WYMAGANIA EDUKACYJNE Z FIZYKI

Technikum Pięcioletnie – zakres rozszerzony

Zespół Szkół Spożywczych i Hotelarskich w Radomiu

Program nauczania: „Fizyka. NOWA EDYCJA. Zakres rozszerzony” WSiP

I. PODSTAWA PRAWNA

Przedmiotowe Zasady Oceniania z fizyki zostały opracowano na podstawie:

1. Ustawy Prawo oświatowe.
2. Rozporządzenia Ministra Edukacji w sprawie oceniania, klasyfikowania i promowania uczniów.
3. Statutu Zespołu Szkół Spożywczych i Hotelarskich w Radomiu.
4. Podstawy programowej kształcenia ogólnego dla technikum.
5. Programu nauczania „Fizyka. NOWA EDYCJA. Zakres rozszerzony” WSiP.

II. CELE OCENIANIA

Ocenianie osiągnięć edukacyjnych ucznia ma na celu:

1. Informowanie ucznia o poziomie osiągnięć edukacyjnych i postępach w nauce.
2. Motywowanie ucznia do systematycznej pracy i rozwijania zainteresowań fizycznych.
3. Kształtowanie umiejętności samodzielnego zdobywania wiedzy i rozwiązywania problemów.
4. Wspieranie rozwoju kompetencji matematycznych, analitycznych i badawczych.
5. Dostarczanie rodzicom informacji o postępach ucznia.
6. Doskonalenie metod pracy dydaktycznej nauczyciela.

III. OBSZARY PODLEGAJĄCE OCENIANIU

Ocenie podlegają:

1. Stopień opanowania wiadomości określonych w podstawie programowej zakresu rozszerzonego.
2. Umiejętność stosowania praw, zasad i teorii fizycznych.
3. Rozwiązywanie zadań rachunkowych, problemowych i doświadczalnych.
4. Analiza doświadczeń oraz interpretacja wyników pomiarów.
5. Wykorzystanie matematyki w opisie zjawisk fizycznych.
6. Formułowanie i weryfikowanie hipotez.
7. Umiejętność planowania i przeprowadzania doświadczeń.
8. Aktywność podczas zajęć.
9. Praca indywidualna i zespołowa.
10. Samodzielne poszukiwanie informacji naukowych.

IV. FORMY SPRAWDZANIA OSIĄGNIĘĆ UCZNIA

1. Prace klasowe.

2. Sprawdziany działowe.
3. Kartkówki.
4. Odpowiedzi ustne.
5. Zadania problemowe i obliczeniowe.
6. Karty pracy.
7. Projekty edukacyjne.
8. Prezentacje multimedialne.
9. Referaty.
10. Doświadczenia i ćwiczenia laboratoryjne.
11. Prace domowe.
12. Aktywność na lekcji.
13. Udział w konkursach, olimpiadach i projektach naukowych.

V. ZASADY OCENIANIA

1. Prace klasowe i sprawdziany są obowiązkowe.
2. Termin pracy klasowej podawany jest z co najmniej tygodniowym wyprzedzeniem.
3. Kartkówki mogą być niezapowiedziane.
4. Uczeń nieobecny na sprawdzianie ma obowiązek zaliczyć go w terminie ustalonym z nauczycielem.
5. Uczeń ma prawo poprawiać oceny zgodnie z zapisami Statutu szkoły.
6. Oceny są jawne i uzasadniane przez nauczyciela.
7. Uczeń zobowiązany jest do systematycznego prowadzenia zeszytu przedmiotowego.

VI. KRYTERIA PROCENTOWE OCENIANIA PRAC PISEMNYCH

0% – 39% – niedostateczny

40% – 49% – dopuszczający

50% – 74% – dostateczny

75% – 94% – dobry

55% – 99% – bardzo dobry

100% – celujący

VII. SZCZEGÓŁOWE WYMAGANIA EDUKACYJNE

KLASA I

Kinematyka

Uczeń:

- opisuje ruch punktu materialnego z wykorzystaniem wektorów,
- analizuje ruch w jednym i dwóch wymiarach,
- interpretuje wykresy zależności kinematycznych,

- stosuje równania ruchu jednostajnego i jednostajnie zmiennego,
- rozwiązuje zadania wieloetapowe.

Dynamika

Uczeń:

- stosuje trzy zasady dynamiki Newtona,
- analizuje ruch ciał pod wpływem wielu sił,
- wykorzystuje pojęcie pędu i zasadę zachowania pędu,
- rozwiązuje zadania dotyczące ruchu po okręgu.

Praca, moc, energia

Uczeń:

- stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej,
- analizuje przemiany energii,
- rozwiązuje zadania dotyczące pracy, mocy i sprawności urządzeń.

Grawitacja i astronomia

Uczeń:

- stosuje prawo powszechnego ciążenia,
- analizuje ruch satelitów i planet,
- opisuje budowę oraz ewolucję gwiazd,
- wyjaśnia zjawiska astronomiczne.

KLASA II

Drgania i fale mechaniczne

Uczeń:

- opisuje ruch harmoniczny,
- analizuje energię w ruchu drgającym,
- stosuje zależności dotyczące fal mechanicznych,
- rozwiązuje zadania problemowe.

Optyka geometryczna

Uczeń:

- konstruuje obrazy w zwierciadłach i soczewkach,
- analizuje działanie instrumentów optycznych,
- rozwiązuje zadania rachunkowe i konstrukcyjne.

Optyka falowa

Uczeń:

- wyjaśnia interferencję, dyfrakcję i polaryzację światła,
- analizuje doświadczenia potwierdzające falową naturę światła.

Termodynamika

Uczeń:

- interpretuje przemiany gazowe,
- stosuje pierwszą zasadę termodynamiki,
- analizuje bilans energetyczny procesów cieplnych.

KLASA III

Elektrostatyka

Uczeń:

- stosuje prawo Coulomba,
- analizuje pole elektrostatyczne,
- oblicza natężenie pola i potencjał.

Prąd elektryczny

Uczeń:

- stosuje prawa Ohma i Kirchhoffa,
- analizuje obwody prądu stałego,
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe.

KLASA IV

Pole magnetyczne

Uczeń:

- opisuje właściwości pola magnetycznego,
- analizuje ruch ładunku w polu magnetycznym,
- wyjaśnia działanie urządzeń elektromagnetycznych.

Indukcja elektromagnetyczna

Uczeń:

- stosuje prawo Faradaya,
- wyjaśnia zasadę działania transformatora i prądnicy,
- analizuje proces wytwarzania energii elektrycznej.

Fale elektromagnetyczne

Uczeń:

- opisuje widmo fal elektromagnetycznych,
- wyjaśnia zastosowania promieniowania elektromagnetycznego.

KLASA V

Fizyka kwantowa

Uczeń:

- opisuje zjawisko fotoelektryczne,
- wyjaśnia dualizm korpuskularno-falowy,
- analizuje model Bohra atomu wodoru.

Fizyka atomowa i jądrowa

Uczeń:

- opisuje budowę jądra atomowego,
- analizuje reakcje jądrowe,
- wyjaśnia zjawisko promieniotwórczości,
- ocenia korzyści i zagrożenia wynikające z wykorzystania energii jądrowej.

Powtórzenie materiału i przygotowanie do egzaminu maturalnego

Uczeń:

- integruje wiedzę z całego cyklu kształcenia,
- rozwiązuje zadania maturalne o podwyższonym stopniu trudności,
- samodzielnie analizuje problemy fizyczne wymagające wykorzystania różnych działów fizyki.

VIII. WYMAGANIA NA POSZCZEGÓLNE OCENY

Ocenę dopuszczającą otrzymuje uczeń, który:

- opanował podstawowe wiadomości i umiejętności umożliwiające dalszą naukę,
- wykonuje proste obliczenia według podanego wzoru,
- zna podstawowe prawa i zależności fizyczne.

Ocenę dostateczną otrzymuje uczeń, który:

- rozwiązuje typowe zadania,
- poprawnie stosuje poznane wzory,
- wyjaśnia podstawowe zjawiska fizyczne.

Ocenę dobrą otrzymuje uczeń, który:

- samodzielnie rozwiązuje większość zadań rachunkowych,
- analizuje doświadczenia i wyciąga poprawne wnioski,

- poprawnie interpretuje wykresy i zależności.

Ocenę bardzo dobrą otrzymuje uczeń, który:

- biegle posługuje się wiedzą fizyczną,
- rozwiązuje złożone zadania problemowe,
- wykorzystuje wiedzę matematyczną do opisu zjawisk fizycznych.

Ocenę celującą otrzymuje uczeń, który:

- wykazuje wiedzę i umiejętności wykraczające poza program nauczania,
- samodzielnie rozwija zainteresowania naukowe,
- osiąga sukcesy w konkursach i olimpiadach,
- rozwiązuje nietypowe problemy fizyczne wymagające twórczego myślenia.

IX. DOSTOSOWANIE WYMAGAŃ EDUKACYJNYCH

Wymagania edukacyjne dostosowuje się do indywidualnych potrzeb psychofizycznych i edukacyjnych uczniów posiadających odpowiednie opinie lub orzeczenia, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa oświatowego.

X. USTALANIE OCEN KLASYFIKACYJNYCH

1. Ocena śródroczna i roczna nie jest średnią arytmetyczną ocen bieżących.
2. Przy ustalaniu oceny klasyfikacyjnej nauczyciel uwzględnia poziom opanowania wiadomości i umiejętności, aktywność ucznia, systematyczność pracy oraz postępy w nauce.
3. O przewidywanych ocenach klasyfikacyjnych uczniowie i rodzice informowani są zgodnie ze Statutem szkoły.

XI. POSTANOWIENIA KOŃCOWE

1. W sprawach nieuregulowanych niniejszym PSO obowiązują zapisy Statutu Zespołu Szkół Spożywczych i Hotelarskich w Radomiu.
2. Dokument podlega okresowej ewaluacji i aktualizacji zgodnie ze zmianami prawa oświatowego oraz programu nauczania.

Szczegółowe wymagania edukacyjne:

KLASA 1

Temat (rozumiany jako lekcja)	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca)	Wymagania podstawowe (ocena dostateczne)	Wymagania rozszerzające (ocena dobra)	Wymagania dopełniające (ocena bardzo dobra)
Dział 1. Opis ruchu postępowego				
1. Elementy działań na wektorach	• podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych, • wymienić cechy wektora, • zilustrować przykładem każdą z cech wektora, • dodawać wektory, • odjąć wektor od wektora, • pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę	• rozłożyć wektor na składowe o dowolnych kierunkach	• obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych	• wykorzystać w pełni wiedzę podręcznikową w zakresie działań na wektorach do rozwiązywania problemów, • rozwiązać wszystkie zadania z podręcznika dotyczące działań na wektorach, • wyszukać w różnych źródłach i zaprezentować problemy dotyczące działań na wektorach
2–3. Pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch, cz. I	• poprawnie posługiwać się pojęciami: droga, położenie, szybkość średnia i chwilowa, przemieszczenie, prędkość średnia i chwilowa, • narysować wektor położenia ciała w układzie współrzędnych, • narysować wektor przemieszczenia ciała w układzie współrzędnych, • odróżnić zmianę położenia od przebytej drogi	• podać warunki, przy których wartość przemieszczenia jest równa przebytej drodze, • wykazać, że wektor przemieszczenia nie zależy od wyboru układu współrzędnych	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że prędkość chwilowa jest styczna do toru w punkcie, w którym znajduje się ciało w danej chwili, • wyjaśnić różnicę między średnią wartością prędkości i wartością prędkości średniej	• wypowiadać się na temat wprowadzonych wielkości fizycznych precyzyjnym językiem fizyki, • rozwiązać zadania z podręcznika i inne, o podwyższonym stopniu trudności, wskazane przez nauczyciela

4–5. Pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch, cz. II	• podać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia średniego, • objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym	• posługiwać się pojęciami: przyspieszenie średnie i chwilowe, • zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego	• skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym i opóźnionym oraz w ruchu krzywoliniowym	• wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego, • przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych
6. Ruch jednostajny prostoliniowy	• zdefiniować ruch prostoliniowy jednostajny, • obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym	• sporządzać wykres zależności $s(t)$ i $v(t)$ dla ruchu jednostajnego, • odczytywać z wykresu wielkości fizyczne, • objaśnić różnicę między wykresem zależności drogi od czasu i współrzędnej położenia od czasu	• wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych, • rozwiązywać typowe zadania dotyczące ruchu jednostajnego	• sporządzać wykresy zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych, • zinterpretować pole powierzchni odpowiedniej figury na wykresie $v_x(t)$ jako drogę w dowolnym ruchu
7–10. Ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy. Wyznaczanie wartości przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym	• podać przykłady ruchu przyspieszonego i opóźnionego, • obliczyć drogę przebytą w czasie *t* ruchem jednostajnie przyspieszonym i opóźnionym, • obliczać szybkość chwilową w ruchach jednostajnie przyspieszonych i opóźnionych, • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, • sformułować wynik doświadczenia	• objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym po prostej, • porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchu po prostej i stwierdzić, że w przypadku ruchu przyspieszonego wektory $\vec{v}$ i $\vec{a}$ mają zgodne, a w przypadku ruchu opóźnionego mają przeciwne zwroty, • wpisywać wyniki pomiarów do zaprojektowanej w podręczniku tabeli i wykonywać obliczenia	• wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po prostej, • sporządzać wykresy tych zależności, • rozwiązywać typowe zadania dotyczące składania ruchów, • z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	• rozwiązywać nietypowe zadania dotyczące ruchów jednostajnie zmiennych, • samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
11–12. Przykłady opisu ruchów zmiennych		• powtórzyć przeprowadzone na lekcjach rozumowania związane z opisem ruchów zmiennych	• rozwiązywać nowe, typowe zadania dotyczące ruchów zmiennych	• rozwiązywać nowe, nietypowe zadania dotyczące ruchów zmiennych

13–14. Względność ruchu	• wyjaśnić pojęcie układu odniesienia, • wyjaśnić, co to znaczy, że spoczynek i ruch są względne	• wyjaśnić, jakie układy odniesienia traktujemy jako inercjalne, • wyjaśnić pojęcie czasu absolutnego, • stosować prawa składania i rozkładania wektorów do składania ruchów	• podać związki między współrzędnymi położenia ciała w układach poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym, • podać związek między prędkościami ciała w poruszających się względem siebie układach inercjalnych, • nazwać powyższe związki transformacją Galileusza i podać warunki jej stosowalności, • podać związek między przyspieszeniami w układach inercjalnych, • zmieniać układ odniesienia i opisywać ruch z punktu widzenia obserwatorów w każdym z tych układów	• wyprowadzić na przykładzie związki między współrzędnymi położenia ciała w układach poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym, • wyprowadzić związek między prędkościami ciała w poruszających się względem siebie układach inercjalnych, • przytoczyć i objaśnić zasadę względności ruchu Galileusza, podać warunki jej stosowalności, • rozwiązywać trudniejsze problemy dotyczące składania ruchów
15–17. Opis ruchu w dwóch wymiarach, cz. I	• opisać rzut poziomy jako ruch złożony ze spadania swobodnego i ruchu jednostajnego w kierunku poziomym, • objaśnić wzory opisujące rzut poziomy, • wyrazić szybkość liniową przez okres ruchu i częstotliwość	• przekształcać wzory na wysokość i zasięg rzutu poziomego w celu obliczania wskazanej wielkości fizycznej, • posługiwać się pojęciem szybkości kątowej, • stosować miarę łukową kąta, • zapisać związek między szybkością liniową i kątową	• obliczyć wartość prędkości chwilowej ciała rzuconego poziomo i ustalić jej kierunek, • wyprowadzić związek między szybkością liniową i kątową, • przekształcać wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego i zapisać różne postacie tego wzoru, • rozwiązywać zadania dotyczące rzutu poziomego, • rozwiązywać problemy dotyczące ruchu jednostajnego po okręgu	• rozwiązywać nietypowe zadania dotyczące rzutu poziomego, • zaproponować i wykonać doświadczenie pokazujące, że czas spadania ciała rzuconego poziomo z pewnej wysokości jest równy czasowi spadania swobodnego z tej wysokości, • rozwiązywać problemy dotyczące ruchu niejednostajnego po okręgu

*18. Opis ruchu w dwóch wymiarach, cz. II			• opisać rzut ukośny jako ruch, w którym nadajemy ciału prędkość skierowaną pod pewnym kątem do poziomu	• rozłożyć rzut ukośny na dwa ruchy składowe i wyprowadzić równanie toru oraz wzory na wysokość i zasięg rzutu, • rozwiązywać zadania dotyczące rzutu ukośnego
Dział 2. Siła jako przyczyna zmian ruchu				
1–3. Zasady dynamiki Newtona	• wymienić rodzaje oddziaływań występujące w przyrodzie, • podać jakościowe przykłady zastosowania zasad dynamiki Newtona, • rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał	• objaśnić stwierdzenia: − *Siła jest miarą oddziaływania.* − *O zachowaniu ciała decyduje zawsze siła wypadkowa wszystkich sił działających na to ciało.,* • w oddziaływaniach bezpośrednich wskazać źródło siły i przedmiot jej działania, • wypowiedzieć treść zasad dynamiki, • przekształcać wzór wyrażający drugą zasadę dynamiki i obliczać każdą z występujących w nim wielkości fizycznych, • znajdować graficznie wypadkową sił działających na ciało	• wyjaśnić pojęcie „układ inercjalny” i pierwszą zasadę dynamiki jako postulat istnienia takiego układu, • w przypadku kilku sił działających na ciało zapisać drugą zasadę dynamiki w postaci równania wektorowego i przekształcić je w układ równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych, • rozwiązywać typowe zadania wymagające stosowania zasad dynamiki, np. zamieszczone w podręczniku w *Przykładach zastosowań zasad dynamiki*	• na podstawie wartości siły wypadkowej (stała, zmienna) i jej zwrotu w stosunku do prędkości ciała ocenić rodzaj ruchu wykonywanego przez ciało, • swobodnie operować zdobytą wiedzą na temat zasad dynamiki, używając precyzyjnego języka fizyki, • rozwiązywać problemy o wysokim stopniu trudności
4. Siła a zmiana pędu ciała	• zapisać wzorem i objaśnić pojęcie pędu, • odpowiedzieć na pytanie: *Kiedy pęd ciała nie ulega zmianie?*	• 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 postać drugiej zasady dynamiki	• na przykładach znajdować zmianę pędu jako różnicę pędu końcowego i początkowego, • analizować związek $\Delta m\vec{v} = \vec{F}\Delta t$ i wyciągnąć wniosek w postaci zasady zachowania pędu ciała	• uzasadnić konieczność korzystania z innej postaci drugiej zasady dynamiki w przypadku, gdy zmienia się masa ciała, na które działa siła

5–7. Zasada zachowania pędu dla układu ciał	• odpowiedzieć na pytania: – *Co nazywamy układem ciał?* – *Jak definiujemy pęd układu ciał?* – *W jakim punkcie go zaczepiamy?* – *Jaki warunek musi być spełniony, by pęd układu ciał nie zmieniał się?*	• obliczyć położenie środka masy układu dwóch ciał, • wyznaczyć doświadczalnie położenie środka masy figury płaskiej, • zapisać wzorem i objaśnić zasadę zachowania pędu dla układu ciał	• podać uogólniony wzór na położenie środka masy *n* ciał i go objaśnić, • graficznie znajdować pęd układu ciał, • zastosować zasadę zachowania pędu w typowych zadaniach	• posługiwać się precyzyjnym językiem fizyki i samodzielnie przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania pędu dla układu ciał, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
8. Tarcie	• rozróżnić pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego, • zapisać wzór na wartość siły tarcia, rozróżnić sytuacje, w których we wzorze występuje współczynnik tarcia statycznego lub kinetycznego	• zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego, • omówić rolę tarcia na wybranych przykładach, • sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równolegle do stykających się powierzchni dwóch ciał	• rozwiązywać typowe zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia posuwistego, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne	• rozwiązywać trudne zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia, z dostępnych zbiorów zadań
9. Wyznaczanie współczynników tarcia statycznego i kinetycznego	• aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia	• opisać ruch ciała z tarciem po równi pochyłej, • wpisywać wyniki pomiarów do tabeli zaprojektowanej w podręczniku i wykonywać obliczenia	• podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania, • z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	• samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
10–11. Siły w ruchu po okręgu	• wskazać działanie siły dośrodkowej o stałej wartości jako warunku ruchu ciała po okręgu ze stałą szybkością, • podać przykłady siły dośrodkowej o różnej naturze	• podać i objaśnić kilka postaci wzoru na wartość siły dośrodkowej	• rozwiązywać typowe zadania z zastosowaniem zasad dynamiki do ruchu po okręgu, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne	• rozwiązywać problemy, w których na ciało oprócz siły normalnej do toru ruchu działa również siła styczna, • samodzielnie rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności

12. Badanie ruchu jednostajnego po okręgu	• aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, • sformułować wnioski z doświadczenia	• wpisywać wyniki pomiarów do tabeli zaprojektowanej w podręczniku i wykonywać obliczenia	• podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania, • z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	• samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
13–15. Opis ruchu w układach nieinercjalnych	• wyjaśnić, co to znaczy, że układ odniesienia jest nieinercjalny, • wykazać na przykładzie, że w układzie nieinercjalnym zasady dynamiki się nie stosują	• na przykładzie przeprowadzić rozumowanie uzasadniające konieczność wprowadzenia siły bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym, • zademonstrować działanie siły bezwładności, • podać wzór na wartość siły bezwładności i go objaśnić	• rozwiązywać typowe zadania z dynamiki w układzie nieinercjalnym, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne	• samodzielnie rozwiązywać trudniejsze problemy dynamiczne zarówno w układzie inercjalnym, jak i nieinercjalnym
Dział 3. Praca, moc, energia mechaniczna				
1. Iloczyn skalarny dwóch wektorów		• zapisać wzór na iloczyn skalarny dwóch wektorów i podać jego podstawowe własności	• korzystać z iloczynu skalarnego dwóch wektorów skierowanych pod dowolnym kątem	
2–3. Praca i moc	• napisać i objaśnić skalarny wzór na pracę stałej siły działającej pod stałym kątem do kierunku przemieszczenia, • podać jednostkę pracy 1 J i sposób jej wprowadzenia, • podać definicję mocy średniej i zapisać ją wzorem, • podać jednostkę mocy 1 W i sposób jej wprowadzenia	• podać jednostki pochodne pracy i mocy oraz ich związki z jednostkami podstawowymi, • podać wzory na moc średnią i chwilową z użyciem prędkości średniej i prędkości chwilowej, • przekształcać wzory i wykonywać proste obliczenia	• przeprowadzić rozumowanie konieczne do obliczenia pracy siły zmiennej, • obliczać pracę siły zmiennej na podstawie wykresu $F(x)$, • obliczać pracę wykonaną przez urządzenie, którego moc zmienia się z upływem czasu	• rozwiązywać zadania dotyczące obliczania pracy i mocy o podwyższonym stopniu trudności, np. z wykorzystaniem zasad dynamiki

4–5. Rodzaje energii mechanicznej	• obliczać energię potencjalną grawitacyjną ciała w pobliżu Ziemi za pomocą wzoru $E_{\mathrm{p}} = mgh$, • obliczać energię kinetyczną ciała za pomocą wzoru $E_{\mathrm{k}} = \frac{mv^2}{2}$	• wyjaśnić pojęcia: siła wewnętrzna i zewnętrzna w układzie ciał, • podać warunek, po spełnieniu którego układ może wykonać pracę, • podać definicje energii mechanicznej, potencjalnej i kinetycznej wyrażone poprzez ich zmiany, • na podstawie definicji energii kinetycznej wyprowadzić wzór, za pomocą którego obliczamy tę energię	• wyjaśnić, po czym poznajemy, że zmienia się energia potencjalna układu ciał, a po czym, że zmienia się energia kinetyczna	• obliczyć pracę siły zewnętrznej i pracę siły grawitacyjnej przy zmianie odległości ciała od Ziemi oraz przedyskutować znak każdej z nich
6–7. Zasada zachowania energii mechanicznej	• podać przykłady zjawisk, w których zasada zachowania energii mechanicznej jest spełniona i w których nie jest spełniona	• wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej i podać warunki, w których jest spełniona, • przytoczyć samodzielnie opisane w podręczniku przykłady, w których wykorzystuje się zasadę zachowania energii mechanicznej w celu obliczenia pewnej wielkości fizycznej, • opisać sposób postępowania w przypadkach, gdy w rozważanym problemie energia mechaniczna nie jest zachowana	• z pomocą nauczyciela przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej, • rozwiązywać typowe zadania wymagające wykorzystania zasady zachowania energii lub związku zmian energii z wykonywaną pracą	• samodzielnie przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej dla układu dwóch ciał, • wyjaśnić, co to znaczy, że pewne siły są zachowawcze, • rozwiązywać nietypowe i trudne zadania, w których energia mechaniczna ulega zmianie
8. Zderzenia ciał	• podać przykłady zderzeń sprężystych i niesprężystych	• zapisać i objaśnić zasady zachowania energii i pędu dla zderzeń doskonale sprężystych, • zapisać i objaśnić zasadę zachowania pędu dla zderzeń doskonale niesprężystych	• przeanalizować zderzenie doskonale sprężyste centralne dwu kulek, poruszających się z prędkościami o jednakowych kierunkach i zwrotach, i obliczyć współrzędne prędkości obu kulek po zderzeniu	• 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

9. Badanie zderzeń dwóch ciał i wyznaczanie masy jednego z nich	• aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów, • sformułować wnioski z doświadczenia	• zapisywać wyniki w tabeli, • wykonywać obliczenia szukanych wielkości z wykorzystaniem wzorów zamieszczonych w opisie doświadczenia	• sformułować cele doświadczenia, • wykonywać kolejne czynności wymienione w opisie doświadczenia, • z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	• samodzielnie przestudiować opis doświadczenia zamieszczony w podręczniku i precyzyjnie go przedstawić na lekcji, • samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
10. Sprawność urządzeń mechanicznych	• wyjaśnić, o czym informuje nas wielkość fizyczna zwana sprawnością urządzenia	• podać i objaśnić definicję sprawności urządzenia, • stosować definicję sprawności do rozwiązywania prostych zadań	• przeprowadzić rozumowanie wyjaśniające sposób obliczania sprawności równi pochyłej i bloku nieruchomego	• przeprowadzić rozumowanie ukazujące sposób obliczania sprawności układu urządzeń, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
Dział 4. Zjawiska hydrostatyczne				
1. Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala	• podać definicję ciśnienia i jego jednostkę, • wyjaśnić pojęcia: ciśnienie atmosferyczne i ciśnienie hydrostatyczne oraz posługiwać się tymi pojęciami, • wskazać, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne	• wyprowadzić i objaśnić wzór informujący, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne, • omówić zastosowania prawa Pascala	• wyjaśnić, na czym polega paradoks hydrostatyczny, • sformułować i objaśnić prawo Pascala	• wykorzystać i prezentować wiedzę o urządzeniach hydraulicznych i pneumatycznych, pochodzącą z różnych źródeł
2. Prawo naczyń połączonych	• podać przykłady zastosowania naczyń połączonych	• sformułować i objaśnić prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych, • za pomocą naczyń połączonych wyznaczyć nieznaną gęstość cieczy	• wykorzystywać prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych do rozwiązywania zadań	

3. Prawo Archimedesa	• opisać przykłady zachowania się ciał (np. okrętów, balonów) wynikające z obowiązywania prawa Archimedesa	• sformułować i objaśnić prawo Archimedesa, • na podstawie analizy sił działających na ciało zanurzone w cieczy wnioskować o warunkach pływania i tonięcia ciała w cieczy, • rozwiązywać proste zadania z zastosowaniem obliczania siły wyporu	• przeprowadzić rozumowanie wyjaśniające, dlaczego zbudowany częściowo z metalu okręt nie tonie, • rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe związane z zastosowaniem prawa Archimedesa	• wyprowadzić prawo Archimedesa na drodze rozumowania, • rozwiązywać nietypowe problemy z zastosowaniem prawa Archimedesa
4. Zastosowanie prawa Archimedesa do wyznaczania gęstości ciał	• podać definicję gęstości ciała i jej jednostkę, • opisać poznany w szkole podstawowej sposób doświadczalnego wyznaczania gęstości ciała stałego lub cieczy, • mierzyć gęstość cieczy za pomocą areometru •	• z pomocą nauczyciela opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy na podstawie prawa Archimedesa	• samodzielnie opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy, w której wykorzystuje się prawo Archimedesa	• skorzystać z różnych źródeł i zapoznać się z prawami hydrodynamiki (np. prawem Bernoulliego) oraz omówić ich skutki
Dział 5. Niepewności pomiarowe				
1. Pomiary bezpośrednie. Niepewności pomiarów bezpośrednich	• wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, czyli prostych, • wymienić przykłady pomiarów pośrednich, czyli złożonych, • wyjaśnić, w jaki sposób wykonuje się pomiary proste, • wyjaśnić na przykładach przyczyny popełniania podczas pomiarów błędów grubych i systematycznych, • wyjaśnić, dlaczego przy pomiarze czasu stoperem przyjmujemy niepewność większą od najmniejszej działki przyrządu	• wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru, • zapisać wynik pojedynczego pomiaru wraz z niepewnością pomiarową i objaśnić ten wynik, • obliczyć średnią arytmetyczną wyników pomiarów i oszacować jej niepewność, • oszacować niepewność względną i procentową	• wymienić najczęściej występujące źródła niepewności pomiarowych, • objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu i kiedy możemy przyjąć ją jako niepewność pomiaru	• wyjaśnić potrzebę dobrania odpowiednio precyzyjnego przyrządu do określonego pomiaru, • wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących

2–3. Niepewności pomiarów pośrednich i ich szacowanie. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów	• wyjaśnić, co to znaczy, że pomiar jest pośredni, czyli złożony	• z pomocą nauczyciela oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP	• samodzielnie oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP, • przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami	• dopasować prostą do wyników pomiaru i zinterpretować jej nachylenie, • swobodnie operować zdobytą wiedzą na temat niepewności pomiarowych, używając precyzyjnego języka fizyki

Klasa 2

Drgania					
1.	Drgania mechaniczne	• określa drgania jako cykliczny ruch wokół położenia równowagi, • podaje definicje okresu, amplitudy oraz częstotliwości drgań.	• odczytuje z wykresu wychylenia od czasu amplitudę oraz okres drgań, • wyznacza częstotliwość drgań na podstawie okresu, • doświadczalnie udowadnia, że okres drgań ciała zawieszonego na sprężynie nie zależy od amplitudy.	• wyznacza prędkość ciała w momencie mijania położenia równowagi na podstawie wykresu położenia od czasu.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
2.	Siły w ruchu drgającym	• zapisuje zależność między wartością siły sprężystości a odkształceniem, • określa kierunek i zwrot wypadkowej siły w ruchu drgającym.	• opisuje proporcjonalność siły wypadkowej do wychylenia w ruchu harmonicznym, • doświadczalnie sprawdza zależność okresu drgań ciała zawieszonego na sprężynie od jego masy.	• korzysta z II zasady dynamiki Newtona w zadaniach dotyczących ruchu drgającego do wyznaczania maksymalnego przyspieszenia.	• stosuje do obliczeń wzór na okres drgań ciała zawieszonego na sprężynie.
3.	Energia w ruchu drgającym	• określa rodzaje energii w ruchu drgającym, • opisuje jakościowo przemiany energii w ruchu drgającym.	• stosuje zasadę zachowania energii do obliczania energii w ruchu drgającym.	• opisuje zależność między energią całkowitą w ruchu drgającym a amplitudą drgań.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
4.	Wahadło	• opisuje wahadło jako przykład układu wykonującego ruch drgający, • opisuje jakościowo przemiany energii podczas ruchu wahadła.	• opisuje niezależność okresu drgań wahadła od masy.	• jakościowo opisuje siły występujące podczas ruchu wahadła, • określa zależność okresu drgań wahadła od jego długości.	• stosuje do obliczeń wzór na okres drgań wahadła, • stosuje zasadę zachowania energii w zadaniach obliczeniowych dotyczących wahadła.
5.	Drgania tłumione i drgania wymuszone	• podaje definicję rezonansu mechanicznego.	• demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego.		• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

Fale i optyka					
6.	Rodzaje fal	• opisuje mechanizm rozchodzenia się fali mechanicznej, • rozróżnia fale płaskie i kołowe, • rozróżnia fale poprzeczne i podłużne.	• opisuje zależność między częstotliwością drgań źródła fali a częstotliwością fali w ośrodku.	• opisuje sposób rozchodzenia się fali podłużnej w ośrodku.	• opisuje fale rozchodzące się w wodzie.
7.	Wielkości opisujące fale	• podaje definicje okresu oraz amplitudy drgań, • podaje definicje długości oraz prędkości fali.	• oblicza częstotliwość fali na podstawie znajomości jej okresu, • odczytuje amplitudę oraz długość fali z obrazu fali.	• stosuje do obliczeń zależność między długością, częstotliwością oraz prędkością fali.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
8.	Fale dźwiękowe	• opisuje źródła dźwięków, podaje ich przykłady, • opisuje dźwięk jako falę podłużną.	• opisuje cechy dźwięku, • przedstawia obraz oscyloskopowy fali akustycznej.	• omawia wielkości opisujące dźwięki, • określa poziom natężenia dźwięku w wybranych sytuacjach.	• wyjaśnia, czym różni się głośność od poziomu natężenia dźwięku.
9.	Zjawisko Dopplera	• opisuje zmiany częstotliwości dźwięku wywołane ruchem źródła dźwięku.	• opisuje zmiany częstotliwości dźwięku wywołane ruchem odbiornika.	• stosuje wzór na zmianę częstotliwości wywołany efektem Dopplera do obliczeń.	• stosuje wzór na zmianę częstotliwości wywołany efektem Dopplera w sytuacjach złożonych.
10.	Dyfrakcja i nakładanie się fal	• podaje definicję dyfrakcji fal, • opisuje wynik nakładania się fal.	• podaje przykłady dyfrakcji fal, • stosuje zasadę superpozycji do wyjaśnienia mechanizmu nakładania się fal, • opisuje zjawisko rozpraszania fal mechanicznych.	• projektuje doświadczenie ilustrujące zjawisko dyfrakcji fal mechanicznych na szczelinie.	• projektuje doświadczenie ilustrujące zjawisko nakładania się fal mechanicznych.
11.	Interferencja fal	• podaje definicję interferencji fal.	• wyjaśnia mechanizm powstawania interferencji fal z dwóch źródeł, • opisuje falę stojącą.	• wyjaśnia mechanizm powstawania fali stojącej.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
12.	Światło jako fala	• określa światło jako falę elektromagnetyczną, • wymienia różne rodzaje fal elektromagnetycznych.	• opisuje doświadczenie Younga jako potwierdzenie falowej natury światła, • podaje zakres długości fali dla światła oraz wartość prędkości światła w próżni, • demonstruje polaryzację światła w wyniku przejścia przez polaryzatory.	• stosuje do obliczeń zależność między prędkością światła, długością oraz częstotliwością fali, • wyjaśnia mechanizm rozpraszania światła.	• planuje doświadczenie ilustrujące zjawisko rozpraszania światła, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
13.	Odbicie światła	• opisuje zjawisko odbicia, • formułuje prawo odbicia.	• konstruuje obraz w zwierciadle płaskim, • podaje cechy obrazu w zwierciadle płaskim.	• opisuje zjawisko polaryzacji przez odbicie.	• wiąże zjawisko odbicia z interferencją.
14.	Załamanie światła	• opisuje zjawisko załamania,	• opisuje zmianę długości fali po przejściu do innego ośrodka.	• stosuje prawo załamania do opisu zjawisk optycznych.	• opisuje bieg światła w ośrodku niejednorodnym.

		• definiuje współczynnik załamania ośrodka, • formułuje prawo załamania.			
15.	Całkowite wewnętrzne odbicie	• podaje definicję kąta granicznego, • opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.	• opisuje zasadę działania światłowodu.	• stosuje poznane zjawiska do rozwiązywania typowych zadań i problemów.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

Klasa 3

Termodynamika					
16.	Cząsteczkowa budowa materii	• opisuje cząsteczkową budowę materii, • podaje definicję energii wewnętrznej, • podaje definicję dyfuzji.	• określa związek temperatury z energią kinetyczną cząsteczek, • omawia różnice w budowie cząsteczkowej gazów, cieczy i ciał stałych, • opisuje charakter sił międzycząsteczkowych.	• korzysta z definicji energii wewnętrznej do wyjaśniania zjawisk z otaczającego świata.	• charakteryzuje ilościowo rozmiary atomów i cząsteczek.
17.	Rozszerzalność cieplna	• opisuje rozszerzalność objętościową cieczy i gazów, • opisuje rozszerzalność liniową ciał stałych.	• wyjaśnia różnice między rozszerzalnością liniową a objętościową.	• stosuje pojęcie rozszerzalności do wyjaśniania zjawisk z otaczającego świata, • oblicza przyrost długości ciała dla zadanego przyrostu temperatury, • projektuje i wykonuje doświadczenia ilustrujące rozszerzalność cieplną.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
18.	Przekaz energii w postaci ciepła	• wymienia trzy rodzaje przekazu ciepła między ciałami, • opisuje zastosowanie materiałów izolacyjnych.	• opisuje różnice między trzema rodzajami przekazu ciepła między ciałami, • stosuje pojęcie stanu równowagi termodynamicznej.	• projektuje i wykonuje doświadczenie ilustrujące przewodność cieplną.	• opisuje zjawiska atmosferyczne będące ilustracją trzech sposobów przekazu ciepła.
19.	I zasada termodynamiki	• formułuje I zasadę termodynamiki, • odróżnia przekaz energii w postaci ciepła od przekazu energii w postaci pracy.	• podaje, czym jest wartość energetyczna paliwa, • stosuje I zasadę termodynamiki do rozwiązywania typowych problemów i zjawisk z otaczającego świata.	• opisuje jakościowo procesy bez wymiany ciepła z otoczeniem.	• opisuje praktyczne przykłady zastosowania przemian adiabatycznych gazów.
20.	Ciepło właściwe	• podaje definicję ciepła właściwego.		• odróżnia pojemność cieplną od ciepła właściwego, • ocenia realność uzyskanych	• rozwiązuje zadania o wyższym stopniu trudności.

				wyników obliczeń.	
21.	Topnienie i krzepnięcie	• opisuje zjawiska topnienia i krzepnięcia, • definiuje ciepło topnienia.	• wykorzystuje ciepło topnienia w prostych obliczeniach, • rozróżnia ciała krystaliczne i bezpostaciowe.	• stosuje w obliczeniach wzór na ciepło pobrane (oddane) w procesie topnienia (krzepnięcia) , • projektuje doświadczenie ilustrujące stałość temperatury podczas topnienia (krzepnięcia).	• odróżnia szadź od szronu, • rozwiązuje zadania o wyższym stopniu trudności.
22.	Parowanie i skraplanie	• opisuje zjawiska parowania i skraplania, • definiuje ciepło parowania, • odróżnia parowanie od wrzenia.	• wykorzystuje ciepło parowania w prostych obliczeniach, • opisuje parowanie jako jeden ze sposobów termoregulacji organizmów.	• stosuje w obliczeniach wzór na ciepło pobrane w procesie parowania, • projektuje doświadczenie ilustrujące stałość temperatury podczas wrzenia.	• rozwiązuje zadania o wyższym stopniu trudności.
23.	Własności fizyczne wody	• charakteryzuje rozszerzalność cieplną wody.	• korzysta z definicji pary nasyconej i nienasyconej.	• podaje definicję wilgotności powietrza, • wyjaśnia zmiany temperatury wrzenia związane ze zmianami ciśnienia.	• stosuje do obliczeń wilgotność względną i bezwzględną, • korzysta z diagramu fazowego wody w zadaniach obliczeniowych.
	Elektrostatyka				
1.	Ładunek elektryczny, przewodniki	• podaje definicję ładunku elementarnego, • stwierdza, że dwa ładunki tego samego znaku odpychają się, a przeciwnych znaków przyciągają się, • wymienia przykłady ciał, które są przewodnikami, • stwierdza, że za przepływ ładunków w metalach odpowiadają elektrony, • formułuje zasadę zachowania ładunku.	• demonstruje elektryzowanie ciał, • stosuje zasadę zachowania ładunku do opisu elektryzowania ciał, • stwierdza, że im dalej od siebie znajdują się naelektryzowane ciała, tym mniejszymi siłami działają na siebie, • stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• wyjaśnia, dlaczego naelektryzowane ciała przyciągają obojętne elektryczne przewodniki, • podaje przykłady elektryzowania ciał w swoim otoczeniu.	• wyjaśnia rolę uziemienia, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
2.	Izolatory	• wymienia przykłady ciał, które są izolatorami, • odróżnia izolatory od przewodników.	• definiuje pojęcie dipola elektrycznego, • podaje przykłady oddziaływań między naelektryzowanymi ciałami, • stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• stosuje pojęcie dipola elektrycznego do wyjaśnienia przyciągania izolatorów przez naelektryzowane ciała.	• stosuje szereg tryboelektryczny do wyjaśnienia elektryzowania izolatorów, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

3.	Siły elektryczne	• jakościowo formułuje prawo Coulomba, • wykorzystuje III zasadę dynamiki do opisu oddziaływań elektrycznych.	• formułuje treść prawa Coulomba, • stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• wykorzystuje wiedzę na temat sił elektrycznych do opisu oddziaływań między ciałami.	• opisuje jakościowo oddziaływanie między dwoma dipolami, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
4.	Pole elektryczne	• posługuje się pojęciem pola elektrycznego, • rysuje linie pola elektrycznego wokół pojedynczych ładunków, • opisuje pole jednorodne.	• ilustruje doświadczalnie linie pola elektrycznego, • stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• określa kierunek i zwrot siły działającej na ładunek elektryczny w oparciu o bieg linii pola elektrycznego, • opisuje zachowanie się swobodnego dipola w polu elektrycznym.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
5.	Napięcie elektryczne	• podaje, czym jest napięcie elektryczne, • używa jednostki napięcia.	• posługuje się pojęciem napięcia elektrycznego jako różnicy potencjałów, • oblicza pracę pola, jeśli ma dane napięcie i ładunek, • stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• interpretuje napięcie elektryczne jako różnicę energii ładunku jednostkowego w polu elektrycznym, • rozróżnia pracę pola wykonaną podczas przemieszczania ładunku od pracy siły zewnętrznej przesuwającej ładunek w polu elektrycznym.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
6.	Przewodnik w polu elektrycznym	• opisuje jakościowo rozkład ładunku w przewodnikach, • wie, że wewnątrz przewodnika nie ma pola elektrycznego.	• opisuje przemieszczenie ładunków w przewodnikach pod wpływem oddziaływania ze strony ładunku zewnętrznego, • podaje przykłady zastosowania klatki Faradaya, • stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• używa pojęcia napięcia elektrycznego do wyjaśnienia znikania pole elektrycznego wewnątrz przewodnika, • wyjaśnia, czym jest napięcie między przewodnikami.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
7.	Kondensator	• określa kondensator jako urządzenie gromadzące energię elektryczną.	• opisuje mechanizm ładowania kondensatorów, • stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• charakteryzuje kondensator poprzez jego pojemność, • demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora.	• podaje praktyczne przykłady zastosowania kondensatorów o bardzo dużej pojemności, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
8.	Zjawiska elektryczne w atmosferze	• wymienia zagrożenia wynikające z wyładowań	• opisuje sposoby zabezpieczeń przed skutkami wyładowań.	• charakteryzuje pole elektryczne wokół Ziemi, • wyjaśnia mechanizm	• jakościowo opisuje mechanizm powstawania

		atmosferycznych.		powstawania chmury burzowej.	wyładowania atmosferycznego.
Prąd elektryczny					
9.	Obwód prądu elektrycznego	• opisuje przepływ prądu w obwodach jako ruch elektronów swobodnych albo jonów w przewodnikach, • wymienia niezbędne elementy obwodu elektrycznego, • podaje definicję natężenia prądu wraz z jednostką, • posługuje się pojęciem napięcia elektrycznego wraz z jednostką.	• wskazuje amperomierz jako urządzenie do mierzenia natężenia prądu, • używa symboli elektrycznych do rysowania schematów obwodów, • demonstruje podłączenie amperomierza w obwodzie prądu stałego, • opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo, • stosuje do obliczeń związek między natężeniem prądu a ładunkiem i czasem jego przepływu przez przekrój poprzeczny przewodnika.	• wyjaśnia rolę ogniwa (baterii) w obwodzie, • bada doświadczalnie dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo.	• opisuje związek dodawania napięć ogniw z zasadą zachowania energii, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
10.	Opór elektryczny	• posługuje się pojęciem oporu elektrycznego jako właściwością przewodnika, • podaje jednostkę oporu elektrycznego, • określa, czym jest opornik i jaką funkcję pełni w obwodzie.	• wskazuje woltomierz jako urządzenie do mierzenia napięcia, • rysuje schemat obwodu do wyznaczenia oporu elektrycznego przewodnika, • zapisuje prawo Ohma, • stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników.	• wyjaśnia, na czym polegają ograniczenia w stosowalności prawa Ohma, • opisuje różnice w zależności oporu elektrycznego od temperatury dla metali i półprzewodników.	• wyjaśnia, dlaczego można pominąć napięcia na przewodach zasilających odbiorniki, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
11.	Prąd jako nośnik energii elektrycznej	• wskazuje kierunek transportu energii za pomocą prądu (od źródła do odbiornika), • posługuje się pojęciem mocy prądu elektrycznego wraz z jednostką, • odczytuje z licznika zużytą energię elektryczną, • przelicza energię elektryczną wyrażoną w kilowatogodzinach na dżule i odwrotnie.	• wyróżnia formy energii, na jakie jest zamieniana energia elektryczna, • wskazuje źródła energii elektrycznej i jej odbiorniki.	• wyprowadza wzór na energię elektryczną, • stosuje do obliczeń przemiany energii w obwodach prądu stałego.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

12.	Obwody elektryczne rozgałęzione	• podaje przykład obwodu rozgałęzionego, • podaje treść I prawa Kirchhoffa.	• stosuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, • rysuje schemat obwodu rozgałęzionego, • oblicza natężenia prądów w obwodach rozgałęzionych.	• planuje i wykonuje doświadczenia ilustrujące I prawo Kirchhoffa.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
13.	Domowa sieć elektryczna	• opisuje sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego, • opisuje funkcję bezpiecznika przeciążeniowego oraz przewodu uziemiającego, • opisuje sposób postępowania w przypadku porażenia prądem.	• opisuje funkcję bezpiecznika różnicowoprądowego, • wskazuje niebezpieczeństwa związane z używaniem prądu elektrycznego, • oblicza maksymalną moc urządzeń w obwodach zabezpieczonych danym bezpiecznikiem.	• rysuje schematy domowej sieci elektrycznej, • wskazuje skutki przerwania dostaw energii elektrycznej do urządzeń o kluczowym znaczeniu.	• wyjaśnia zasadę działania bezpiecznika różnicowoprądowego, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

Klasa 4

	Elektromagnetyzm				
14.	Pole magnetyczne	• nazywa bieguny magnesów stałych, • opisuje oddziaływanie między magnesami, • posługuje się pojęciem pola magnetycznego.	• rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych, • zna jednostkę indukcji magnetycznej.	• opisuje zachowanie ferromagnetyków w polu magnetycznym.	• dokonuje pomiaru indukcji magnetycznej za pomocą smartfona, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
15.	Pole magnetyczne prądu elektrycznego	• rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu zwojnicy z prądem, • opisuje budowę i działanie elektromagnesu, • opisuje wzajemne oddziaływanie elektromagnesów i magnesów.	• rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu prostoliniowego przewodu z prądem, • opisuje jakościowo zależność indukcji magnetycznej w zależności od odległości od przewodu, • opisuje zachowanie się igły magnetycznej w otoczeniu prostoliniowego przewodu z prądem.	• demonstruje linie pola magnetycznego wokół przewodów z prądem, • przewiduje zachowanie się igły magnetycznej w obecności przewodów z prądem, • opisuje zależność indukcji magnetycznej w zależności od odległości od przewodu.	• stosuje do obliczeń zależność indukcji magnetycznej od natężenia prądu oraz odległości od przewodu, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
16.	Przewód z prądem w polu magnetycznym	• opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewody z prądem.	• wie, że kierunek siły działającej na przewód z prądem w polu magnetycznym jest	• wyznacza kierunek siły działającej na przewód z prądem w polu magnetycznym,	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

			prostopadły do linii pola magnetycznego, • wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych.	• demonstruje działanie pola magnetycznego na przewód z prądem.	
17.	Ładunek elektryczny w polu magnetycznym	• opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na poruszające się cząstki naładowane.	• wie, że kierunek siły działającej na cząstkę poruszającą się w polu magnetycznym jest prostopadły do linii pola magnetycznego, • wskazuje przykłady zastosowania działania pola magnetycznego na poruszające się ładunki.	• wyznacza kierunek siły działającej na cząstkę poruszającą się w polu magnetycznym, • opisuje ruch ładunku w polu magnetycznym, • stosuje poznaną wiedzę do rozwiązywania problemów.	• projektuje kształt linii pola pułapki magnetycznej, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
18.	Pole magnetyczne Ziemi	• charakteryzuje pole magnetyczne wokół Ziemi.	• omawia rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym.	• opisuje oddziaływanie magnetosfery z wiatrem słonecznym.	• wyjaśnia wpływ wiatru słonecznego na kształt magnetosfery, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
19.	Indukcja elektromagnetyczna. Część 1.	• stwierdza, że w wyniku ruchu przewodu w polu magnetycznym powstaje w nim prąd elektryczny.	• demonstruje powstawanie prądu indukcyjnego w przewodzie w wyniku jego ruchu w polu magnetycznym.	• wiąże powstawanie prądu elektrycznego z działaniem siły Lorentza na poruszający się ładunek elektryczny.	• określa kierunek prądu indukcyjnego.
20.	Indukcja elektromagnetyczna. Część 2.	• stwierdza, że prąd indukcyjny powstaje również w wyniku zmian pola magnetycznego elektromagnesu.	• demonstruje powstawanie prądu indukcyjnego w przewodzie w wyniku zmian pola magnetycznego wokół elektromagnesu, • opisuje jakościowo mechanizm powstawania fal elektromagnetycznych.	• wyjaśnia przebieg doświadczenia 1 opisanego w rozdziale.	• opisuje polaryzację fali elektromagnetyczne j.
21.	Prądnica	• stwierdza, że do wytwarzania prądu elektrycznego w prądnicy wykorzystuje się zjawisko indukcji elektromagnetycznej.	• opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy.	• opisuje zależność napięcia powstającego na zaciskach prądnicy od czasu.	• opisuje wykorzystanie prądnic do rekuperacji energii.
22.	Prąd przemienny	• opisuje prąd przemienny jako prąd zmieniający kierunek przepływu.	• opisuje cechy prądu przemiennego, • odczytuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych.	• odróżnia chwilową moc prądu przemiennego od średniej, • odróżnia napięcie skuteczne od maksymalnego.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

23.	Transformator, sieci energetyczne	• opisuje transformator jako urządzenie służące do zmiany wartości napięcia.	• opisuje zasadę działania transformatora, • podaje przykłady zastosowania transformatorów, • opisuje cel stosowania transformatorów w sieciach przesyłowych.	• opisuje zasadę działania transformatora przy użyciu pojęcia jego przekładni, • opisuje przemiany energii w transformatorze.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
Fizyka atomowa					
24.	Promieniowanie elektromagnetyczne	• określa, czym są fale elektromagnetyczne, • wymienia zakresy widma fal elektromagnetycznych.	• opisuje zastosowania poszczególnych zakresów fal elektromagnetycznych, • zapisuje zależność między długością i częstotliwością fali.	• wymienia podstawowe właściwości poszczególnych zakresów fal elektromagnetycznych.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
25.	Widmo promieniowania	• odróżnia termiczne i nietermiczne źródła promieniowania, • analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał.	• jakościowo opisuje zależność promieniowania termicznego od temperatury źródła, • odróżnia widmo absorpcyjne od emisyjnego, • opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów.	• zapisuje zależność długości fali emitowanego promieniowania od temperatury.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
26.	Korpuskularna natura promieniowania	• posługuje się pojęciem fotonu jako najmniejszej porcji energii fali elektromagnetycznej.	• opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła, • wyjaśnia pojęcie fotonu oraz jego energii, • oblicza energię fotonu, jeśli zna częstotliwość promieniowania.	• stosuje pojęcie fotonu do opisu rozpraszania światła.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
27.	Budowa i promieniowanie atomów	• zna części składowe atomów, • posługuje się pojęciem poziomu energetycznego elektronu w atomie, • odróżnia atomy od jonów.	• rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone elektronu w atomie, • oblicza energię wyemitowanego (pochłoniętego) fotonu, jeśli zna energie stanów atomu, • wyjaśnia, na czym polega jonizacja atomów.	• oblicza długość fali promieniowania emitowanego przez atom o danych poziomach energetycznych.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
28.	*Przewodniki, izolatory i półprzewodniki			• na podstawie modelu pasmowego odróżnia półprzewodniki typu p oraz typu n, • wiąże pasma energetyczne z poziomami energetycznymi w atomach, • stosuje model pasmowy do	• wyjaśnia, na czym polega zakaz Pauliego w atomach.

				rozróżnienia przewodników, półprzewodników oraz izolatorów.	
29.	Dioda	• opisuje diodę półprzewodnikową jako element obwodu przewodzący prąd w jednym kierunku oraz jako źródło światła.	• opisuje diodę półprzewodnikową jako złącze dwóch rodzajów półprzewodników.	• wyjaśnia świecenie diody z odwołaniem się do poziomów energetycznych atomów półprzewodnika.	• demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników, • wyjaśnia przewodzenie diody w jedną stronę w oparciu o poziomy energetyczne, • wyjaśnia powstawanie napięcie progowego złącza p-n, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
30.	Tranzystor	• opisuje tranzystor jako element wykonany z półprzewodników, służący do wzmacniania sygnałów elektrycznych oraz sterujący prądem elektrycznym.	• wskazuje na potrzebę zasilania tranzystora pracującego w układzie wzmacniacza.	• wyjaśnia działanie tranzystora na przykładzie tranzystora polowego, • opisuje podłączenie tranzystora umożliwiające sterowanie prądem płynącym przez odbiornik energii elektrycznej.	• wykorzystuje charakterystykę tranzystora do rozwiązywania zadań.
31.	Fotoefekty	• opisuje zjawisko fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej, • wyróżnia zjawiska fotoelektryczne zewnętrzne oraz wewnętrzne.	• opisuje jakościowo zjawisko fotochemiczne, podaje przykłady tego zjawiska, • definiuje częstotliwość graniczną zjawiska fotoelektrycznego oraz fotochemicznego, • podaje przykłady fotoelementów, • opisuje przemiany energii w fotoogniwach.	• analizuje zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne, • stosuje model pasmowy półprzewodników do opisu diody jako źródła światła, • wskazuje podobieństwa i różnice w działaniu diody LED i fotoogniwa.	• stosuje model pasmowy półprzewodników do opisu działania fotoogniwa.
Fizyka jądrowa					
32.	Budowa jądra atomowego	• wymienia składniki jądra atomowego, • posługuje się pojęciami:	• opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i liczby atomowej.	• charakteryzuje siły jądrowe jako najsilniejsze oddziaływanie w przyrodzie.	• szacuje gęstość materii jądrowej, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach

		pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron.			nietypowych.
33.	Promieniowanie jądrowe	• wymienia rodzaje promieniowania jądrowego, • określa, czym jest promieniotwórczość, • określa promieniowanie jądrowe jako jonizujące.	• opisuje właściwości poszczególnych rodzajów promieniowania jądrowego.	• zapisuje reakcje poszczególnych rodzajów promieniowania jądrowego, • stosuje zasadę zachowania ładunku elektrycznego i liczby nukleonów do zapisu reakcji.	• określa przenikliwość poszczególnych rodzajów promieniowania w powiązaniu ze zdolnością do jonizacji materii, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
34.	Prawo rozpadu promieniotwórczego	• stwierdza, że liczba jąder izotopu promieniotwórczego w próbce maleje z upływem czasu, • definiuje pojęcie czasu połowicznego rozpadu.	• odczytuje czas połowicznego rozpadu na podstawie wykresu zależności liczby jąder izotopu promieniotwórczego od czasu.	• sporządza wykres zależności liczby jąder izotopu promieniotwórczego od czasu na podstawie informacji o czasie połowicznego rozpadu, • wiąże aktywność próbki preparatu promieniotwórczego z czasem połowicznego rozpadu.	• szacuje zawartość izotopu promieniotwórczego w próbce w oparciu o prawo rozpadu, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
35.	Wpływ promieniowania jądrowego na organizmy	• określa, czym jest promieniowanie tła, • ma świadomość wszechobecności promieniowania jonizującego.	• wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy, • opisuje skutki pochłonięcia zbyt dużych dawek promieniowania jonizującego.	• opisuje wpływ promieniowania na organizmy z uwzględnieniem przenikliwości danego promieniowania, • posługuje się pojęciem dawki równoważnej.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
36.	Zastosowanie izotopów promieniotwórczych	• wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w medycynie.	• wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice.	• opisuje metodę wyznaczania wieku znaleziska na podstawie zawartości izotopu ^{14}C.	• opisuje metodę wyznaczania wieku skał metodami izotopowymi.
37.	Energia wiązania	• posługuje się pojęciem energii wiązania.	• odczytuje energię wiązania z wykresu zależności energii wiązania na nukleon od liczby masowej.	• oblicza energię wiązania dla dowolnego izotopu, • analizuje reakcje jądrowe pod względem energetycznym.	• porównuje energię wiązania jądra z energią jonizacji atomów, • wyjaśnia zmniejszanie się energii wiązania na nukleon wraz ze wzrostem liczby masowej dla ciężkich izotopów.

38.	Deficyt masy	• posługuje się pojęciem deficytu masy.	• stwierdza fakt, że jądro atomowe jest lżejsze od sumy mas jego składników, • wiąże jakościowo deficyt masy z energią wiązania jądra.	• oblicza deficyt masy dla dowolnego izotopu, • oblicza deficyt masy z energii wiązania jądra i odwrotnie.	• wiąże masę ciała z jego energią spoczynkową, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
39.	Rozszczepienie jąder ciężkich	• opisuje reakcję rozszczepienia jądra atomowego, • stwierdza fakt, że podczas rozszczepienia jądra atomowego wydziela się energia.	• odróżnia izotopy rozszczepialne od promieniotwórczych, • zapisuje reakcje jądrowe z zastosowaniem zasady zachowania liczby nukleonów i zasady zachowania ładunku.	• podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej, • szacuje energię wydzieloną podczas rozszczepienia na podstawie analizy wykresu zależności energii wiązania na nukleon od liczby masowej.	• wyjaśnia, dlaczego w złożach uranu nie zachodzi reakcja łańcuchowa, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
40.	Reaktor jądrowy	• opisuje reaktor jądrowy jako miejsce, w którym zachodzą kontrolowane reakcje rozszczepienia jąder atomowych.	• opisuje zasadę działania reaktora jądrowego, • odróżnia role, jakie odgrywają w reaktorze moderatory oraz pręty kontrolne.	• opisuje proces przygotowania paliwa do reaktorów jądrowych, • opisuje sposób odbioru energii z reaktora.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych, • wyjaśnia znaczenie izotopu ^{238}U w paliwie do reaktorów.
41.	Energetyka jądrowa	• opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej, • wymienia korzyści płynące z energetyki jądrowej.	• wymienia niebezpieczeństwa związane z energetyką jądrową, • podaje podobieństwa i różnice między elektrowniami tradycyjnymi a elektrowniami jądrowymi.	• opisuje sposoby postępowania ze zużytymi prętami paliwowymi.	• opisuje zastosowanie reaktorów jądrowych jako źródła napędu, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
42.	Synteza jądrowa	• wie, że podczas łączenia lekkich jąder wydziela się energia.	• opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach, • omawia warunki zajścia reakcji syntezy.	• szacuje energię wydzieloną podczas syntezy jądrowej na podstawie analizy wykresu zależności energii wiązania na nukleon od liczby masowej.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych, • opisuje sposób utrzymywania plazmy w reaktorach termojądrowych.
43.	Ewolucja gwiazd	• wie, że Słońce jest typową gwiazdą, • wie, że źródłem energii Słońca są reakcje termojądrowe w jego jądrze.	• opisuje etapy ewolucji Słońca.	• opisuje etapy ewolucji masywnych gwiazd, • omawia proces prowadzący do powstawania gwiazd i planet.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych, • wyjaśnia zależność czasu życia gwiazdy od jej masy.
44.	Supernowe i czarne dziury	• określa supernową jako wybuch gwiazdy, • podaje przykład wybuchu supernowej, • określa czarną dziurę jako obiekt, z którego	• opisuje procesy prowadzące do wybuchu supernowej.	• opisuje procesy prowadzące do powstania czarnej dziury, • opisuje mechanizm wybuchu supernowej.	• opisuje wpływ czarnych dziur na czasoprzestrzeń.

		nie może wydostać się nawet światło.			

Klasa 5

Dział 18. Dualna natura promieniowania i materii				
1–3. Fale elektromagnetyczne	• omówić widmo fal elektromagnetycznych, • podać źródła i zastosowania wybranych zakresów widma	• podać definicję fali elektromagnetycznej	• omówić doświadczenie Hertza	• przygotować prezentację na temat oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizmy
3. Doświadczenie Younga. Światło jako fala elektromagnetyczna	• wyjaśnić powstawanie prążków interferencyjnych w doświadczeniu Younga, • wyjaśnić historyczne znaczenie doświadczenia Younga	• obserwować zjawisko dyfrakcji i interferencji światła oraz opisać obrazy otrzymane na ekranie, • na podstawie opisu w podręczniku wyprowadzić związek między długością fali, odległością sąsiednich prążków na ekranie, wzajemną odległością szczelin i odległością szczelin od ekranu	• wyjaśnić pojęcie spójności fal	
4–5. Dyfrakcja i interferencja światła	• opisać i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną • wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy	• podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal • sporządzić rysunek przedstawiający odbicie światła od dwóch powierzchni cienkiej warstwy	• zastosować do obliczeń warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal, • porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego • wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy	• wyprowadzić i skomentować warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia światła przechodzącego przez siatkę dyfrakcyjną, • opisać metodę wyznaczania długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej • wyprowadzić wzory na powstawanie obszarów jasnych i ciemnych, • obliczyć długość fali, dla której w wyniku interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy zachodzi maksymalne wzmocnienie lub całkowite wygaszenie

6–7. Dyfrakcja światła na szczelinie	• zaobserwować i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez szczelinę	• podać i nazwać wielkości występujące we wzorach na kąt ugięcia, pod którym widzimy pierwszy ciemny prążek, w przypadku szczeliny i kolistego otworka	• interpretować warunek na pierwsze minimum, czyli związek kąta ugięcia z szerokością szczeliny i długością fali padającej na szczelinę oraz – w przypadku kolistego otworka – z jego średnicą i długością fali padającej na otworek • analizować obrazy dyfrakcyjne obiektów znajdujących się w różnych odległościach od siebie, • podać warunek rozróżnialnoś-ci obiektów jako oddzielnych	• analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej, • fuzasadnić stwierdzenie, że im większy rząd widma uzyskanego za pomocą siatki dyfrakcyjnej, tym większa jest zdolność rozdzielcza siatki
8–10. Polaryzacja światła	• obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory, których osie polaryzacji tworzą różne kąty • wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji	• zademonstrować zjawisko polaryzacji przez podwójne załamanie i przez odbicie, • podać przykład naturalnego polaryzatora	• opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną, • wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła, • opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie,	• zapisać i objaśnić prawo Malusa, • przeanalizować i opisać matematycznie skutek przejścia światła przez kilka polaryzatorów umieszczo-nych na wspólnej osi, • wyjaśnić zasadę działania kina 3D

11–14. Zjawisko fotoelektryczne	• obserwować i objaśnić zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne, • posługiwać się pojęciem kwantu energii – fotonu, • wymienić praktyczne zastosowania fotokomórki	• wyjaśnić pojęcie pracy wyjścia elektronu z metalu, • sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia *W*, • uzasadnić pogląd, że światło ma naturę dualną, • zapisać i objaśnić zasadę zachowania energii w zjawisku fotoelektrycznym	• przeprowadzić rozumowanie dowodzące, że maksymalna energia kinetyczna fotoelektronów zależy od częstotliwości promieniowania wywołującego zjawisko fotoelektryczne i nie zależy od natężenia tego promieniowania, • przeprowadzić rozumowanie dowodzące, że liczba fotoelektronów zależy od natężenia promieniowania, • analizować wykresy dotyczące zależności wielkości fizycznych opisujących zjawisko fotoelektryczne, • omówić teorię Einsteina wyjaśniającą zjawisko fotoelektryczne	• sporządzić wykres zależności natężenia *I* prądu płynącego przez fotokomórkę od napięcia *U* między anodą i katodą, oświetlaną kolejno światłem o różnych natężeniach, • sporządzać wykresy zależności *I*(*U*) dla promieniowania o takim samym natężeniu, ale o różnych częstotliwościach, • sporządzać wykresy zależności maksymalnej energii kinetycznej od częstotliwości promieniowania dla różnych metali, • wyznaczyć pracę wyjścia i stałą Plancka na podstawie wykresu zależności napięcia hamowania od częstotliwości i oszacować niepewności pomiarowe
15–17. Promieniowanie ciał. Widma	• rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe, • wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym, • opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy, • wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym	• opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania, • obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków, otrzymane za pomocą siatki dyfrakcyjnej, • opisać jakościowo zależność natężenia promieniowania ciała od temperatury, • opisać jakościowo zależność długości fali emitowanej przez ciało od temperatury tego ciała	• sformułować i wyjaśnić hipotezę Maxa Plancka, • wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego, • obliczyć różnice energii między poziomami energetycznymi w atomie wodoru	• zapisać i objaśnić prawo Stefana–Boltzmanna i prawo Wiena, • opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Rydberga (serie widmowe)

18–20. Model Bohra budowy atomu wodoru	• wyjaśnić, co to znaczy, że promienie orbit i energia atomu wodoru są skwantowane, • opisać atom wodoru według teorii Bohra i wskazać, że energia atomu, w którym elektron znajduje się na wyższej orbicie, jest większa, • wyjaśnić skutki absorpcji i emisji kwantu energii przez atom wodoru, • wyjaśnić zjawisko jonizacji atomu	• sformułować i zapisać postulaty Bohra, • obliczyć całkowitą energię atomu wodoru, • wyjaśnić, co to znaczy, że energia jest skwantowana, • skorzystać z modelu Bohra i wyjaśnić, jak powstają serie widmowe, • opisać światło laserowe jako spójne i monochromatyczne	• wyjaśnić, dlaczego nie można wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej, • wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem rewolucyjnym i jest do dziś stosowany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych wyników doświadczalnych, • interpretować linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła, • rozróżnić stan podstawowy i stany wzbudzone atomu, • stosować zasady zachowania energii i pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy, • opisać odrzut atomu emitującego foton; porównać energię odrzutu atomu z energią emitowanego fotonu	• wyjaśnić, dlaczego bez dodatkowych założeń (bez postulatów Bohra) atom zbudowany zgodnie z modelem Bohra nie mógłby istnieć, • wyprowadzić wzór na serie widmowe na podstawie teorii Bohra budowy atomu wodoru, • opisać zasadę działania żagla słonecznego
21–23. Promieniowanie rentgenowskie	• opisać właściwości promieni X, • wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego	• opisać widmo promieniowania rentgenowskiego, • uzasadnić pogląd, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną	• wyjaśnić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego o widmie ciągłym i widmie liniowym, • wyprowadzić wzór na λ_{min}, • posługiwać się wzorem Bragga, • interpretować zjawiska jonizacji i fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej	• omówić zjawisko Comptona i uzasadnić fakt, że jego wyjaśnienie wymaga przyjęcia założenia o korpuskularnej naturze promieniowania rentgenowskiego, • przygotować prezentację na temat zastosowań promieniowania rentgenowskiego

24. Fale materii	• wypowiedzieć hipotezę de Broglie'a i objaśnić wzór na długość fali materii, • wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych	• obliczyć długość fali de Broglie'a dla elektronu o podanej energii kinetycznej, • wyrazić pogląd, że idea powszechności dualizmu korpuskularno-falowego w przyrodzie jest słuszna, i podać na to przykłady	• omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na krysztale) jako eksperymentalny dowód na falowe właściwości cząstek	• przygotować prezentację na temat zastosowania falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy)
Dział 19. Elementy szczególnej teorii względności				
1–3. Szybkość światła w różnych inercjalnych układach odniesieni	• opisać różnice między poglądami Galileusza i Einsteina na upływ czasu mierzonego w różnych układach inercjalnych, • przeanalizować doświadczenie myślowe uzasadniające względność jednoczesności oraz równoczesność zdarzeń w mechanice klasycznej i ich niejednoczesność w mecha-nice relatywistycznej • wyjaśnić, dlaczego opis zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych różni się od opisu tego zjawiska dla fal mechanicznych, • podać i objaśnić wzór przybliżony na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej, • wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych	• wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina, • wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni • interpretować wzór przybliżony w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych	• uzasadnić względność jednoczesności jako konsekwencję faktu, że prędkość światła w próżni we wszystkich inercjalnych układach odniesienia ma taką samą, skończoną wartość *c* • wyjaśnić, dlaczego do wyprowadzenia wzoru na odbieraną częstotliwość fali elektromagnetycznej należy stosować teorię względności, • podać i objaśnić wzory dotyczące zjawiska Dopplera, stosowane w obserwacjach astronomicznych	• podać dokładny wzór na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej i przekształcić go do wzoru przybliżonego, objaśnić wpływ termicznego ruchu cząsteczek na szerokość linii widmowych

4. Maksymalna szybkość przekazu informacji	• przytoczyć opis doświadczenia, którego wynik stanowi dowód na to, że szybkość przekazu energii i informacji nie może przekroczyć c, • wyjaśnić, dlaczego fakt, że szybkość nie może przekroczyć *c*, dowodzi ograniczonej stosowalności mechaniki Newtona, • wyjaśnić, dlaczego nie każde zjawisko wcześniejsze może być przyczyną zjawiska późniejszego	• opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych	• przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami, • wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie	• podać przykład opisu ruchu dwóch obiektów, w którym konieczne jest zastosowanie relatywistycznego prawa składania prędkości
5–6. Pęd relatywistyczny		• podać i objaśnić definicję pędu relatywistycznego	• sporządzić i objaśnić wykres zależności pędu relatywistycznego od szybkości ciała, • opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym	• wyprowadzić i objaśnić związek siły działającej na ciało z szybkością zmiany jego pędu, • wyjaśnić, dlaczego zwrot siły nie jest na ogół zgodny ze zwrotem przyspieszenia
7–8. Masa i energia w fizyce relatywistycznej	• podać i objaśnić wzór relatywistyczny na energię kinetyczną, • podać, że w układzie, w którym ciało spoczywa, ma ono energię $E = mc^2$, zwaną energią spoczynkową, • wyrazić pogląd, że masa ciała jest jego wielkością charakterystyczną, jednakową w każdym układzie odniesienia	• interpretować wykres zależności relatywistycznej energii kinetycznej od szybkości obiektu, • zapisać i skomentować wyrażenie na całkowitą energię ciała swobodnego, • wyrazić pogląd, że w zjawiskach mikroskopowych całkowita energia jest zachowana	• wyprowadzić wzór na całkowitą relatywistyczną energię ciała, • wyjaśnić równoważność masy i energii spoczynkowej cząstki, czyli zinterpretować wzór $E_S = mc^2$, • wyjaśnić, dlaczego w zjawiskach zachodzących w świecie ciał makroskopowych nie bierzemy pod uwagę składnika mc^2	• przeprowadzić rozumowanie i obliczenia dowodzące, że dla małych szybkości relatywistyczny wzór na energię kinetyczną przechodzi we wzór klasyczny, • podać relację między energią kinetyczną i całkowitą cząstki a jej energią spoczynkową

9. Związek między energią i pędem cząstki. Energia i masa układu cząstek		• zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą a wartościami pędu i prędkości cząstki, • zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą cząstki a wartością jej pędu i masą, • wyrazić i zinterpretować pogląd, że masa układu cząstek wzajemnie oddziałujących jest mniejsza od sumy mas tych cząstek	• wykazać, że masa pojedynczego fotonu jest równa zeru, • wykazać, że układ fotonów może mieć masę różną od zera, • opisać ruch relatywistycznej cząstki naładowanej, • wykazać, że pęd fotonu ma wartość $p = \frac{h}{\lambda}$	• wyprowadzić związek między energią całkowitą cząstki a wartościami jej pędu i prędkości, • wyprowadzić związek między energią całkowitą, a wartością pędu i masą cząstki
Dział 20. Fizyka jądrowa				
1. Promieniowanie jądrowe i jego właściwości	• opisać samorzutną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki, • wymienić rodzaje promieniowania jądrowego i podać ich główne właściwości	• opisać szczegółowo właściwości każdego rodzaju promieniowania jądrowego	• przygotować prezentację na temat historii odkrycia promieniotwórczości i roli Marii Skłodowskiej-Curie	• opisać niektóre metody badania właściwości promieniowania jądrowego
2. Jądro atomowe i jego budowa	• podać i scharakteryzować składniki jądra atomowego	• zdefiniować liczbę masową i liczbę atomową (porządkową) pierwiastka, • opisać właściwości sił jądrowych	• opisać doświadczenie Rutherforda i wyjaśnić znaczenie jego wyników	• przygotować prezentację na temat kwarków i leptonów – najmniejszych składników materii
3. Rozpady promieniotwórcze	• wyjaśnić, czym różnią się od siebie izotopy, i podać przykłady izotopów wybranego pierwiastka, • wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy	• podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus, • podać ładunek i masę pozytonu, • wyjaśnić pojęcia cząstki i antycząstki	• przeanalizować, jak zmieniają się jądra pierwiastków po rozpadach promieniotwórczych, • wyjaśnić rolę neutrina lub antyneutrina w reakcjach rozpadów, • sformułować regułę Soddiego i Fajansa, • podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma	• wyjaśnić pojęcie szeregu promieniotwórczego i omówić jeden z nich

4–5. Prawo rozpadu promieniotwórcze-go	• zapisać i objaśnić prawo rozpadu promieniotwórczego, • zdefiniować pojęcie czasu połowicznego rozpadu, • przytoczyć kilka przykładowych czasów połowicznego rozpadu, • wyjaśnić zagrożenia wynikające z bardzo długiego czasu połowicznego rozpadu niektórych izotopów	• wyjaśnić pojęcie stałej rozpadu, • zdefiniować pojęcie aktywności źródła i podać jej jednostkę, • wyjaśnić, co to znaczy, że rozpad promieniotwórczy ma charakter statystyczny	• zinterpretować wykres $N(t)$ zależności liczby jąder danego izotopu w próbce od czasu, • korzystać ze związku między stałą rozpadu i czasem połowicznego rozpadu, • objaśnić metodę datowania za pomocą izotopu ^{14}C	• wyprowadzić prawo rozpadu promieniotwórczego, • obliczyć masę promieniotwórczego izotopu pierwiastka po określonym czasie, • przygotować prezentację na temat wpływu działalności człowieka na wzrost poziomu promieniowania w środowisku
6–7. Energia wiązania	• wyjaśnić, dlaczego do rozdzielenia składników układu związanego konieczne jest dostarczenie energii, • wyjaśnić, dlaczego masa jądra jest mniejsza od sumy mas jego składników, • wyjaśnić pojęcie deficytu masy, • podać wzór na energię wiązania jądra atomowego	• wyprowadzić wzór na deficyt masy, • znaleźć związek pomiędzy energią wiązania i deficytem masy	• zdefiniować jednostkę masy atomowej i wykorzystywać ją do wykonywania obliczeń, • zinterpretować wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych	• obliczyć energię wiązania jądra wybranego atomu, • porównać energie wiązania jąder z energią wiązania atomów i cząsteczek
8–9. Reakcje jądrowe. Kreacja i anihilacja	• wyjaśnić, na czym polegają procesy, które nazywamy reakcjami jądrowymi, • wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych, • opisać zjawisko kreacji par elektron–pozyton, • opisać zjawisko anihilacji	• poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych, uwzględniając konieczność zachowania całkowitego ładunku i całkowitej liczby nukleonów, • wyjaśnić zasadę zachowania ładunku w zjawisku kreacji, • zapisać zasadę zachowania energii w zjawisku kreacji, • zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu	• wyjaśnić i opisać za pomocą równania kreację pary elektron–pozyton, • przedstawić zasadę zachowania pędu w zjawisku kreacji, • obliczyć minimalną energię fotonu konieczną do zajścia zjawiska kreacji, • opisać proces anihilacji pozytonu i elektronu	• podać warunki konieczne do zajścia reakcji jądrowej i zastosować je do obliczenia najmniejszej energii kinetycznej, jaką należy dostarczyć cząstce α, zderzającej się z jądrem złota, aby mogła nastąpić reakcja jądrowa, • obliczyć minimalną energię fotonu powstającego w zjawisku anihilacji

10–11. Reakcje rozszczepienia	• wyjaśnić pojęcie reakcji egzoenergetycznej i wymienić reakcję rozszczepienia jako przykład takiej reakcji, • opisać energię jądrową jako nadwyżkę energii kinetycznej powstającej w procesie rozszczepienia, • wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa, i podać warunki jej zachodzenia	• na podstawie doświadczenia myślowego opisanego w podręczniku wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwalana w reakcjach rozszczepienia jąder atomowych	• zapisywać równania reakcji rozszczepienia jąder z uwzględnieniem zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów, • wykazać, że suma mas składników reakcji rozszczepienia jest większa od sumy mas produktów reakcji, czyli udowodnić, że reakcja jest egzoenergetyczna, więc może stanowić źródło energii	• stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji rozszczepienia, • obliczyć energię uwolnioną podczas rozszczepienia opisanego podanym równaniem reakcji, • uzasadnić stwierdzenie, że energia dostarczana przez wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzi z energii spoczynkowej ciał
12. Energetyka jądrowa. Wykorzystanie energii jądrowej	• wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową, • wymienić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane	• uzasadnić pogląd o konieczności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej	• opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej, • opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej	• przygotować się do dyskusji na temat: *Odpowiedzialność uczonych za konsekwencje ich badań i zastosowania odkryć naukowych*; brać czynny udział w dyskusji
13. Reakcje termojądrowe. Ewolucja gwiazd	• opisać reakcje fuzji lekkich jąder i skutki takich reakcji, • podać, że źródłem energii Słońca są reakcje syntezy jąder wodoru w jądra helu, • podać szacunkową wartość różnicy energii wydzielonej podczas syntezy określonej masy jąder i energii uzyskanej ze spalania takiej samej masy węgla	• na podstawie wykresu zależności energii wiązania na jeden nukleon od liczby nukleonów w jądrze atomu udowodnić, że procesy syntezy lekkich jąder mogą być źródłem energii, • omówić schemat cyklu proton–proton, • omówić perspektywy pokojowego wykorzystania energii termojądrowej, • opisać reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach	• opisać gwiazdy jako obiekty, w których nieustannie zachodzą reakcje syntezy lekkich jąder, ponieważ panują tam bardzo wysokie ciśnienie i temperatura rzędu milionów stopni, • omówić schemat cyklu CNO, • opisać budowę i zasadę działania bomby termojądrowej	• obliczyć energię wydzieloną w reakcji syntezy oraz energię uzyskaną w wyniku spalania węgla i porównać te dwie wartości, • wyjaśnić zjawisko wybuchu supernowej, • wyjaśnić, czym jest czarna dziura i w jaki sposób powstaje, • przygotować prezentację na temat możliwości obserwacyjnych teleskopu Webba
14. Promieniowanie jonizujące a organizmy	• opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy, • porównywać dawki promieniowania pochodzącego ze źródeł naturalnych, • wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem	• porównać odporność różnych gatunków organizmów na promieniowanie jonizujące, • wymienić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej	• podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę, • podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki	• opisać schemat i zasadę działania licznika Geigera–Müllera, • zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego