <li>swobodnie operować zdobytą wiedzą na temat zasad dynamiki, używając precyzyjnego języka fizyki,</li> <li>rozwiązywać problemy o wysokim stopniu trudności</li> </ul>
4. Siła a zmiana pędu ciała	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzorem i objaśnić pojęcie pędu,</li> <li>odpowiedzieć na pytanie: <i>Kiedy pęd ciała nie ulega zmianie?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na podstawie definicji przyspieszenia i drugiej zasady dynamiki wyprowadzić wzór wiążący zmianę pędu z wypadkową siłą działającą na ciało i czasem jej działania, czyli inną postacią drugiej zasady dynamiki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na przykładach znajdować zmianę pędu jako różnicę pędu końcowego i początkowego,</li> <li>analizować związek <math>\Delta m\vec{v} = \vec{F}\Delta t</math> i wyciągnąć wniosek w postaci zasady zachowania pędu ciała</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić konieczność korzystania z innej postaci drugiej zasady dynamiki w przypadku, gdy zmienia się masa ciała, na które działa siła</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
5–7. Zasada zachowania pędu dla układu ciał	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpowiedzieć na pytania: <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Co nazywamy układem ciał?</i></li> <li>– <i>Jak definiujemy pęd układu ciał?</i></li> <li>– <i>W jakim punkcie go zaczepiamy?</i></li> <li>– <i>Jaki warunek musi być spełniony, by pęd układu ciał nie zmienił się?</i></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć położenie środka masy układu dwóch ciał,</li> <li>• wyznaczyć doświadczalnie położenie środka masy figury płaskiej,</li> <li>• zapisać wzorem i objaśnić zasadę zachowania pędu dla układu ciał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać uogólniony wzór na położenie środka masy <math>n</math> ciał i go objaśnić,</li> <li>• graficznie znajdować pęd układu ciał,</li> <li>• zastosować zasadę zachowania pędu w typowych zadaniach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się precyzyjnym językiem fizyki i samodzielnie przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania pędu dla układu ciał,</li> <li>• rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności</li> </ul>
8. Tarcie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozróżnić pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego,</li> <li>• zapisać wzór na wartość siły tarcia, rozróżnić sytuacje, w których we wzorze występuje współczynnik tarcia statycznego lub kinetycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego,</li> <li>• omówić rolę tarcia na wybranych przykładach,</li> <li>• sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równoległe do stykających się powierzchni dwóch ciał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać typowe zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia posuwistego, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać trudne zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia, z dostępnych zbiorów zadań</li> </ul>
9. Wyznaczanie współczynników tarcia statycznego i kinetycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać ruch ciała z tarcieniem po równi pochyłej,</li> <li>• wpisywać wyniki pomiarów do tabeli zaprojektowanej w podręczniku i wykonywać obliczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania,</li> <li>• z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
10–11. Siły w ruchu po okręgu	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać działanie siły dośrodkowej o stałej wartości jako warunku ruchu ciała po okręgu ze stałą szybkością,</li> <li>podać przykłady siły dośrodkowej o różnej naturze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać i objaśnić kilka postaci wzoru na wartość siły dośrodkowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać typowe zadania z zastosowaniem zasad dynamiki do ruchu po okręgu, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać problemy, w których na ciało oprócz siły normalnej do toru ruchu działa również siła styczna,</li> <li>samodzielnie rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności</li> </ul>
12. Badanie ruchu jednostajnego po okręgu	<ul style="list-style-type: none"> <li>aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia,</li> <li>sformułować wnioski z doświadczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wpisywać wyniki pomiarów do tabeli zaprojektowanej w podręczniku i wykonywać obliczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania,</li> <li>z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik</li> </ul>
13–15. Opis ruchu w układach nieinercjalnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że układ odniesienia jest nieinercjalny,</li> <li>wykazać na przykładzie, że w układzie nieinercjalnym zasady dynamiki się nie stosują</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na przykładzie przeprowadzić rozumowanie uzasadniające konieczność wprowadzenia siły bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym,</li> <li>zademonstrować działanie siły bezwładności,</li> <li>podać wzór na wartość siły bezwładności i go objaśnić</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać typowe zadania z dynamiki w układzie nieinercjalnym, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>samodzielnie rozwiązywać trudniejsze problemy dynamiczne zarówno w układzie inercjalnym, jak i nieinercjalnym</li> </ul>
<b>Dział 3. Praca, moc, energia mechaniczna</b>				
1. Iloczyn skalarny dwóch wektorów		<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzór na iloczyn skalarny dwóch wektorów i podać jego podstawowe własności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>korzystać z iloczynu skalarnego dwóch wektorów skierowanych pod dowolnym kątem</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
2–3. Praca i moc	<ul style="list-style-type: none"> <li>• napisać i objaśnić skalarny wzór na pracę stałej siły działającej pod stałym kątem do kierunku przemieszczenia,</li> <li>• podać jednostkę pracy 1 J i sposób jej wprowadzenia,</li> <li>• podać definicję mocy średniej i zapisać ją wzorem,</li> <li>• podać jednostkę mocy 1 W i sposób jej wprowadzenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać jednostki pochodne pracy i mocy oraz ich związki z jednostkami podstawowymi,</li> <li>• podać wzory na moc średnią i chwilową z użyciem prędkości średniej i prędkości chwilowej,</li> <li>• przekształcać wzory i wykonywać proste obliczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie konieczne do obliczenia pracy siły zmiennej,</li> <li>• obliczać pracę siły zmiennej na podstawie wykresu <math>F(x)</math>,</li> <li>• obliczać pracę wykonaną przez urządzenie, którego moc zmienia się z upływem czasu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać zadania dotyczące obliczania pracy i mocy o podwyższonym stopniu trudności, np. z wykorzystaniem zasad dynamiki</li> </ul>
4–5. Rodzaje energii mechanicznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczać energię potencjalną grawitacyjną ciała w pobliżu Ziemi za pomocą wzoru <math>E_p = mgh</math>,</li> <li>• obliczać energię kinetyczną ciała za pomocą wzoru <math>E_k = \frac{mv^2}{2}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcia: siła wewnętrzna i zewnętrzna w układzie ciał,</li> <li>• podać warunek, po spełnieniu którego układ może wykonać pracę,</li> <li>• podać definicje energii mechanicznej, potencjalnej i kinetycznej wyrażone poprzez ich zmiany,</li> <li>• na podstawie definicji energii kinetycznej wyprowadzić wzór, za pomocą którego obliczamy tę energię</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, po czym poznajemy, że zmienia się energia potencjalna układu ciał, a po czym, że zmienia się energia kinetyczna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć pracę siły zewnętrznej i pracę siły grawitacyjnej przy zmianie odległości ciała od Ziemi oraz przedyskutować znak każdej z nich</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
6–7. Zasada zachowania energii mechanicznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady zjawisk, w których zasada zachowania energii mechanicznej jest spełniona i w których nie jest spełniona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej i podać warunki, w których jest spełniona,</li> <li>• przytoczyć samodzielnie opisane w podręczniku przykłady, w których wykorzystuje się zasadę zachowania energii mechanicznej w celu obliczenia pewnej wielkości fizycznej,</li> <li>• opisać sposób postępowania w przypadkach, gdy w rozważanym problemie energia mechaniczna nie jest zachowana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• z pomocą nauczyciela przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej,</li> <li>• rozwiązywać typowe zadania wymagające wykorzystania zasady zachowania energii lub związku zmian energii z wykonywaną pracą</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• samodzielnie przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej dla układu dwóch ciał,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że pewne siły są zachowawcze,</li> <li>• rozwiązywać nietypowe i trudne zadania, w których energia mechaniczna ulega zmianie</li> </ul>
8. Zderzenia ciał	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady zderzeń sprężystych i niesprężystych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić zasady zachowania energii i pędu dla zderzeń doskonale sprężystych,</li> <li>• zapisać i objaśnić zasadę zachowania pędu dla zderzeń doskonale niesprężystych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeanalizować zderzenie doskonale sprężyste centralne dwu kulek, poruszających się z prędkościami o jednakowych kierunkach i zwrotach, i obliczyć współrzędne prędkości obu kulek po zderzeniu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> </ul>
9. Badanie zderzeń dwóch ciał i wyznaczenie masy jednego z nich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów,</li> <li>• sformułować wnioski z doświadczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisywać wyniki w tabeli,</li> <li>• wykonywać obliczenia szukanych wielkości z wykorzystaniem wzorów zamieszczonych w opisie doświadczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować cele doświadczenia,</li> <li>• wykonywać kolejne czynności wymienione w opisie doświadczenia,</li> <li>• z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• samodzielnie przestudiować opis doświadczenia zamieszczony w podręczniku i precyzyjnie go przedstawić na lekcji,</li> <li>• samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
10. Sprawność urządzeń mechanicznych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, o czym informuje nas wielkość fizyczna zwana sprawnością urządzenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić definicję sprawności urządzenia,</li> <li>• stosować definicję sprawności do rozwiązywania prostych zadań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie wyjaśniające sposób obliczania sprawności równi pochyłej i bloku nieruchomego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie ukazujące sposób obliczania sprawności układu urządzeń,</li> <li>• rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności</li> </ul>
<b>Dział 4. Zjawiska hydrostatyczne</b>				
1. Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję ciśnienia i jego jednostkę,</li> <li>• wyjaśnić pojęcia: ciśnienie atmosferyczne i ciśnienie hydrostatyczne oraz posługiwać się tymi pojęciami,</li> <li>• wskazać, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić i objaśnić wzór informujący, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne,</li> <li>• omówić zastosowania prawa Pascala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polega paradoks hydrostatyczny,</li> <li>• sformułować i objaśnić prawo Pascala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykorzystać i prezentować wiedzę o urządzeniach hydraulicznych i pneumatycznych, pochodzącą z różnych źródeł</li> </ul>
2. Prawo naczyń połączonych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady zastosowania naczyń połączonych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować i objaśnić prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych,</li> <li>• za pomocą naczyń połączonych wyznaczyć nieznaną gęstość cieczy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykorzystywać prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych do rozwiązywania zadań</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
3. Prawo Archimedesesa	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać przykłady zachowania się ciał (np. okrętów, balonów) wynikające z obowiązywania prawa Archimedesesa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sformułować i objaśnić prawo Archimedesesa,</li> <li>na podstawie analizy sił działających na ciało zanurzone w cieczy wnioskować o warunkach pływania i tonięcia ciała w cieczy,</li> <li>rozwiązywać proste zadania z zastosowaniem obliczania siły wyporu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić rozumowanie wyjaśniające, dlaczego zbudowany częściowo z metalu okręt nie tonie,</li> <li>rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe związane z zastosowaniem prawa Archimedesesa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić prawo Archimedesesa na drodze rozumowania,</li> <li>rozwiązywać nietypowe problemy z zastosowaniem prawa Archimedesesa</li> </ul>
4. Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać definicję gęstości ciała i jej jednostkę,</li> <li>opisać poznany w szkole podstawowej sposób doświadczalnego wyznaczania gęstości ciała stałego lub cieczy,</li> <li>mierzyć gęstość cieczy za pomocą areometru</li> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>z pomocą nauczyciela opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy na podstawie prawa Archimedesesa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>samodzielnie opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy, w której wykorzystuje się prawo Archimedesesa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>skorzystać z różnych źródeł i zapoznać się z prawami hydrodynamiki (np. prawem Bernoulliego) oraz omówić ich skutki</li> </ul>

## Dział 5. Niepewności pomiarowe



Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1. Pomiary bezpośrednie. Niepewności pomiarów bezpośrednich	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, czyli prostych,</li> <li>wymienić przykłady pomiarów pośrednich, czyli złożonych,</li> <li>wyjaśnić, w jaki sposób wykonuje się pomiary proste,</li> <li>wyjaśnić na przykładach przyczyny popełniania podczas pomiarów błędów grubych i systematycznych,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego przy pomiarze czasu stoperem przyjmujemy niepewność większą od najmniejszej działki przyrządu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru,</li> <li>zapisać wynik pojedynczego pomiaru wraz z niepewnością pomiarową i objaśnić ten wynik,</li> <li>obliczyć średnią arytmetyczną wyników pomiarów i oszacować jej niepewność,</li> <li>oszacować niepewność względną i procentową</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić najczęściej występujące źródła niepewności pomiarowych,</li> <li>objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu i kiedy możemy przyjąć ją jako niepewność pomiaru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić potrzebę dobrania odpowiednio precyzyjnego przyrządu do określonego pomiaru,</li> <li>wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących</li> </ul>
2–3. Niepewności pomiarów pośrednich i ich szacowanie. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że pomiar jest pośredni, czyli złożony</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>z pomocą nauczyciela oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>samodzielnie oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP,</li> <li>przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dopasować prostą do wyników pomiaru i zinterpretować jej nachylenie,</li> <li>swobodnie operować zdobytą wiedzą na temat niepewności pomiarowych, używając precyzyjnego języka fizyki</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
<b>Dział 6. Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej</b>				
1. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów,</li> <li>podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach</li> </ul>
2. Ruch obrotowy bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić cechy modelu, jakim jest bryła sztywna,</li> <li>podać przykłady ruchu postępowego i obrotowego bryły sztywnej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić i objaśnić związku między wielkościami opisującymi ruch obrotowy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>precyzyjnym językiem fizyki objaśnić analogie między wielkościami kinematycznymi dla ruchu postępowego i obrotowego</li> </ul>
3. Energia kinetyczna bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły wykonującej ruch obrotowy,</li> <li>podać wzór na moment bezwładności punktu materialnego względem wybranej osi obrotu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć energię kinetyczną obracającej się bryły, znając jej szybkość kątową i moment bezwładności względem osi symetrii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na energię kinetyczną obracającej się bryły,</li> <li>zdefiniować moment bezwładności i uzasadnić pogląd, że charakteryzuje on bezwładność bryły,</li> <li>korzystać z twierdzenia Steinera do obliczania momentów bezwładności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stosować definicję momentu bezwładności <math>\sum m_i r_i^2</math> i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
4–6. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprawienia bryły w ruch obrotowy,</li> <li>• na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie wzoru definicyjnego obliczyć wartość momentu siły i podać jego kierunek i zwrot,</li> <li>• podać przykłady ruchów obrotowych jednostajnych i zmiennych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formułować pierwszą i drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego,</li> <li>• podać warunki wykonywania ruchów obrotowych jednostajnie i niejednostajnie zmiennych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że przy obracaniu bryły pracę wykonuje moment siły,</li> <li>• wyprowadzić i objaśnić wzór na moc chwilową w ruchu obrotowym bryły</li> </ul>
7–8. Równowaga bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki równowagi bryły sztywnej,</li> <li>• podać sposoby praktycznego wykorzystania maszyn prostych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie odpowiednich obliczeń wyjaśnić zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloku nieruchomego i ruchomego oraz kołowrotu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić zasadę działania wielokrażka</li> </ul>
9–10. Badanie ruchu ciała o różnych momentach bezwładności	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kąowego bryły sztywnej</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
11–12. Moment pędu bryły sztywnej.	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić moment pędu jako wielkość służącą do opisu ruchu obrotowego, która nie ulega zmianie, gdy wypadkowy moment sił działających na bryłę jest równy zeru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>napisać wzór na moment pędu punktu materialnego poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu,</li> <li>podać kierunek i zwrot momentu pędu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić związek momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii z momentem bezwładności tej bryły,</li> <li>zapisać i objaśnić drugą zasadę dynamiki w postaci <math>\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}</math> i wywnioskować z niej zasadę zachowania momentu pędu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły,</li> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wyrażenia drugiej zasady dynamiki w postaci <math>\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}</math></li> </ul>
13. Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu	<ul style="list-style-type: none"> <li>obserwować ruch układu (człowiek z hantlami na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obserwować ruch układu (człowiek z wirującym kołem na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>za pomocą wahadła Oberbecka wykonać doświadczenie sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy porównywaniu momentów pędu w doświadczeniu sprawdzającym zasadę zachowania momentu pędu układu</li> </ul>
14. Analogie w opisie ruchów postępowego i obrotowego	<ul style="list-style-type: none"> <li>większości dynamicznych wielkości fizycznych służących do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wszystkim dynamicznym wielkościom fizycznym służącym do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego i wyrazić je odpowiednimi wzorami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania typowych zadań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
15–17. Złożenie ruchów postępowego i obrotowego: toczenie	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać toczenie bryły jako złożenie ruchu postępowego względem podłoża i ruchu obrotowego wokół osi symetrii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać zerową prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jako warunek toczenia się bryły bez poślizgu,</li> <li>zastosować zasadę zachowania energii do opisu bryły staczającej się z równi pochyłej bez poślizgu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć wypadkową prędkość punktów leżących na pionowej średnicy bryły toczącej się bez poślizgu,</li> <li>zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać staczanie się bryły po równi pochyłej jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego podczas toczenia bez poślizgu energia mechaniczna bryły jest zachowana</li> </ul>
<b>Dział 7. Pole grawitacyjne</b>				
1. O odkryciach Kopernika i Keplera	<ul style="list-style-type: none"> <li>przedstawić podstawowe założenia heliocentrycznej teorii budowy Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sformułować i objaśnić prawa Keplera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykazać, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu planet obiegających Słońce,</li> <li>korzystać z trzeciego prawa Keplera do rozwiązywania zadań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii</li> </ul>
2. Prawo powszechnej grawitacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzorem i wypowiedzieć prawo powszechnej grawitacji,</li> <li>wymienić ciała, dla których można je stosować w zapisanej postaci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić praktyczne znaczenie bardzo małej wartości stałej grawitacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykazać, że siła grawitacji działająca na ciało o masie <math>m</math> umieszczone na planecie jest wprost proporcjonalna do promienia i gęstości tej planety</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa powszechnej grawitacji Newtona</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
3. Pierwsza prędkość kosmiczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego satelity Ziemi krążą wokół niej z prędkością o nieco mniejszej wartości,</li> <li>• objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej,</li> <li>• obliczyć promień orbity geostacjonarnej i szybkość satelity na tej orbicie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat sposobów wykorzystania satelitów geostacjonarnych</li> </ul>
4–5. Natężenie pola grawitacyjnego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przypomnieć poznane wcześniej pola sił i podać przykłady doświadczeń, w których możemy wykryć ich istnienie,</li> <li>• zilustrować graficznie pole grawitacyjne centralne i jednorodne,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego wytworzonego przez Ziemię?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co nazywamy źródłem pola, a co ciałem próbnym i jakiego ciała próbnego używamy do wykrycia pola grawitacyjnego,</li> <li>• podać definicję natężenia pola grawitacyjnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• określić kierunek i zwrot natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie,</li> <li>• z definicji natężenia pola i prawa powszechnej grawitacji wywnioskować, od czego zależy natężenie w danym punkcie centralnego pola grawitacyjnego,</li> <li>• sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od punktu materialnego i kuli dla <math>r \geq R</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stosować zasadę superpozycji natężeń,</li> <li>• obliczyć wartość siły grawitacji wewnątrz Ziemi,</li> <li>• wyjaśnić różnicę między natężeniem pola grawitacyjnego a przyspieszeniem ziemskim w danym punkcie,</li> <li>• sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od środka kuli</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
6–7. Praca w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić znaczenie wielkości fizycznych występujących we wzorze na pracę siły zewnętrznej, równoważącej siłę grawitacji, przy przemieszczaniu ciała w centralnym polu grawitacyjnym i wywnioskować, że nie zależy ona od kształtu toru, po którym porusza się ciało</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przy założeniu, że pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi jest jednorodne, obliczyć pracę stałej siły równoważącej siłę grawitacji podczas podnoszenia ciała na wysokość <math>h</math> po kilku różnych drogach oraz sformułować wnioski</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że siła jest zachowawcza oraz że pole grawitacyjne jest polem zachowawczym,</li> <li>• podać przykład ciała zmieniającego położenie w polu grawitacyjnym, choć nie działa na nie siła zewnętrzna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym</li> </ul>
8–9. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na przykładzie Ziemi i leżącego na niej ciała opisać zmiany energii potencjalnej tego ciała przy jego oddalaniu się do nieskończoności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić stwierdzenie, że energia potencjalna ciała zmienia się wraz ze zmianą odległości ciała od źródła pola i przyjmuje wartości ujemne,</li> <li>• sporządzić wykres zależności energii potencjalnej ciała w polu centralnym od odległości od źródła pola, którym jest jednorodna kula o promieniu <math>R</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym,</li> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wyrażenia na energię potencjalną ciała w danym punkcie pola</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić stwierdzenie, że w polu zachowawczym zmiana energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia jest jednoznacznie określona,</li> <li>• podać przykład pola niezachowawczego, w którym to stwierdzenie nie jest prawdziwe</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
10. *Potencjał pola grawitacyjnego				<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować potencjał i podać jego jednostkę,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy potencjał pola centralnego?</i>,</li> <li>• narysować wykres <math>V(r)</math> dla jednorodnego i dla centralnego pola grawitacyjnego,</li> <li>• zapisać wzór na pracę w polu grawitacyjnym za pomocą potencjałów</li> </ul>
11. Druga prędkość kosmiczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować pytanie, jakie stawiamy przed przystąpieniem do obliczenia drugiej prędkości kosmicznej</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wzoru na drugą prędkość kosmiczną</li> </ul>
12–13. Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady ciała w stanie przeciążenia, niedociążenia i nieważkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać wpływ przeciążenia na organizm człowieka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, co oznaczają stwierdzenia, że ciało jest w stanach przeciążenia, niedociążenia i nieważkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki, w których występuje stan nieważkości,</li> <li>• wyjaśnić zasadę równoważności (możliwość wytwarzania sztucznej grawitacji)</li> </ul>

Dział 8. Elementy astronomii



Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1. Układ Słoneczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić ciała niebieskie wchodzące w skład Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać główne właściwości Słońca i planet Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>szczegółowo opisać właściwości Słońca, planet i ich księżyców oraz pozostałych ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat najnowszych odkryć dotyczących Układu Słonecznego</li> </ul>
2–3. Jednostki odległości stosowane w astronomii	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować parsek,</li> <li>odszukać informacje o szybkościach sond kosmicznych i obliczać przybliżone czasy dotarcia sondy do planety</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zamieniać jednostki odległości używane w astronomii,</li> <li>wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia</li> </ul>
4. Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić obserwację Drogi Mlecznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat czarnych dziur</li> </ul>
5–6. Prawo Hubble’a i teoria Wielkiego Wybuchu	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać przybliżony wiek Wszechświata,</li> <li>wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać treść prawa Hubble’a,</li> <li>zapisać wzorem prawo Hubble’a i objaśnić występujące w nim wielkości fizyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć wiek Wszechświata,</li> <li>opisać ewolucję Wszechświata,</li> <li>wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata na modelu balonika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić i objaśnić główne fakty obserwacyjne uzasadniające słuszność teorii Wielkiego Wybuchu,</li> <li>wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
<b>Dział 9. Ruch drgający harmoniczny</b>				
1. Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozróżnić zjawiska sprężyste i plastyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić przemianę energii podczas odkształceń sprężystych</li> </ul>
2–3. Ruch drgający harmoniczny. Badanie wydłużenia sprężyny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić i opisać cechy ruchu drgającego harmonicznego,</li> <li>• zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić i zdefiniować wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny,</li> <li>• zapisać i objaśnić związek siły sprężystości z wychyleniem ciała z położenia równowagi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać sens fizyczny współczynnika sprężystości sprężyny,</li> <li>• wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
<p>4–6. Matematyczny opis ruchu harmonicznego. Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać model, którym posługujemy się do matematycznego opisu ruchu harmonicznego,</li> <li>zapisać wzór na okres drgań harmonicznym i przekształcać go w celu obliczenia każdej z występujących w nim wielkości,</li> <li>aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu wzdłuż osi <math>x</math> zwróconej pionowo w górę,</li> <li>sporządzić i zinterpretować wykresy zależności <math>x(t)</math>, <math>v_x(t)</math> i <math>a_x(t)</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić wzory na współrzędne <math>x</math>, <math>v_x</math>, <math>a_x</math> i <math>F_x</math> w przypadkach, w których mierzenie czasu rozpoczynamy przy przechodzeniu ciała przez położenie równowagi oraz w chwili maksymalnego wychylenia,</li> <li>zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na podstawie obserwacji i obliczeń sformułować wniosek dotyczący ruchu rzutu na oś <math>x</math> punktu poruszającego się po okręgu,</li> <li>obliczać współrzędne <math>x</math>, <math>v_x</math>, <math>a_x</math> i <math>F_x</math> przy dowolnej fazie początkowej,</li> <li>wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym</li> </ul>
<p>7. Energia w ruchu harmonicznym</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną sprężystości i na energię całkowitą ciała wykonującego ruch harmoniczny,</li> <li>omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na podstawie wykresu <math>F_x(x)</math> wyprowadzić wzór na energię potencjalną sprężystości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na całkowitą energię ciała wykonującego ruch harmoniczny i wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej w tym ruchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzać wykresy zależności <math>E_p(x)</math>, <math>E_k(x)</math> oraz <math>E_p(t)</math> i <math>E_k(t)</math>,</li> <li>rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
8–10. Wahadło matematyczne. Zademonstrowanie niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy. Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,</li> <li>zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła jest ruchem harmonicznym,</li> <li>wyjaśnić, na czym polega izochronizm wahadła,</li> <li>wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,</li> <li>samodzielnie opracować sposób sprawdzenia zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie</li> </ul>
11. Drgania wymuszone i rezonansowe. Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, kiedy występuje i na czym polega zjawisko rezonansu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić znaczenie pojęć: drgania swobodne i częstotliwość drgań własnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić pojęcie „częstotliwość rezonansowa”</li> </ul>
<b>Dział 10. Zjawiska termodynamiczne</b>				
1. Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki. Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co rozumiemy pod pojęciem „stan równowagi termodynamicznej”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice, i przypisać każdej odpowiedni symbol,</li> <li>badać proces wyrównywania temperatury ciał i posługiwać się bilansem cieplnym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
2. Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić wielkości fizyczne, od których zależy ciśnienie gazu w zamkniętym naczyniu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić warunki, jakie powinien spełniać gaz doskonały</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego i objaśnić występujące w nim wielkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przekształcić wzór podstawowy do postaci wiążących ciśnienie z masą lub gęstością gazu i objaśnić występujące w nim wielkości</li> </ul>
3. Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina,</li> <li>zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić stwierdzenie, że równość temperatur dwóch gazów oznacza równość średnich energii ruchu postępowego cząsteczek obu gazów,</li> <li>zapisać związek temperatury gazu w skali Kelvina ze średnią energią kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek tego gazu,</li> <li>zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przekształcić wzór podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć stałą gazową <math>R</math> i przekształcić równanie stanu gazu doskonałego do postaci równania Clapeyrona,</li> <li>wyrazić średnią energię ruchu postępowego cząsteczek gazu poprzez stałą Boltzmana i temperaturę w skali bezwzględnej</li> </ul>
4–6. Szczególne przemiany gazu doskonałego	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć, zapisać wzorem i objaśnić prawo Boyle'a, Charles'a i Gay-Lussaca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że proces jest kwazistatyczny,</li> <li>sporządzać wykresy zależności <math>p(V)</math> przy stałej temperaturze gazu, <math>p(T)</math> przy stałej objętości gazu i <math>V(T)</math> przy stałym ciśnieniu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>skorzystać z równania Clapeyrona i wyprowadzić prawo Boyle'a, prawo Charles'a i prawo Gay-Lussaca</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
7. Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić rodzaje energii cząsteczek gazu,</li> <li>wyjaśnić pojęcie „energia wewnętrzna ciała”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić fakt, że cząsteczki gazu doskonałego mają tylko energię kinetyczną wszystkich rodzajów ruchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić pojęcie „stopień swobody”,</li> <li>wytłumaczyć zasadę ekwipartycji energii i zapisać wzór na całkowitą energię kinetyczną cząsteczki, która ma <math>i</math> stopni swobody,</li> <li>skorzystać z zasady ekwipartycji energii i zapisać oraz skomentować wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego o stałej masie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów jednoatomowych mają trzy stopnie swobody</li> </ul>
8. Pierwsza zasada termodynamiki	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić sposoby dokonywania zmiany energii wewnętrznej ciała i podać przykłady takich zmian z codziennego życia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co rozumiemy przez dostarczanie ciała ciepła,</li> <li>wypowiedzieć i zapisać wzorem pierwszą zasadę termodynamiki oraz przedyskutować znaki <math>Q</math> i <math>W</math> w różnych procesach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć pracę objętościową wykonaną przez siłę zewnętrzną przy zmniejszaniu objętości gazu,</li> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że zarówno wykonana praca, jak i wymienione ciepło są funkcją procesu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>udowodnić, że w dowolnej przemianie gazu wartość bezwzględnej pracy objętościowej można obliczyć tak jak pole powierzchni figury zawartej pod wykresem <math>p(V)</math> dla tej przemiany</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
9–10. Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać przemianę adiabatyczną gazu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i adiabatycznej oraz przedyskutować znaki wielkości fizycznych dla różnych przypadków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany izobarycznej i przedyskutować znaki <math>W</math> i <math>Q</math> dla różnych przypadków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzić wykresy zależności <math>p(V)</math> dla przemian izotermicznej i adiabatycznej,</li> <li>wytłumaczyć różnicę w kształcie izobar i adiabat</li> </ul>
11. Ciepło właściwe i ciepło molowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem molowym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzory na ciepło wymienione z otoczeniem za pomocą wielkości fizycznych: ciepło właściwe i ciepło molowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i skomentować związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem</li> </ul>
12. Energia wewnętrzna jako funkcja stanu		<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie izochorycznej i stwierdzić, że wzór ten stosuje się w dowolnej przemianie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu i wywnioskować na tej podstawie, że zmiana energii wewnętrznej w dowolnej przemianie gazu doskonałego zachodzącej między stanami A i B jest równa zmianie energii wewnętrznej dla przemiany izochorycznej zachodzącej między tymi stanami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
13–15. Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stwierdzić, że zamiana części dostarczonego ciepła na pracę jest podstawą działania silnika cieplnego,</li> <li>• opisać kolejne fazy pracy silnika spalinowego czterosuwowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykład sytuacji, w której dostarczenie ciepła skutkuje jednorazowym wykonaniem pracy,</li> <li>• wyjaśnić ideę Carnota i zdefiniować sprawność silnika,</li> <li>• opisać zasadę działania chłodziarek i pomp cieplnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać i objaśnić cykl Carnota i działanie idealnego silnika cieplnego,</li> <li>• zapisać i skomentować wzór na pracę wykonaną przez silnik cieplny,</li> <li>• sformułować drugą zasadę termodynamiki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać procesy odwracalne (w tym proces kwazistatyczny) oraz procesy nieodwracalne,</li> <li>• sporządzić wykres cyklu odwrótnego do cyklu Carnota,</li> <li>• zdefiniować skuteczność chłodzenia</li> </ul>
16. Fluktuacje. Wzmianka o entropii	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie</li> </ul>
17–20. Przejścia fazowe. Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej. Wyznaczanie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać fazy, w których może występować ta sama substancja,</li> <li>• opisać zjawiska topnienia i parowania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję ciepła topnienia i ciepła parowania,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia zewnętrznego,</li> <li>• zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania,</li> <li>• wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu</li> </ul>



Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
21. Para nasycona i para nienasycona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para nasycona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wytłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z cieczą, z której powstała,</li> <li>• podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki, przy spełnieniu których do pary nienasyconej można stosować prawa gazowe,</li> <li>• podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić wykres zależności ciśnienia pary nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny”</li> </ul>
22. Rozszerzalność temperaturowa ciał. Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpowiedzieć na pytanie: <i>Co nazywamy bezwzględnym, a co względnym przyrostem objętości?</i>,</li> <li>• podać sens fizyczny współczynnika rozszerzalności objętościowej i liniowej,</li> <li>• podać przykład sytuacji z codziennego życia, w której musimy uwzględnić zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzór definicyjny współczynnika rozszerzalności objętościowej,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie, od czego zależy, współczynnik rozszerzalności objętościowej,</li> <li>• zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał stałych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• porównać współczynniki rozszerzalności objętościowej ciał stałych, cieczy i gazów,</li> <li>• opisać zjawisko anomalnej rozszerzalności wody</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że współczynnik rozszerzalności objętościowej ciał stałych jest w przybliżeniu trzykrotnie większy od współczynnika rozszerzalności liniowej,</li> <li>• obliczyć wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej gazów doskonałych</li> </ul>
23. *Transport energii przez przewodnictwo i konwekcję				<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polega transport energii przez przewodnictwo cieplne i przez konwekcję,</li> <li>• objaśnić wzór na szybkość przekazu ciepła w płęcie</li> </ul>

Dział 11. Pole elektrostatyczne

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1–2. Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych. Prawo Coulomba.	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne,</li> <li>wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej,</li> <li>zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać wartość liczbową ładunku elementarnego,</li> <li>wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący</li> </ul>
3–4. Natężenie pola elektrostatycznego. Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać, w jaki sposób za pomocą metalowej, naelektryzowanej kuleczki można zbadać, czy w przestrzeni istnieje pole elektrostatyczne,</li> <li>wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać definicję natężenia pola elektrostatycznego,</li> <li>przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,</li> <li>graficznie, za pomocą linii pola, przedstawić pole elektrostatyczne centralne i jednorodne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól,</li> <li>wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone przez dipol</li> </ul>
5. Naelektryzowany przewodnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać doświadczenie z klatką Faradaya,</li> <li>opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować gęstość powierzchniową ładunku,</li> <li>opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzić wykres <math>E(r)</math> dla naelektryzowanego przewodnika kulistego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest prostopadłe do tej powierzchni</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
6. Przewodnik w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zero</li> </ul>
7–10. Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie, i porównać z wielkościami, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy potencjał centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, oraz jednostkę, w której go wyrażamy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego,</li> <li>• podać definicję potencjału pola elektrostatycznego,</li> <li>• wyjaśnić, co mamy na myśli mówiąc, że natężenie pola i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne w danym punkcie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na energię potencjalną ładunku w grawitacyjnym i elektrostatycznym polu centralnym,</li> <li>• zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ładunku i wywnioskować jej zmiany podczas oddalania się ładunku od punktowego źródła pola elektrostatycznego i podczas zbliżania się ładunku do tego źródła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić wykresy zależności <math>E_p(r)</math> dla ładunków jedno- i różnoimiennych,</li> <li>• sporządzić i objaśnić wykresy zależności <math>V(r)</math> dla dodatniego i ujemnego źródła centralnego pola elektrostatycznego,</li> <li>• stosować zasadę superpozycji dla potencjałów,</li> <li>• wyprowadzić wzór na pracę w polu elektrostatycznym wyrażony poprzez różnicę potencjałów i udowodnić, że stosuje się dla każdego pola elektrostatycznego</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
11. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować,</li> <li>nazwać stały dla danego przewodnika iloraz <math>Q/V</math> i podać jego jednostkę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać jej sens fizyczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika</li> </ul>
12–13. Kondensator	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać budowę kondensatora płaskiego,</li> <li>wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać definicję kondensatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi</li> </ul>
14. Dielektryk w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić cechy dielektryka,</li> <li>wymienić kilka różnych dielektryków,</li> <li>opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi,</li> <li>zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka</li> </ul>
15. Energia naładowanego kondensatora. Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora,</li> <li>zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
16. Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach:  <math>\vec{v}_0 = \vec{0}</math>, <math>\vec{v}_0 \parallel \vec{E}</math>, <math>\vec{v}_0 \perp \vec{E}</math>, gdzie <math>\vec{v}_0</math> to prędkość początkowa cząstki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
-----------------------	---	--	---	--

## Dział 12. Prąd stały i modele przewodnictwa

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1–2. Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Zademonstrowanie pierwszego prawa Kirchhoffa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, co to znaczy, że w przewodniku płynie prąd elektryczny,</li> <li>• posługiwać się pojęciami natężenia prądu elektrycznego i napięcia elektrycznego wraz z ich jednostkami,</li> <li>• podać nazwy przyrządów do pomiaru natężenia prądu i napięcia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować natężenie prądu i jego jednostkę,</li> <li>• posługiwać się pojęciem napięcia elektrycznego i jego jednostką,</li> <li>• podać treść I prawa Kirchhoffa,</li> <li>• stosować w zadaniach I prawo Kirchhoffa,</li> <li>• zademonstrować I prawo Kirchhoffa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zinterpretować I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku,</li> <li>• dodawać napięcia w układzie ogniw połączonych szeregowo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić mikroskopowy model przepływu prądu w metalach,</li> <li>• skorzystać z tekstów dotyczących odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki i przygotować prezentację o początkach prac nad prądem elektrycznym</li> </ul>
3–7. Badanie zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunek konieczny do przepływu prądu elektrycznego przez przewodnik,</li> <li>• zapisać wzór definicyjny oporu przewodnika i objaśnić wielkości występujące w tym wzorze,</li> <li>• podać jednostkę oporu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przypomnieć pojęcie napięcia i jego jednostkę,</li> <li>• wyjaśnić, co nazywamy charakterystyką prądowo-napięciową,</li> <li>• wypowiedzieć i objaśnić prawo Ohma,</li> <li>• narysować charakterystykę prądowo-napięciową przewodnika podlegającego i niepodlegającego prawu Ohma,</li> <li>• opisać wpływ zmian temperatury na opór przewodnika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odczytać z charakterystyki przewodnika jego opór,</li> <li>• sporządzić doświadczalnie charakterystyki prądowo-napięciowe żarówki i kilku przewodników,</li> <li>• zdefiniować jednostkę oporu i podać jej wielokrotności,</li> <li>• dodawać napięcia w układzie ogniw połączonych szeregowo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizować niepewności pomiarowe i wnioskować o proporcjonalności <math>I \sim U</math>,</li> <li>• podać sens fizyczny oporu,</li> <li>• wyjaśnić zasadę działania termometru oporowego,</li> <li>• wykreślić przybliżony kształt charakterystyki prądowo-napięciowej termistora</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
8–9. Łączenie szeregowo i równoległe odbiorników	<ul style="list-style-type: none"> <li>• narysować schemat obwodu, w którym odbiorniki są połączone szeregowo lub równoległe,</li> <li>• objaśnić schemat domowej instalacji elektrycznej,</li> <li>• wyjaśnić funkcje bezpieczników i przewodu ochronnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• połączyć szeregowo kilka oporników,</li> <li>• połączyć równoległe kilka oporników i do tego układu zastosować I prawo Kirchhoffa,</li> <li>• obliczać opór zastępczy kilku oporników połączonych szeregowo lub równoległe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać rozkład napięć i natężeń prądu w połączeniach szeregowym lub równoległym oporników,</li> <li>• wyprowadzić wzór na opór zastępczy kilku oporników połączonych szeregowo lub równoległe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• upraszczać schemat obwodu składającego się z oporników połączonych w sposób mieszany,</li> <li>• wyjaśnić ograniczenia metody pomiaru oporu za pomocą amperomierza i woltomierza</li> </ul>
10. Zależność oporu od długości i przekroju poprzecznego przewodnika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć opór przewodnika, gdy znane są jego opór właściwy i wymiary geometryczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizować zależność oporu od wymiarów przewodnika,</li> <li>• posługiwać się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zbadać doświadczalnie zależność oporu przewodnika od jego długości i przekroju poprzecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zaplanować i wykonać doświadczenie, w którym wyznacza się opór właściwy przewodnika,</li> <li>• podać sens fizyczny oporu właściwego i przewodnictwa właściwego</li> </ul>
11–12. Praca i moc prądu elektrycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciami pracy i mocy prądu, objaśnić wielkości występujące we wzorach oraz podać jednostki pracy i mocy prądu,</li> <li>• odczytać i zinterpretować moc znamionową odbiornika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić wzór na ciepło Joule'a,</li> <li>• wykorzystać dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać przemiany energii w biernych i czynnych elementach obwodu,</li> <li>• opisać budowę wkładki topikowej i wyjaśnić jej rolę w obwodzie prądu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie pokazujące, jak zwiększanie liczby włączonych odbiorników, wpływa na wzrost natężenia prądu w sieci miejskiej</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
13–15. Siła elektromotoryczna. Prawo Ohma dla całego obwodu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzorem definicję wolta i objaśnić występujące w niej jednostki wielkości fizycznych,</li> <li>• zapisać prawo Ohma dla całego obwodu i nazwać występujące w nim wielkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazać, że przemieszczanie się ładunku między biegunami ogniwa galwanicznego jest skutkiem przemian chemicznych w ogniwie,</li> <li>• wskazać w prawie Ohma dla całego obwodu wielkości charakteryzujące ogniwo i stałe dla danego ogniwa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazać, że praca wykonana w ogniwie jest wprost proporcjonalna do przemieszczonego ładunku,</li> <li>• zdefiniować siłę elektromotoryczną ogniwa,</li> <li>• opisać przemiany energetyczne w obwodzie zawierającym tylko elementy bierne i wyprowadzić wzór wyrażający prawo Ohma dla tego przypadku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić zasadę działania ogniwa galwanicznego,</li> <li>• podać sens fizyczny ilorazu <math>\frac{W}{\Delta q}</math>,</li> <li>• opisać przemiany energetyczne w obwodzie, gdy ogniwo posiada opór elektryczny (opór wewnętrzny), i wyprowadzić wzór wyrażający prawo Ohma dla całego obwodu,</li> <li>• zbadać i omówić zależność natężenia prądu w obwodzie od oporu zewnętrznego</li> </ul>
16. Co wskazuje woltomierz dołączony do źródła siły elektromotorycznej?		<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzór wyrażający zależność <math>U(I)</math> dla obwodu zamkniętego i nazwać występujące w nim wielkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić schemat obwodu, na którym woltomierz wskazuje napięcie między biegunami źródła,</li> <li>• dokonać zmiany w schemacie tak, by woltomierz wskazywał siłę elektromotoryczną źródła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyznaczyć siłę elektromotoryczną i opór wewnętrzny baterii płaskiej na podstawie dopasowania prostej do danych na wykresie <math>U(I)</math> oraz interpretacji nachylenia tej prostej i punktów przecięcia z osiami</li> </ul>



Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
17–19. Wzrosty i spadki potencjału. Drugie prawo Kirchhoffa. Przykłady stosowania drugiego prawa Kirchhoffa		<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i objaśnić II prawo Kirchhoffa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>skorzystać z umowy i zapisać II prawo Kirchhoffa dla oczka sieci zawierającego oporniki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać II prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego akumulator i obliczyć moc dostarczaną przez zasilacz,</li> <li>stosować prawa Kirchhoffa do obliczeń w obwodach zawierających baterie ogniw o różnych siłach elektromotorycznych,</li> <li>obliczać opór zastępczy na podstawie prawa Ohma i praw Kirchhoffa</li> </ul>
20. Modele przewodnictwa ciał stałych: przewodników i półprzewodników	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać przykład przewodnika, izolatora i półprzewodnika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać ruch nośników ładunku w metalach i półprzewodnikach,</li> <li>rozdzielić przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać wpływ domieszek na przewodnictwo półprzewodników,</li> <li>opisać zjawisko nadprzewodnictwa niektórych metali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić rozumowanie, w wyniku którego otrzymujemy związek między natężeniem prądu a szybkością i liczbą nośników ładunku w przewodniku</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
21–22. Dioda półprzewodnikowa (złącze n-p). Tranzystor	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać funkcję diody półprzewodnikowej w obwodzie,</li> <li>wskazać funkcję tranzystora w obwodzie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozdzielić półprzewodniki typu p i typu n,</li> <li>wyjaśnić ogólną zasadę działania diody i tranzystora,</li> <li>wymienić kilka rodzajów tranzystorów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać budowę i działanie złącza n-p,</li> <li>naszkicować i opisać charakterystykę prądowo-napięciową diody półprzewodnikowej,</li> <li>wyjaśnić zasadę działania tranzystora,</li> <li>podać zakres wartości współczynnika wzmocnienia prądowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zademonstrować rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródeł światła</li> </ul>
23. Przewodnictwo elektryczne cieczy i gazów	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać nośniki ładunku w cieczach i gazach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić i omówić sposoby jonizowania gazów,</li> <li>wskazać rolę promieniowania, wysokiej temperatury i dużego natężenia pola,</li> <li>wyjaśnić zjawisko termoemisji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na prędkość jonów w elektrolicie i zinterpretować ten wzór,</li> <li>opisać zmiany przewodnictwa gazu ze wzrostem napięcia między elektrodami,</li> <li>wyjaśnić pojęcie prądu nasycenia i opisać sposób zwiększania jego natężenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na opór właściwy elektrolitów,</li> <li>wyjaśnić różnicę między przewodnictwem samoistnym a niesamoistnym gazów,</li> <li>skorzystać z tekstów dotyczących historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki i opisać doświadczenie Thomsona oraz odkrycie elektronu</li> </ul>

### Dział 13. Pole magnetyczne

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1–2. Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać wzajemne oddziaływania magnesów trwałych,</li> <li>udowodnić doświadczalnie, że w pobliżu magnesu trwałego istnieje pole magnetyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rysować linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych,</li> <li>określić zwrot linii pola magnetycznego wytworzonego przez magnesy trwałe,</li> <li>opisać doświadczenie dowodzące, że bieguny magnetyczne zawsze występują parami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>posługiwać się pojęciami dipoli i monopoli magnetycznych,</li> <li>opisać pole magnetyczne Ziemi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub tekstów z historii fizyki i przygotować prezentację na temat badań nad magnetyzmem ziemskim</li> </ul>
3–4. Przewodnik z prądem w polu magnetycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykonać doświadczenie Ørsteda,</li> <li>zaobserwować, że na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym działa siła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić wnioski z przeprowadzonych obserwacji,</li> <li>wymienić cechy siły elektrodynamicznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znajdować siłę elektrodynamiczną, w przypadku gdy przewodnik z prądem jest prostopadły lub równoległy do linii pola magnetycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub historycznych i przygotować prezentację na temat znaczenia doświadczenia Ørsteda</li> </ul>
5. Wektor indukcji magnetycznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić wielkości, od których zależy wartość siły elektrodynamicznej działającej na przewodnik z prądem w polu magnetycznym,</li> <li>zapisać wzorem definicję wartości indukcji magnetycznej,</li> <li>podać jednostkę indukcji magnetycznej,</li> <li>wskazać zwrot indukcji magnetycznej jednorodnego pola magnetycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać takie położenia przewodnika z prądem w polu magnetycznym, w których na ten przewodnik: 1) nie działa siła elektrodynamiczna, 2) działa siła elektrodynamiczna o maksymalnej wartości,</li> <li>wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej,</li> <li>stosować regułę lewej dłoni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wektorowo wzór na siłę elektrodynamiczną i omówić wnioski wynikające z tego wzoru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że indukcja magnetyczna jest pseudowektorem</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
6–8. Naładowana cząstka w polu magnetycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość siły Lorentza?</i>,</li> <li>• stosować wzór na wartość siły Lorentza dla przypadku <math>\vec{B} \perp \vec{v}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że siła Lorentza nie wykonuje pracy,</li> <li>• zapisać wzorem i wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej,</li> <li>• podać przykłady zastosowania cyklotronu,</li> <li>• omówić rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że jeśli prędkość naładowanej cząstki jest prostopadła do linii pola magnetycznego, to cząstka porusza się po okręgu ze stałą szybkością,</li> <li>• obliczyć okres obiegu i promień okręgu, po którym porusza się naładowana cząstka w polu magnetycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić budowę i zasadę działania cyklotronu,</li> <li>• opisać tor naładowanej cząstki, której prędkość tworzy z liniami pola dowolny kąt <math>\alpha</math>,</li> <li>• przedyskutować ruch naładowanych cząstek w skrzyżowanych polach: elektrycznym i magnetycznym,</li> <li>• omówić powstawanie zjawiska zorzy polarnej</li> </ul>
9–11. Pole magnetyczne przewodników, przez które płynie prąd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• naszkicować linie pól magnetycznych prostoliniowego przewodnika z prądem oraz zwojnicy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzorami wartości indukcji magnetycznej pól wytworzonych w próżni przez bardzo długi prostoliniowy przewodnik oraz we wnętrzu długiej zwojnicy,</li> <li>• stosować regułę prawej dłoni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie przenikalności magnetycznej próżni i podać jej wymiar,</li> <li>• podać wartość, kierunek i zwrot indukcji magnetycznej pola wytworzonego przez pojedynczy zwój</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stosować do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu w prostoliniowym przewodniku i długiej zwojnicy,</li> <li>• stosować zasadę superpozycji dla pól magnetycznych przewodników z prądem</li> </ul>
12. Wzajemne oddziaływanie przewodników z prądem		<ul style="list-style-type: none"> <li>• zaobserwować i opisać wzajemne oddziaływanie dwóch równoległych przewodników z prądem,</li> <li>• posługiwać się definicją ampera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zinterpretować wzory wyrażające siły wzajemnego oddziaływania przewodników,</li> <li>• podać definicję ampera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na wartość siły wzajemnego oddziaływania dwóch długich, równoległych przewodników z prądem</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
13. Silnik elektryczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać silnik elektryczny jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii elektrycznej na mechaniczną,</li> <li>wymienić zastosowania silnika elektrycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać budowę modelu silnika elektrycznego,</li> <li>narysować siły działające na ramkę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na przykładzie omówić zasadę działania silnika elektrycznego na prąd stały</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na podstawie samodzielnie odszukanych informacji z historii odkryć w fizyce i technice oraz tekstów popularnonaukowych przygotować prezentację na temat silników elektrycznych</li> </ul>
14–15. Właściwości magnetyczne substancji	<ul style="list-style-type: none"> <li>zademonstrować właściwość ferromagnetyka odróżniającą go od innych substancji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać właściwości i zastosowania ferromagnetyków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać pole magnetyczne wewnątrz zwojnicy po umieszczeniu w jej wnętrzu rdzenia z ferromagnetyka lub paramagnetyka,</li> <li>obliczać wartość indukcji magnetycznej we wnętrzu zwojnicy z rdzeniem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować względną przenikalność magnetyczną substancji,</li> <li>rozdzielić substancje ze względu na wartość względnej przenikalności magnetycznej,</li> <li>omówić proces magnesowania i rozmagnesowania ferromagnetyka na podstawie pętli histerezy</li> </ul>
<b>Dział 14: Indukcja elektromagnetyczna</b>				
1–3. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>zademonstrować przynajmniej jeden sposób wzbudzenia prądu indukcyjnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać sposoby wzbudzenia prądu indukcyjnego przez zmianę indukcji magnetycznej w nieruchomym obwodzie i odpowiednio poruszającym się obwodzie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować strumień magnetyczny i jego jednostkę,</li> <li>podać ogólny warunek wzbudzenia prądu indukcyjnego w zamkniętym obwodzie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na podstawie tekstów dotyczących historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki przygotować prezentację na temat odkrycia przez Faradaya zjawiska indukcji elektromagnetycznej</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
4–5. Siła elektromotoryczna indukcji	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać siły działające na elektron w pręcie poruszającym się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola,</li> <li>zapisać i objaśnić wzór wyrażający prawo Faradaya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać sposób obliczania napięcia między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola,</li> <li>sformułować prawo indukcji Faradaya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na napięcie między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola,</li> <li>na podstawie prawa Faradaya sformułować warunek, przy spełnieniu którego SEM indukcji ma stałą wartość,</li> <li>obliczać siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia indukcji magnetycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na SEM indukcji,</li> <li>przeprowadzić analizę znaku SEM indukcji,</li> <li>sporządzać i interpretować wykresy <math>\Phi(t)</math>, <math>\mathcal{E}(t)</math> oraz <math>I(t)</math></li> </ul>
6–7. Reguła Lenza	<ul style="list-style-type: none"> <li>zastosować regułę Lenza na wybranym przykładzie,</li> <li>wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska indukcji elektromagnetycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sformułować regułę Lenza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić regułę Lenza jako konsekwencję zasady zachowania energii,</li> <li>stosować regułę Lenza w prostych przykładach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stosować regułę Lenza w skomplikowanych przykładach</li> </ul>
8–9. Zjawisko samoindukcji	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać przykład występowania zjawiska samoindukcji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić, na czym polega zjawisko samoindukcji,</li> <li>wymienić wielkości fizyczne, od których zależy indukcyjność zwojnicy, i podać jednostkę indukcyjności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i zinterpretować wzór na SEM samoindukcji,</li> <li>uzasadnić kształt wykresu <math>I(t)</math> podczas zamykania i otwierania obwodu prądu stałego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na SEM samoindukcji i przeprowadzić analizę jej znaku</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
10–13. Prąd zmienny	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać prądnicę jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii mechanicznej na energię elektryczną,</li> <li>nazwać prąd powstający w prądniczy i zdefiniować jego okres, częstotliwość i fazę,</li> <li>podać wartość liczbowa napięcia skutecznego w sieci miejskiej w Polsce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać działanie prądniczy na przykładzie modelu,</li> <li>zapisać wzorem i przedstawić na wykresie zależność SEM indukowanej w prądniczy od czasu,</li> <li>wyjaśnić sens fizyczny natężenia i napięcia skutecznego i zapisać te wielkości wzorami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeanalizować zmiany strumienia magnetycznego obejmowanego przez ramkę w modelu prądniczy,</li> <li>zapisać wzorami napięcie chwilowe, natężenie chwilowe i moc chwilową prądu przemiennego,</li> <li>zdefiniować i zapisać wzorem moc skuteczną</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzać wykresy <math>\Phi(t)</math> i <math>\varepsilon(t)</math> oraz analizować ich przebieg,</li> <li>przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu przemiennego,</li> <li>wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu zmiennego na podstawie wykresu <math>I(t)</math></li> </ul>
14–15. Transformator	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić funkcję, którą spełnia w sieci transformator,</li> <li>opisać budowę transformatora,</li> <li>rozpoznać wyłącznik różnicowy i posłużyć się nim</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić zasadę działania transformatora,</li> <li>zdefiniować przekładnię transformatora,</li> <li>zapisać i objaśnić związek ilorazu napięć skutecznych w uzwojeniach pierwotnym i wtórnym z przekładnią</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znaleźć związek między natężeniami prądu w uzwojeniach transformatora,</li> <li>wykazać efektywność przesyłania prądu pod wysokim napięciem,</li> <li>obliczać straty energii w linii przesyłowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na przekładnię idealnego transformatora,</li> <li>wyjaśnić działanie wyłącznika różnicowego</li> </ul>
16. Zastosowanie diody i tranzystora	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić kilka powszechnie używanych urządzeń, w których znajdują się elementy półprzewodnikowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zademonstrować diodę jako źródło światła,</li> <li>wymienić przykład urządzenia, w którym zastosowano tranzystor jako element wzmacniający</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać zasadę działania prostownika jedno- i dwupołówkowego,</li> <li>narysować schemat i omówić działanie prostego wzmacniacza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację, wymagającą pogłębionej wiedzy o budowie i działaniu wybranego urządzenia zawierającego elementy półprzewodnikowe</li> </ul>

## Dział 15. Optyka geometryczna

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1. Zjawisko odbicia i załamania światła	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać promień świetlny jako wąską wiązkę światła,</li> <li>• przedstawić schematycznie zjawisko odbicia i wskazać promień padający na powierzchnię, promień odbity i normalną,</li> <li>• przedstawić schematycznie zjawisko załamania światła i wskazać promień załamany,</li> <li>• rozróżnić odbicie i rozpraszanie światła,</li> <li>• wymienić zjawiska powstające na skutek rozpraszania światła w atmosferze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przypomnieć (klasa 8) pojęcia długości fali i częstotliwości,</li> <li>• wyjaśnić zasadę działania światła odbłaskowych,</li> <li>• wypowiedzieć prawo odbicia i stosować je w różnych przykładach,</li> <li>• zapisać wzorem i objaśnić prawo załamania oraz stosować je w różnych przykładach,</li> <li>• zademonstrować zjawisko rozpraszania światła w ośrodku,</li> <li>• podać przykład występowania zjawiska mirażu dolnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przybliżony zakres długości i częstotliwości fal świetlnych,</li> <li>• zdefiniować bezwzględny i względny współczynnik załamania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• porównać rzędy wielkości obiektów, z którymi się stykamy, z długościami fal światła widzialnego,</li> <li>• wyjaśnić zjawiska atmosferyczne, których przyczyną jest rozpraszanie światła w ośrodku,</li> <li>• objaśnić, na czym polega zjawisko mirażu dolnego</li> </ul>
2–4. Całkowite wewnętrzne odbicie. Wyznaczenie współczynnika załamania światła za pomocą pomiaru kąta granicznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia jako przypadek, gdy światło padające na granicę dwóch ośrodków nie przechodzi do drugiego ośrodka,</li> <li>• wskazać światłowody jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• za pomocą rysunku objaśnić zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i zdefiniować kąt graniczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić prawo załamania dla przypadku granicznego,</li> <li>• wyznaczyć wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat wykorzystania światłowodów,</li> <li>• przeprowadzić analizę niepewności współczynnika załamania wyznaczonego doświadczalnie</li> </ul>



Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
5–6. Zwierciadła	<ul style="list-style-type: none"> <li>naszkicować konstrukcję obrazu punktowego źródła światła w zwierciadle płaskim,</li> <li>naszkicować zwierciadło kuliste wklęsłe i opisać jego cechy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>konstruować obrazy przedmiotu w zwierciadłach płaskich i kulistych oraz wymieniać ich cechy,</li> <li>posługiwać się pojęciem powiększenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać definicję powiększenia,</li> <li>wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od zwierciadła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykazać zależność ogniskowej zwierciadła kulistego od kąta padania światła,</li> <li>wyprowadzić równanie zwierciadła i je zinterpretować,</li> <li>przedstawić zależność <math>y(x)</math> za pomocą wykresu i przeanalizować ten wykres</li> </ul>
7–8. Odchylenie promienia świetlnego w pryzmacie. Rozszczepienie światła	<ul style="list-style-type: none"> <li>zademonstrować powstawanie widma ciągłego światła białego i wymienić główne barwy,</li> <li>opisać widmo światła białego jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>naszkicować przejście wiązki światła przez pryzmat i zaznaczyć kąt odchylenia wiązki,</li> <li>podać przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie związanych z rozszczepieniem światła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić związek między bezwzględnymi współczynnikami załamania i długościami fali świetlnej w obu ośrodkach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na kąt odchylenia w pryzmacie i go zinterpretować,</li> <li>opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną,</li> <li>przygotować prezentację na temat zjawisk optycznych w przyrodzie</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
9–12. Soczewki. Badanie zależności położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu. Wyznaczanie ogniskowej soczewki	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konstruować obrazy w soczewce wypukłej dla różnych odległości przedmiotu od soczewki i podać cechy tych obrazów,</li> <li>• przedstawić schematycznie powstawanie obrazu w soczewce wklęsłej i podać cechy tego obrazu,</li> <li>• zdefiniować zdolność skupiającą soczewki i podać jej jednostkę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nazwać soczewki o różnych kształtach,</li> <li>• zdefiniować zdolność skupiającą układu soczewek,</li> <li>• wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od soczewki,</li> <li>• stosować do obliczeń wzór soczewkowy i równanie soczewki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić równanie soczewki,</li> <li>• doświadczalnie zbadać zależność położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu,</li> <li>• wyznaczyć ogniskową soczewki skupiającej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór soczewkowy i go zinterpretować,</li> <li>• sporządzić wykres zależności <math>y(x)</math> dla soczewki skupiającej i go zinterpretować,</li> <li>• wyznaczyć ogniskową soczewki rozpraszającej</li> </ul>
13. Lupa i oko. Wady wzroku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać znak zdolności skupiającej soczewek używanych przez krótkowidzów i dalekowidzów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić zasadę działania lupy, narysować obraz otrzymywany w lupie,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega dalekowzroczność i krótkowzroczność,</li> <li>• podać sposoby korygowania dalekowzroczności i krótkowzroczności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na powiększenie kątowe lupy,</li> <li>• podać przykłady wykorzystania przyrządów optycznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat oka jako przyrządu optycznego i wad wzroku,</li> <li>• opisać budowę mikroskopu optycznego i wyprowadzić wzór na powiększenie</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1. Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zademonstrować rozchodzenie się fali poprzecznej i fali podłużnej,</li> <li>• podać przykład fali poprzecznej i fali podłużnej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać falę mechaniczną jako zaburzenie rozchodzące się w ośrodku sprężystym i przenoszące energię</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić i omówić modele fali poprzecznej i fali podłużnej,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego fala poprzeczna może rozchodzić się tylko w ciałach stałych, a fala podłużna we wszystkich ośrodkach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić powstawanie fali poprzecznej na powierzchni cieczy</li> </ul>
2. Wielkości charakteryzujące fale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na modelu harmonicznego fali płaskiej wskazać punkty o zgodnych fazach,</li> <li>• używać pojęć: długość fali, amplituda, okres i częstotliwość</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• definiować czoło fali, promień fali i powierzchnię falową fali kulistej i płaskiej,</li> <li>• posługiwać się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką (<math>W/m^2</math>),</li> <li>• podać związki między wielkościami opisującymi falę harmoniczną</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzorem i objaśnić pojęcie natężenia fali i jego jednostkę,</li> <li>• wskazać, od czego zależy natężenie fali kulistej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przypomnieć (klasa 2) wzór na całkowitą energię ciała drgającego,</li> <li>• opisywać zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła,</li> <li>• wykazać, że natężenie fali jest wprost proporcjonalne do kwadratu amplitudy drgań</li> </ul>
3–4. Funkcja falowa fali płaskiej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazać w funkcji falowej wszystkie wielkości opisujące falę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić (posługując się funkcją falową) fakt, że wychylenie cząstki ośrodka biorącej udział w ruchu falowym zależy od jej położenia (<math>x</math>) i od czasu (<math>t</math>),</li> <li>• zastosować funkcję falową do obliczenia długości fali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić i zinterpretować różne postaci funkcji falowej,</li> <li>• zapisać i zinterpretować postać ogólną funkcji falowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie w celu otrzymania funkcji falowej,</li> <li>• przeanalizować zależność <math>y(x)</math> dla ustalonej chwili i <math>y(t)</math> dla wybranej cząstki,</li> <li>• sporządzać wykresy funkcji falowych</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
5–6. Interferencja fal płaskich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać dotychczas poznane przykłady zasady superpozycji ruchów,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega superpozycja fal,</li> <li>• zaobserwować zjawisko interferencji fal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• naszkicować fale składowe o jednakowych <math>T</math> i <math>A</math> oraz falę wypadkową dla faz: <math>0</math>, <math>\pi</math> i <math>0 &lt; \varphi_0 &lt; \pi</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykonać dodawanie wychyleń dwóch fal przesuniętych w fazie i zinterpretować wynik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać wynik interferencji fal, których częstotliwości nie są jednakowe, lecz jedna z nich jest całkowitą wielokrotnością drugiej,</li> <li>• zdefiniować częstotliwość podstawową i wyższe harmoniczne</li> </ul>
7–8. Fale stojące		<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać falę stojącą, wskazać węzły i strzałki tej fali,</li> <li>• podać odległość między sąsiednimi węzłami i sąsiednimi strzałkami fali stojącej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki powstawania fali stojącej,</li> <li>• zademonstrować falę stojącą,</li> <li>• obliczyć odległości między węzłami i strzałkami fali stojącej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie w celu uzyskania funkcji falowej fali stojącej i zinterpretować tę funkcję</li> </ul>
9–10. Zasada Huygensa i jej konsekwencje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obserwować zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie,</li> <li>• naszkicować dyfrakcję fali na wąskiej szczelinie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunek, przy spełnieniu którego zjawisko dyfrakcji można pominąć,</li> <li>• wyjaśnić, co to oznacza, że fale są spójne,</li> <li>• podać warunek, przy spełnieniu którego wynik interferencji w danym punkcie nie zmienia się z czasem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować zasadę Huygensa,</li> <li>• sporządzić schemat interferencji fal wychodzących z dwóch źródeł i omówić skutek interferencji w wybranym punkcie,</li> <li>• wyrazić warunki wzmocnienia i wygaszenia przez długość fali i odległość między szczelinami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stosując zasadę Huygensa, wytłumaczyć zjawiska: odbicia, załamania i dyfrakcji,</li> <li>• wyprowadzić i skomentować warunek wzmocnienia i wygaszenia fali</li> </ul>

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
11–12. *Fale akustyczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać źródła fal akustycznych i zakres ich częstotliwości,</li> <li>• podać i opisać rodzaje wrażeń słuchowych,</li> <li>• podać cechy dźwięków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać szybkości dźwięku w kilku ośrodkach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić różnicę między natężeniem dźwięku i poziomem natężenia dźwięku,</li> <li>• obliczać poziomy natężen dźwięków o różnych natężeniach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować poziom natężenia i jego jednostkę,</li> <li>• przygotować prezentację na temat szkodliwości hałasu</li> </ul>
13–14. Zjawisko Dopplera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać istotę zjawiska Dopplera,</li> <li>• przytoczyć przykłady występowania zjawiska Dopplera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zilustrować na schemacie zjawisko Dopplera, gdy źródło zbliża się do obserwatora,</li> <li>• wskazać na schemacie zmianę długości fali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie schematu obliczyć częstotliwość fali rejestrowanej przez odbiornik, gdy źródło zbliża się do nieruchomego obserwatora,</li> <li>• podać ogólny wzór na odbieraną częstotliwość i umowę dotyczącą znaków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie sporządzonego schematu obliczyć częstotliwość rejestrowanej fali, gdy odbiornik zbliża się do nieruchomego źródła</li> </ul>

**Dział 17. Niepewności pomiarowe**

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
1–2. Przypomnienie wiadomości z zakresu niepewności pomiarowych. Niepewność wyniku pomiaru wielkości mierzonej bezpośrednio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się podstawowymi pojęciami (pomiar bezpośredni, pomiar pośredni, wynik pomiaru, rozdzielczość przyrządu pomiarowego, błędy: grubo, systematyczny, przypadkowy, niepewność względna),</li> <li>• objaśnić podstawowe pojęcia,</li> <li>• wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru,</li> <li>• rozróżnić błędy przypadkowe i systematyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić wzór na niepewność względną,</li> <li>• wyznaczyć średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzalnego,</li> <li>• zapisać wynik pomiaru wraz z jednostką oraz informacją o niepewności,</li> <li>• przeprowadzać obliczenia i zapisywać wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować niepewność względną,</li> <li>• objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu, oraz jaki jest jej wkład w niepewność standardową wyniku pomiarów,</li> <li>• przedstawić wyniki pomiarów w postaci wykresu słupkowego (histogramu),</li> <li>• obliczać niepewność standardową w sytuacji, gdy <math>S_{x_{\text{śr}}} \ll \Delta x</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić parametry charakteryzujące funkcję Gaussa,</li> <li>• opisać funkcję Gaussa,</li> <li>• omówić wpływ liczby pomiarów na wartość niepewności,</li> <li>• opisać trzy sytuacje, w których „wkłady” do niepewności standardowej miary rozrzutu wyników i wartości niepewności granicznej są różne,</li> <li>• posługiwać się wzorami na niepewność standardową w każdej z tych trzech sytuacji,</li> <li>• wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących</li> </ul>
3. Niepewności pomiarów pośrednich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić przykłady pomiarów pośrednich,</li> <li>• posługiwać się pojęciem niepewności pomiaru wielkości mierzonej pośrednio,</li> <li>• zapisać wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skorzystać z podanych wzorów i obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od jednej zmiennej,</li> <li>• skorzystać z podanych wzorów i obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od dwóch zmiennych,</li> <li>• uwzględniać niepewności pomiarów przy sporządzaniu wykresów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sprawdzić, jak niepewność pomiaru danej wielkości fizycznej wpływa na niepewność pomiaru pośredniego,</li> <li>• przeprowadzić analizę wyników pomiaru pośredniego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od jednej zmiennej,</li> <li>• obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od dwóch zmiennych,</li> <li>• stosować poprawny zapis wyniku pomiaru wraz z niepewnością standardową</li> </ul>

Temat według programu		Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:		Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:	
<b>Dział 18. Dualna natura promieniowania i materii</b>					
1–2	Fale elektromagnetyczne (IX.14, X.14) (I.7, I.11, I.17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję fali elektromagnetycznej,</li> <li>• omówić widmo fal elektromagnetycznych,</li> <li>• podać źródła fal z poszczególnych zakresów długości,</li> <li>• omówić zastosowania fal elektromagnetycznych</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić rozumowanie, w którym na podstawie analogii między obwodem LC i wahadłem można otrzymać wzór na okres drgań elektrycznych,</li> <li>• objaśnić wytwarzanie fal elektromagnetycznych (fal radiowych)</li> </ul>	
	Pomiar wartości prędkości światła (I.17, I.18)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła</li> </ul>	
3	Doświadczenie Younga. Światło jako fala elektromagnetyczna (X.20c) (I.11, I.17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać doświadczenie Younga i wyjaśnić jego znaczenie</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie spójności fal</li> </ul>	
4–5	Siatka dyfrakcyjna (X.12, X.16) (I.10, I.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obserwować i opisać obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną,</li> <li>• podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia interferujących fal świetlnych i stosować je do obliczeń</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal,</li> <li>• porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego</li> </ul>	
6	Interferencja światła w cienkich warstwach (X.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
7	Dyfrakcja światła na szczelinie (X.8, X.20b) (I.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obserwować i opisać zjawisko dyfrakcji światła na szczelinie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać jakościowo związek między obrazem dyfrakcyjnym szczeliny a szerokością szczeliny i długością fali</li> </ul>	
8–9	Zdolność rozdzielcza przyrządów zawierających soczewki lub zwierciadła. Zdolność rozdzielcza siatki dyfrakcyjnej (X.9, X.12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję zdolności rozdzielczej przyrządu,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy zdolność rozdzielcza przyrządu,</li> <li>• uzasadnić wysiłki zmierzające do zwiększania zdolności rozdzielczej przyrządów optycznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizować obrazy dyfrakcyjne obiektów znajdujących się w różnych odległościach od siebie i podać warunek rozróżnialności obiektów jako oddzielnych,</li> <li>• analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej</li> </ul>	
10–11	Polaryzacja światła (X.14, X.15, X.20a) (I.10, I.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle,</li> <li>• zademonstrować zjawisko polaryzacji przez odbicie,</li> <li>• wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną,</li> <li>• wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła,</li> <li>• opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie,</li> <li>• zdefiniować kąt Brewstera,</li> <li>• wyprowadzić związek: <math display="block">\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n}{n_{\text{otoczenia}}}</math> </li> </ul>	
12–14	Zjawisko fotoelektryczne (XI.2, XI.7) (I.15)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciem fotonu,</li> <li>• zapisać i zinterpretować wzór na energię kwantu,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega zjawisko fotoelektryczne,</li> <li>• posługiwać się pojęciem pracy wyjścia elektronu z metalu,</li> <li>• sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia <math>W</math>,</li> <li>• uzasadnić pogląd, że światło ma naturę dualną</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpowiedzieć na pytania: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów?</li> <li>– Od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych z metalu w jednostce czasu?</li> </ul> </li> <li>• wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła,</li> <li>• napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów,</li> <li>• narysować i objaśnić wykres zależności maksymalnej energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości dla różnych metali</li> </ul>	



Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
15–17	Promieniowanie ciał. Widma (X.4, XI.1, XI.4, XI.5, XI.10) (I.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe,</li> <li>• wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym,</li> <li>• opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy,</li> <li>• opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania,</li> <li>• obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków, otrzymane za pomocą siatki dyfrakcyjnej,</li> <li>• wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać hipotezę Plancka emisji i absorpcji promieniowania elektromagnetycznego,</li> <li>• opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Rydberga (zwany inaczej uogólnionym wzorem Balmera),</li> <li>• posługiwać się wzorem Rydberga,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego,</li> <li>• zapisać i objaśnić prawo Stefana–Boltzmanna i prawo Wiena</li> </ul>	
18–20	Model Bohra budowy atomu wodoru (X.5, XI.2, XI.4, XI.6) (I.17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że promienie orbit i energia atomu wodoru są skwantowane,</li> <li>• sformułować i zapisać postulaty Bohra,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że energia jest skwantowana,</li> <li>• zapisać wzory na energię pochłoniętą i wysłaną przez atom podczas przeskoku elektronu oraz ją obliczyć,</li> <li>• obliczyć całkowitą energię atomu wodoru, w którym elektron znajduje się na <math>n</math>-tej orbicie,</li> <li>• korzystając z modelu Bohra, wyjaśnić, jak powstają serie widmowe,</li> <li>• wyjaśnić zjawisko jonizacji atomu,</li> <li>• opisać światło laserowe jako spójne i monochromatyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego nie można wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem rewolucyjnym i jest do dziś wykorzystywany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych wyników doświadczalnych,</li> <li>• interpretować linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła,</li> <li>• rozróżnić stan podstawowy i stany wzbudzone atomu,</li> <li>• wyprowadzić wzór Rydberga na podstawie teorii Bohra,</li> <li>• stosować zasady zachowania energii i pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy,</li> <li>• opisać odrzut atomu emitującego foton; porównać energię odrzutu atomu z energią emitowanego fotonu</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
21–23	Promieniowanie rentgenowskie (XI.3, XI.7, XI.8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać właściwości promieni X,</li> <li>wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego,</li> <li>opisać widmo promieniowania rentgenowskiego,</li> <li>omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach,</li> <li>uzasadnić pogląd, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego o widmie ciągłym i widmie liniowym,</li> <li>wyprowadzić wzór na <math>\lambda_{\min}</math>,</li> <li>interpretować zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej,</li> <li>posługiwać się wzorem Bragga,</li> <li>omówić zjawisko Comptona</li> </ul>	
24	Fale materii (XI.9) (I.18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć hipotezę de Broglie'a i objaśnić wzór na długość fali materii,</li> <li>obliczyć długość fali de Broglie'a dla elektronu o podanej energii kinetycznej,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych,</li> <li>podać informacje o doświadczalnym potwierdzeniu falowych właściwości cząstek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach),</li> <li>przygotować prezentację na temat zastosowania falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy)</li> </ul>	
25	Sprawdzian wiedzy i umiejętności			
<b>Dział 19. Elementy szczególnej teorii względności</b>				
1–2	Założenia szczególnej teorii względności. Względność czasu i jej konsekwencje (XII.1, XII.4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina,</li> <li>przeanalizować doświadczenie myślowe uzasadniające względność jednoczesności zdarzeń,</li> <li>wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić względność jednoczesności jako konsekwencję faktu, że prędkość światła we wszystkich inercjalnych układach odniesienia ma taką samą, skończoną wartość równą <math>c</math></li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
3	Zjawisko Dopplera dla fal elektromagnetycznych (X.13) (I.16)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego opis zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych różni się od opisu tego zjawiska dla fal mechanicznych,</li> <li>• podać i objaśnić wzór przybliżony na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej,</li> <li>• interpretować wzór przybliżony w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych,</li> <li>• wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego do wyprowadzenia wzoru na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej należy stosować zasadę względności,</li> <li>• podać dokładny wzór na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej i przekształcić go do wzoru przybliżonego,</li> <li>• podać i objaśnić wzory dotyczące zjawiska Dopplera stosowane w obserwacjach astronomicznych</li> </ul>	
4	Maksymalna szybkość przekazu informacji (XII.4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przytoczyć opis doświadczenia, którego wynik stanowi dowód na to, że szybkość nie może przekroczyć <math>c</math>,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego nie każde zjawisko wcześniejsze może być przyczyną zjawiska późniejszego,</li> <li>• opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami,</li> <li>• wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie</li> </ul>	
5–6	Pęd relatywistyczny (I.6, I.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić definicję pędu relatywistycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić i objaśnić wykres zależności pędu relatywistycznego od szybkości ciała,</li> <li>• opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym,</li> <li>• wyprowadzić i objaśnić związek siły działającej na ciało z szybkością zmiany jego pędu,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego zwrot siły nie jest na ogół zgodny ze zwrotem przyspieszenia</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
7–8	Masa i energia w fizyce relatywistycznej (XII.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić wzór relatywistyczny na energię kinetyczną,</li> <li>• podać, że w układzie, w którym ciało spoczywa, ma ono energię <math>E_s = mc^2</math>, zwaną energią spoczynkową,</li> <li>• wyrazić pogląd, że masa ciała jest jego wielkością charakterystyczną, jednakową w każdym układzie odniesienia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i skomentować wyrażenia na całkowitą energię ciała swobodnego i energię kinetyczną w ujęciu relatywistycznym,</li> <li>• wyjaśnić równoważność masy i energii spoczynkowej cząstki, czyli zinterpretować wzór <math>E_s = mc^2</math>,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego w zjawiskach zachodzących w świecie ciał makroskopowych nie bierzemy pod uwagę składnika <math>mc^2</math></li> </ul>	
9	Związek między energią i pędem cząstki. Energia i masa układu cząstek (XII.2) (I.17, I.18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą a wartościami pędu i prędkości cząstki,</li> <li>• zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą cząstki a wartością jej pędu i masą,</li> <li>• wykazać, że masa układu cząstek wzajemnie oddziałujących jest mniejsza od sumy mas tych cząstek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że masa pojedynczego fotonu jest równa zero,</li> <li>• wykazać, że układ fotonów może mieć masę różną od zera</li> </ul>	
10	Sprawdzian wiedzy i umiejętności			
<b>Dział 20. Fizyka jądrowa</b>				
1	Odkrycie promieniotwórczości. Promieniowanie jądrowe i jego właściwości (XII.9) (I.17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać samorzutną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki,</li> <li>• wymienić rodzaje promieniowania i podać ich główne właściwości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat historii odkrycia promieniotwórczości i roli Marii Skłodowskiej-Curie</li> </ul>	
2	Jądro atomowe i jego budowa (XII.5) (I.11, I.17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i scharakteryzować składniki jądra atomowego,</li> <li>• zdefiniować liczbę masową i liczbę atomową (porządkową) pierwiastka,</li> <li>• opisać właściwości sił jądrowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać doświadczenie Rutherforda i wyjaśnić znaczenie jego wyników</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
3	Rozpady promieniotwórcze (XII.6, XII.9, XII.10) (I.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, czym różnią się od siebie izotopy, i podać przykłady izotopów wybranego pierwiastka,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy,</li> <li>• podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus,</li> <li>• podać ładunek i masę pozytonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeanalizować, jak zmieniają się jądra pierwiastków po rozpadach promieniotwórczych,</li> <li>• sformułować regułę Soddiego i Fajansa,</li> <li>• wyjaśnić pojęcia jądra stabilnego i jądra niestabilnego,</li> <li>• podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma</li> </ul>	
4–5	Prawo rozpadu promieniotwórczego. Metoda datowania izotopowego (XII.11, XII.12) (I.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić prawo rozpadu promieniotwórczego,</li> <li>• wyjaśnić pojęcia: stała rozpadu i czas połowicznego rozpadu,</li> <li>• zdefiniować pojęcie aktywności źródła i podać jej jednostkę,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że rozpad promieniotwórczy ma charakter statystyczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zinterpretować wykres <math>N(t)</math> zależności liczby jąder danego izotopu w próbce od czasu,</li> <li>• korzystać ze związku między stałą rozpadu i czasem połowicznego rozpadu,</li> <li>• objaśnić metodę datowania za pomocą izotopu węgla <math>^{14}\text{C}</math></li> </ul>	
6–7	Energia wiązania (XII.7, XII.8) (I.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego masa jądra jest mniejsza od sumy mas jego składników,</li> <li>• wyjaśnić pojęcia: deficyt masy i energia wiązania,</li> <li>• podać wzór na energię wiązania jądra atomowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zinterpretować wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych,</li> <li>• zdefiniować jednostkę masy atomowej i wykorzystywać ją do wykonywania obliczeń</li> </ul>	
8–9	Reakcje jądrowe. Krecja i anihilacja (XII.6, XII.7, XII.19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych,</li> <li>• poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych,</li> <li>• opisać zjawisko krecji par elektron–pozyton,</li> <li>• wymienić zasady zachowania obowiązujące w zjawisku krecji,</li> <li>• opisać zjawisko anihilacji,</li> <li>• zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić i opisać za pomocą równania krecję pary elektron–pozyton,</li> <li>• przedstawić zasadę zachowania pędu w zjawisku krecji,</li> <li>• obliczyć minimalną energię fotonu konieczną do zajścia zjawiska krecji</li> </ul>	

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzające (ocena dobra) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
10–11	Reakcje rozszczepienia (XII.15) (I.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach rozszczepienia jąder,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa i podać warunki jej zachodzenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisywać równania reakcji rozszczepienia jąder z uwzględnieniem zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów,</li> <li>• stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji rozszczepienia,</li> <li>• uzasadnić stwierdzenie, że energia dostarczana przez wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzi z energii spoczynkowej ciał</li> </ul>	
12	Energetyka jądrowa. Wykorzystanie energii jądrowej (XII.16) (I.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową,</li> <li>• wymienić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane,</li> <li>• uzasadnić pogląd o konieczności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej,</li> <li>• opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej</li> </ul>	
13	Reakcje termojądrowe. Ewolucja gwiazd. (XII.17, XII.18) (I.3, I.7, I.18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać reakcję fuzji lekkich jąder i jej skutki,</li> <li>• omówić schemat cyklu proton–proton,</li> <li>• wskazać, że źródłem energii Słońca są reakcje syntezy,</li> <li>• oszacować różnicę energii wydzielonej podczas syntezy określonej masy jąder z energią uzyskaną ze spalania takiej samej masy węgla,</li> <li>• opisać reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić schemat cyklu CNO,</li> <li>• wyjaśnić zjawisko wybuchu supernowej,</li> <li>• wyjaśnić, czym jest czarna dziura i w jaki sposób powstaje,</li> <li>• opisać budowę i zasadę działania bomby termojądrowej</li> </ul>	
14	Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Działanie promieniowania na organizmy (XII.13, XII.14) (I.18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy,</li> <li>• wymienić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej,</li> <li>• wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę,</li> <li>• podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki,</li> <li>• zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego</li> </ul>	
15	Sprawdzian wiedzy i umiejętności			

