Wymagania edukacyjne z fizyki
w I Liceum Ogólnokształcącym im. Króla Władysława Jagiełły
w Przeworsku

1. Umiejętności i wiadomości ucznia mogą być sprawdzane poprzez:
   - sprawdziany wiadomości i umiejętności,
   - kartkówki,
   - odpowiedzi ustne
   - przykładowe arkusze maturalne/próbne matury,
   - pracę na lekcji,
   - zadania domowe
2. W przypadku sprawdzianów wiadomości i umiejętności oraz kartkówek uzyskane przez ucznia punkty przeliczane są na oceny według podanych niżej zasad:
0% – 34% punktów – niedostateczny
35% – 49% punktów – dopuszczający
50% – 74% punktów – dostateczny
75% – 89% punktów – dobry
90% – 99% punktów – bardzo dobry
100% punktów – celujący
3. Ocena przykładowych arkuszy maturalnych i próbnych matur wyrażona jest w procentach.
4. Ilość kartkówek i sprawdzianów wiadomości i umiejętności podyktowana jest realizowanym w danej klasie programem nauczania.

Ocena niedostateczna

• Uczeń nie spełnił wymagań koniecznych.

• Uczeń nie opanował wiadomości i umiejętności określonych w podstawie programowej nauczania fizyki w danym okresie. Nie jest w stanie odtworzyć podanych wiadomości nawet z pomocą nauczyciela. Braki w umiejętnościach i wiadomościach uniemożliwiają mu dalszą skuteczną naukę.

Ocena dopuszczająca

• Uczeń spełnił wymagania konieczne i nie spełnił wymagań podstawowych.
• Uczeń ma braki w opanowaniu pewnych treści zawartych w podstawie programowej. Odtwarza wiedzę z pomocą nauczyciela. Deklaruje chęć dalszej nauki, jego umiejętności nie przekreślają szans na dalszą skuteczną naukę.

Ocena dostateczna

- Uczeń spełnił wymagania konieczne i podstawowe.
- Uczeń ma podstawową wiedzę na temat omówionych treści zawartych w podstawie programowej. Posługuje się wiedzą głównie na poziomie jakościowym, rozwiązuje bardzo proste, typowe przykłady rachunkowe i problemowe.

Ocena dobra

- Uczeń spełnił wymagania konieczne, podstawowe i rozszerzone.
- Uczeń w znacznym stopniu opanował treści zawarte w podstawie programowej. Posługuje się wiedzą na poziomie ilościowym. Posiadaną wiedzę potrafi zastosować do rozwiązywania przykładów rachunkowych oraz problemowych.

Ocena bardzo dobra

- Uczeń spełnił wymagania konieczne, podstawowe, rozszerzone i dopełniające.
- Uczeń w pełni opanował treści zapisane w podstawie programowej, wykazuje się swobodą w operowaniu posiadaną wiedzą i umiejętnościami. Rozwiązuje nietypowe zadania rachunkowe i problemowe.

Ocena celująca

- Uczeń spełnił wymagania konieczne, podstawowe, rozszerzone i dopełniające, a także wykazuje się wiedzą i umiejętnościami pozwalającymi rozwiązywać trudne zadania rachunkowe.

- Uczeń wykorzystuje podstawowe prawa fizyki do wyjaśniania skomplikowanych zjawisk zachodzących w przyrodzie. Samodzielnie rozwija swoje zainteresowania fizyką, osiąga sukcesy w konkursach i olimpiadach.

ZAKRES PODSTAWOWY

KLASA 1

Lp.	Temat	Wymagania			
		konieczne	podstawowe	rozszerzone	dopełniające
		Uczeń:			
Kinematyka					
1.	Niepewności pomiarowe, cyfry znaczące	• wykonuje pomiary czasu oraz długości, • wskazuje cyfry znaczące w wyniku obliczeń.	• oblicza średni wynik z wielu pomiarów, • zapisuje wynik obliczeń z odpowiednią liczbą cyfr znaczących, • określa rozdzielczość przyrządu pomiarowego.	• szacuje niepewność pomiarową, • oblicza niepewność względną, • porównuje precyzję poszczególnych pomiarów.	• dobiera przyrządy stosownie do przeprowadzanych pomiarów, • odróżnia błędy grube od przypadkowych, • zauważa błędy systematyczne serii pomiarów.
2.	Opis ruchu	• wskazuje na rysunkach tor oraz przebytą drogę, • stosuje pojęcie prędkości do opisu ruchu, • odróżnia przemieszczenie od drogi.	• podaje przykłady ruchu jednostajnego, • oblicza prędkość dla ruchu • jednostajnego, • odróżnia prędkość średnią od chwilowej.	• odróżnia wykresy $s(t)$ od wykresów $x(t)$, • rozwiązuje zadania o średnim stopniu trudności.	• opisuje ruch ciała w różnych układach odniesienia, • wyznacza prędkość względną dwóch obiektów, • rozwiązuje zadania wymagające ułożenia równania i wyznaczenia niewiadomej.
3.	Ruch zmienny	• stosuje pojęcie przyspieszenia do opisu ruchu, • podaje przykłady ruchu przyspieszonego i opóźnionego, • opisuje słownie ruch zmienny, używając pojęcia prędkości.	• oblicza przyspieszenie, mając dane prędkości i czas, • definiuje słownie ruch jednostajnie przyspieszony i opóźniony, • analizuje jakościowo wykresy prędkości od czasu.	• oblicza prędkość końcową przy zadanym przyspieszeniu, • analizuje ilościowe wykresy zależności prędkości od czasu, • oblicza przyspieszenie z wykresu $v(t)$.	• rozwiązuje zadania o podwyższonym stopniu trudności, • rysuje wykresy prędkości i położenia od czasu przy zadanych parametrach ruchu.

4.	Droga w ruchu jednostajnym i zmiennym	• odróżnia ruch jednostajny od jednostajnie zmiennego, • oblicza drogę w ruchu jednostajnym.	• zapisuje równania poszczególnych ruchów, • na podstawie opisu sytuacji potrafi nazwać poszczególne rodzaje ruchu ciał, • oblicza drogę, podstawiając dane do podstawowych wzorów.	• z opisu sytuacji wyodrębnia potrzebne wielkości fizyczne do obliczeń, • poprawnie dobiera równanie do określonych rodzajów ruchu, • poprawnie interpretuje uzyskane wyniki obliczeń.	• rozwiązuje zadania o podwyższonym stopniu trudności, • ocenia realność uzyskanych wyników obliczeń.
Dynamika					
5.	Siły wokół nas. III zasada dynamiki	• nazywa siły w najbliższym otoczeniu, wskazuje kierunki ich działania, • podaje treść III zasady dynamiki.	• poprawnie rysuje wektory sił, • wybiera ciało, na które działa siła,	• odróżnia siły wewnętrzne od zewnętrznych, • przedstawia pary sił wynikające z III zasady dynamiki, • na podstawie analizy opisu sytuacji, wskazuje środek masy ciała.	• analizuje siły działające w bardziej złożonych układach ciał, • wyjaśnia mechanizm poruszania się ludzi, pojazdów itp.
6.	Siła wypadkowa. I zasada dynamiki	• składa siły równoległe, • wyznacza wartość wypadkowej sił równoległych, • podaje treść I zasady dynamiki.	• graficznie składa siły nierównoległe, • oblicza wartość wypadkowej sił działających w kierunkach prostopadłych do siebie, • analizuje siły działające na ciało w spoczynku i poruszające się ruchem jednostajnym.	• podaje przykłady inercjalnych układów odniesienia, • wnioskuje o wartościach sił na bazie I i III zasady dynamiki.	• zaznacza na rysunkach działające siły, • wyznacza wartości sił działających w układzie co najmniej dwóch ciał.
7.	II zasada dynamiki	• formułuje treść II zasady dynamiki, • oblicza przyspieszenie ciała, znając siłę i masę, • podaje przykłady ruchu ciał pod działaniem siły, • wskazuje siłę będącą przyczyną ruchu.	• analizuje rodzaj ruchu ciała przy zadanych siłach, • oblicza przyspieszenie, korzystając z II zasady dynamiki, • określa kierunek siły wypadkowej na podstawie opisu ruchu.	• korzysta z równań ruchu, aby obliczyć siłę wypadkową, • mając daną siłę wypadkową, wnioskuje o siłach działających na ciało.	• rozwiązuje bardziej złożone zadania z dynamiki.
8.	Opory ruchu	• odróżnia siłę tarcia od oporu ośrodka, • wyznacza kierunek działania siły tarcia i oporu ośrodka w opisanych sytuacjach, • omawia wpływ siły tarcia i oporu ośrodka na ruch ciała.	• omawia warunki powstawania siły tarcia, • wyjaśnia mechanizm powstawania tarcia w oparciu o obraz mikroskopowy, • określa, od czego zależą siła tarcia i siła oporu ośrodka.	• opisuje sposoby zmniejszenia lub zwiększenia siły tarcia i oporu ośrodka, • oblicza wartość siły tarcia, • wskazuje różnice między tarciem statycznym a kinetycznym.	• wnioskuje o wartości tarcia statycznego w opisanej sytuacji, • rozwiązuje zadania związane z ruchem pod działaniem siły tarcia.

9.	Spadanie ciał	• określa rodzaj ruchu ciała spadającego swobodnie (bez oporów ruchu), • zapisuje wartość przyspieszenia ziemskiego, • wskazuje sytuacje, w których można pominąć opór powietrza.	• określa, w jakiej sytuacji ruch spadającego ciała staje się jednostajny, • zapisuje warunek, przy którym ciała spadają ruchem jednostajnym.	• omawia ruch ciała z uwzględnieniem oporu powietrza, odwołując się do II zasady dynamiki, • szacuje prędkości graniczne dla różnych ciał.	• szacuje siłę oporu powietrza z wykresu zależności prędkości od czasu dla ciała spadającego w powietrzu, • szacuje drogę przebytą ruchem przyspieszonym podczas spadania.
10.	Ruch po okręgu	• podaje przykłady ruchu po okręgu, • określa kierunek działania siły wypadkowej w ruchu po okręgu, • definiuje pojęcia prędkości, okresu i promienia okręgu.	• określa siłę będącą siłą dośrodkową we wskazanych sytuacjach, oblicza prędkość ruchu, mając dany promień i okres obiegu, • określa jakościowo zależność siły dośrodkowej od prędkości ciała, jego masy oraz promienia okręgu.	• oblicza wartość siły dośrodkowej, • wskazuje przykłady ruchu po okręgu pod działaniem różnych sił, • opisuje związki między prędkością, promieniem, okresem i częstotliwością.	• analizuje ruch po okręgu w sytuacjach, gdy siłą dośrodkową jest wypadkowa kilku sił.
11.	Siły bezwładności	• wskazuje w otoczeniu układy nieinercjalne, • podaje kierunek działania siły bezwładności w opisywanych sytuacjach, • zapisuje, od czego zależy siła bezwładności.	• analizuje siły działające na ciało znajdujące się w spoczynku w układzie nieinercjalnym.	• odróżnia układ inercjalny od nieinercjalnego, • rozwiązuje proste zadania w układzie nieinercjalnym.	• analizuje dane zjawisko w układzie inercjalnym i nieinercjalnym, • rozwiązuje trudniejsze zadania obliczeniowe.
12.	*Zasady dynamiki – przykłady			• tłumaczy w oparciu o zasady dynamiki, dlaczego trudniej jest ruszyć ciało niż je przesuwać, • omawia warunek spoczynku ciała na równi, analizując siły, • wie, że nacisk na podłoże na równi jest mniejszy od ciężaru, • opisuje związek między kątem nachylenia a przyspieszeniem ciała na równi. • znajduje graficznie siłę wypadkową działającą na ciało znajdujące się na równi, • oblicza przyspieszenie ciała na równi,	• rozwiązuje zadania z równią pochyłą, • wykorzystując równania ruchu i zasady dynamiki.

				• wyjaśnia, dlaczego tarcie na stromych stokach jest małe.	
Energia i jej przemiany					
13.	Zasada zachowania energii	• formułuje treść zasady zachowania energii, • wskazuje przykłady przemian energii w procesach zachodzących w otoczeniu.	• omawia przemiany energetyczne procesów w przyrodzie, • odróżnia układ izolowany energetycznie od nieizolowanego.	• wyjaśnia przebieg zjawisk, odwołując się do zasady zachowania energii.	• rozwiązuje zadania obliczeniowe, • wyklucza hipotetyczny przebieg zjawiska, odwołując się do zasady zachowania energii.
14.	Praca i moc	• określa, kiedy wykonywana jest praca w sensie fizycznym, • definiuje pojęcie mocy.	• oblicza pracę, gdy znane są siła i przemieszczenie, • oblicza pracę, gdy znane są czas pracy i moc urządzenia, • określa, w jakich warunkach praca • wykonana przez siłę wynosi zero.	• wiąże pracę siły zewnętrznej ze zmianą energii układu, • zauważa wpływ sił oporu ruchu • na zmianę energii ciała.	• rozwiązuje zadania rachunkowe, • wyznacza siłę działającą na ciało na podstawie analizy przemian • energetycznych.
15.	Energia grawitacji i energia kinetyczna	• wskazuje przykłady, w których ciała mają energię kinetyczną i energię potencjalną grawitacji, • podaje, od czego zależy energia kinetyczna i energia potencjalna • grawitacji.	• oblicza energię kinetyczną i energię potencjalną grawitacji w prostych • przykładach.	• oblicza pracę siły wykonaną przez siłę jako zmianę energii układu.	• rozwiązuje bardziej złożone zadania • obliczeniowe.
16.	Zasada zachowania energii mechanicznej	• formułuje zasadę zachowania energii mechanicznej, • opisuje, w jakich warunkach energia mechaniczna jest zachowana, • podaje przykłady zjawisk, w których zachowana jest energia mechaniczna.	• omawia rzuty z punktu widzenia energii mechanicznej, • oblicza energię mechaniczną ciała w zadanej sytuacji.	• stosuje zasadę zachowania energii do rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	• rozwiązuje bardziej złożone zadania obliczeniowe.
17.	Energia sprężystości	• klasyfikuje ciała ze względu na własności sprężyste, • podaje przykłady ciał mających energię potencjalną sprężystości.	• określa zależność siły sprężystości od odkształcenia, • podaje przykłady przemian energetycznych z udziałem energii potencjalnej sprężystości, • podaje zastosowania energii potencjalnej sprężystości.	• oblicza siłę sprężystości i energię potencjalną sprężystości, • podaje przykłady obiektów mających energię sprężystości mimo braku widocznego odkształcenia.	• rozwiązuje zadania, korzystając z zasady zachowania energii mechanicznej.

18.	Energia mechaniczna w sporcie	• wskazuje dyscypliny sportowe, w których osiągi notowane są jako pomiar fizyczny.	• omawia przemiany energetyczne w wybranych dyscyplinach sportowych, • wskazuje rodzaje aktywności wymagającej dużej mocy oraz dużej energii.	• szacuje osiągi sportowców w oparciu o zasadę zachowania energii.	• wyjaśnia rolę rozbiegu w różnych dyscyplinach sportowych.
Grawitacja i astronomia					
19.	Układ Słoneczny	• opisuje budowę Układu • Słonecznego, • określa następstwa ruchu • obrotowego i obiegowego Ziemi.	• podaje kolejność planet od Słońca, • określa, co to są komety i meteoryty, • opisuje cechy planet karłowatych.	• opisuje mechanizm powstawania • warkocza komety i jego kierunku, • opisuje znaczenie badania meteorytów • dla astronomii.	• opisuje miejsca, w których na niebie • należy szukać planet, • wyjaśnia ruch planet na tle gwiazd.
20.	Prawo grawitacji	• formułuje prawo grawitacji (prawo powszechnego ciążenia), • określa siłę grawitacji jako przyczynę krążenia planet wokół Słońca oraz księżyców wokół planet.	• oblicza siłę grawitacji dla danych mas znajdujących się w podanej odległości od siebie, • wiąże siłę grawitacji z siłą ciężkości.	• oblicza przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni ciał niebieskich, • oblicza masę Ziemi.	• rozwiązuje zadania o podwyższonym stopniu trudności.
21.	Satelity. Prędkość orbitalna	• podaje definicję satelity, • określa siłę grawitacji jako przyczynę krążenia satelitów wokół planet, • odróżnia satelity naturalne i sztuczne, • opisuje niektóre zastosowania sztucznych satelitów.	• opisuje warunki krążenia satelitów geostacjonarnych.	• porównuje prędkości i okresy obiegu satelitów na różnych orbitach.	• oblicza wysokość satelitów geostacjonarnych, • wyprowadza związek między okresem obiegu a promieniem orbity satelitów.

22.	*Wyznaczanie mas planet i gwiazd			• oblicza masę ciała centralnego, korzystając ze wzoru na prędkość orbitalną, • wyjaśnia, dlaczego Ziemia krąży wokół Słońca, a nie odwrotnie, odwołując się do mas obu ciał, • wyprowadza wzór na obliczenie mas ciał niebieskich z prawa grawitacji,	• oblicza masy składników układów • podwójnych krążących wokół środka masy.

				• oblicza masę planety mającej satelitę, • oblicza masę, korzystając z wartości przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni planety.	
23.	Nieważkość i przeciążenie	• wskazuje sytuacje, w których występuje stan nieważkości i przeciążenia, • opisuje różnice między stanem normalnym a nieważkością i przeciążeniem.	• wyjaśnia stan nieważkości i przeciążenia, odwołując się do siły bezwładności, • wymienia skutki zdrowotne przebywania w stanie nieważkości i przeciążenia, • określa miarę przeciążenia.	• oblicza przeciążenie w określonych sytuacjach.	• wyjaśnia stan nieważkości i przeciążenia z punktu widzenia układu nieinercjalnego oraz układu inercjalnego.
24.	Budowa Wszechświata	• odróżnia astronomię od astrologii, • określa, czym są gwiazdy, • podaje definicję roku świetlnego jako jednostki odległości. • wyjaśnia, że sfera niebieska wykonuje obrót w ciągu 1 doby i zna tego przyczynę.	• opisuje, czym są gwiazdozbiory, • opisuje, czym jest galaktyka, • opisuje różnicę między galaktyką a mgławicą.	• wie, czym jest zodiak, • przelicza lata świetlne na kilometry i jednostki astronomiczne.	• wyjaśnia ruch Słońca i planet na tle gwiazd.
25.	Ewolucja Wszechświata	• opisuje podstawowe fakty dotyczące powstania i ewolucji Wszechświata (moment powstania – Wielki Wybuch, ciągłe rozszerzanie się).	• podaje treść prawa Hubble'a, • podaje dowody obserwacyjne rozszerzania się przestrzeni.	• oblicza odległości do galaktyk i prędkości ucieczki, korzystając z prawa Hubble'a, • opisuje fakt istnienia ciemnej materii i ciemniej energii.	• opisuje fakty obserwacyjne potwierdzające istnienie ciemnej materii, • wiąże stałą Hubble'a z wiekiem Wszechświata.

KLASA 2

L p.	**Temat**	**Wymagania**			
		konieczne	**podstawowe**	**rozszerzone**	**dopełniające**
		Uczeń:			
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.	• określa niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy, • 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,	• oblicza częstotliwość fali na podstawie znajomości jej okresu,	• stosuje do obliczeń zależność między długością, częstotliwością oraz	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

		• podaje definicje długości oraz prędkości fali.	• odczytuje amplitudę oraz długość fali z obrazu fali.	prędkością fali.	
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.	• projektuje 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, • definiuje współczynnik załamania ośrodka, • formułuje prawo załamania.	• opisuje zmianę długości fali po przejściu do innego ośrodka.	• stosuje prawo załamania do opisu zjawisk optycznych.	• opisuje bieg światła w ośrodku niejednorodnym.

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.
16.	Zjawiska optyczne w atmosferze	•	•	•	•
Termodynamika					
17.	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.
18.	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.
19.	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.
20.	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.
21.	Ciepło właściwe i bilans cieplny	• podaje definicję ciepła właściwego,	•	• odróżnia pojemność cieplną od ciepła właściwego, • ocenia realność uzyskanych wyników obliczeń.	• rozwiązuje zadania o wyższym stopniu trudności.

23.	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.
24.	Bilans cieplny – przykłady	•	•	•	•
25.	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.

KLASA 3

Lp.	**Temat**	**Wymagania**			
		konieczne	**podstawowe**	**rozszerzone**	**dopełniające**
		Uczeń:			
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,	• 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.

		• formułuje zasadę zachowania ładunku.			
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		• stosuje poznaną wiedzę do opisu typowych sytuacji.	• używa pojęcia napięcia elektrycznego do wyjaśnienia znikania pole elektrycznego wewnątrz przewodnika,	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

				• wyjaśnia, czym jest napięcie między przewodnikami.	
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 atmosferycznych.	• opisuje sposoby zabezpieczeń przed skutkami wyładowań.	• charakteryzuje pole elektryczne wokół Ziemi, • wyjaśnia mechanizm powstawania chmury burzowej.	• jakościowo opisuje mechanizm powstawania 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,	• wskazuje woltomierz jako urządzenie do mierzenia napięcia, • rysuje schemat obwodu do wyznaczenia oporu elektrycznego przewodnika,	• wyjaśnia, na czym polegają ograniczenia w stosowalności prawa Ohma.	• wyjaśnia, dlaczego można pominąć napięcia na przewodach zasilających odbiorniki,

		• określa, czym jest opornik i jaką funkcję pełni w obwodzie.	• zapisuje prawo Ohma, • stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników.		• 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	•	•	•	•
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 prostopadły do linii pola magnetycznego, • wskazuje oddziaływanie magnetyczne jako podstawę działania silników elektrycznych.	• wyznacza kierunek siły działającej na przewód z prądem w polu magnetycznym, • demonstruje działanie pola magnetycznego na przewód z prądem.	• stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.
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.	•	• 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 elektromagnetycznej.
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	•	•	•	• 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	• analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał.	• odróżnia widmo absorpcyjne od emisyjnego, • opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów.	•	• 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 rozróżnienia przewodników, półprzewodników oraz izolatorów.	• wyjaśnia, na czym polega zakaz Pauliego w atomach.

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	•	•	•	
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, • 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: pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron.	• 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 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	• określa przenikliwość poszczególnych rodzajów promieniowania w powiązaniu ze zdolnością do jonizacji materii, • stosuje poznaną wiedzę w sytuacjach nietypowych.

				liczby nukleonów do zapisu reakcji.	
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 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	•	•	•	•
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	•	•		•
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.	•	•	•
44.	Supernowe i czarne dziury	•	•	•	•

ZAKRES ROZSZERZONY

KLASA 1

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:
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	• 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, • 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	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 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 , • obliczać energię kinetyczną ciała za pomocą wzoru	• 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,	• 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

		za pomocą którego obliczamy tę energię		
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	• sformułować cele doświadczenia, • wykonywać kolejne czynności wymienione w opisie doświadczenia,	• samodzielnie przestudiować opis doświadczenia zamieszczony w podręczniku

		zamieszczonych w opisie doświadczenia	• z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	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 czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru, • zapisać wynik pojedynczego pomiaru wraz z niepewnością pomiarową i objaśnić ten wynik,	• 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

	• wyjaśnić na przykładach przyczyny popełniania podczas pomiarów błędów grubych i systematycznych, • wyjaśnić, dlaczego przy pomiarze czasu stoperem przyjmujemy niepewność większą od najmniejszej działki przyrządu	• obliczyć średnią arytmetyczną wyników pomiarów i oszacować jej niepewność, • oszacować niepewność względną i procentową		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

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:
Dział 6. Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej				
1. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	• zdefiniować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów, • podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych	• podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowego	• wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienny	• pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach
2. Ruch obrotowy bryły sztywnej	• wymienić cechy modelu, jakim jest bryła sztywna, • podać przykłady ruchu postępowego i obrotowego bryły sztywnej	• posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe	• wyprowadzić i objaśnić związki między wielkościami opisującymi ruch obrotowy	• precyzyjnym językiem fizyki objaśnić analogie między wielkościami kinematycznymi dla ruchu postępowego i obrotowego
3. Energia kinetyczna bryły sztywnej	• podać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły wykonującej ruch obrotowy, • podać wzór na moment bezwładności punktu materialnego względem wybranej osi obrotu	• obliczyć energię kinetyczną obracającej się bryły, znając jej szybkość kątową i moment bezwładności względem osi symetrii	• wyprowadzić wzór na energię kinetyczną obracającej się bryły, • zdefiniować moment bezwładności i uzasadnić pogląd, że charakteryzuje on bezwładność bryły, • korzystać z twierdzenia Steinera do obliczania momentów bezwładności	• stosować definicję momentu bezwładności [Equation] i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył

4–6. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	• wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprawienia bryły w ruch obrotowy, • na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły	• na podstawie wzoru definicyjnego obliczyć wartość momentu siły i podać jego kierunek i zwrot, • podać przykłady ruchów obrotowych jednostajnych i zmiennych	• formułować pierwszą i drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego, • podać warunki wykonywania ruchów obrotowych jednostajnie i niejednostajnie zmiennych	• wykazać, że przy obracaniu bryły pracę wykonuje moment siły, • wyprowadzić i objaśnić wzór na moc chwilową w ruchu obrotowym bryły
7–8. Równowaga bryły sztywnej	• wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich	• podać warunki równowagi bryły sztywnej, • podać sposoby praktycznego wykorzystania maszyn prostych	• na podstawie odpowiednich obliczeń wyjaśnić zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloku nieruchomego i ruchomego oraz kołowrotu	• wyjaśnić zasadę działania wielokrążka
9–10. Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności	• aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły	• aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły	• zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły	• obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kątowego bryły sztywnej
11–12. Moment pędu	• wymienić moment pędu jako wielkość służącą do opisu ruchu obrotowego, która nie ulega zmianie, gdy wypadkowy moment sił działających na bryłę jest równy zeru	• napisać wzór na moment pędu punktu materialnego poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu, • podać kierunek i zwrot momentu pędu	• zapisać i objaśnić związek momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii z momentem bezwładności tej bryły, • zapisać i objaśnić drugą zasadę dynamiki w postaci [Equation] i wywnioskować z niej zasadę zachowania momentu pędu	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wyrażenia drugiej zasady dynamiki w postaci [Equation]

13. Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu	• obserwować ruch układu (człowiek z hantlami na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu	• obserwować ruch układu (człowiek z wirującym kołem na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu	• za pomocą wahadła Oberbecka wykonać doświadczenie sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu	• obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy porównywaniu momentów pędu w doświadczeniu sprawdzającym zasadę zachowania momentu pędu układu
14. Analogie w opisie ruchów postępowego i obrotowego	• większości dynamicznych wielkości fizycznych służących do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego	• wszystkim dynamicznym wielkościom fizycznym służącym do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego i wyrazić je odpowiednimi wzorami	• wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiazywania typowych zadań	• wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności
15–17. Złożenie ruchów postępowego i obrotowego: toczenie	• opisać toczenie bryły jako złożenie ruchu postępowego względem podłoża i ruchu obrotowego wokół osi symetrii	• podać zerową prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jako warunek toczenia się bryły bez poślizgu, • zastosować zasadę zachowania energii do opisu bryły staczającej się z równi pochyłej bez poślizgu	• obliczyć wypadkową prędkość punktów leżących na pionowej średnicy bryły toczącej się bez poślizgu, • zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły	• opisać staczanie się bryły po równi pochyłej jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu, • wyjaśnić, dlaczego podczas toczenia bez poślizgu energia mechaniczna bryły jest zachowana
Dział 7. Pole grawitacyjne				
1. O odkryciach Kopernika i Keplera	• przedstawić podstawowe założenia heliocentrycznej	• sformułować i objaśnić prawa Keplera	• wykazać, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu	• przygotować prezentację na temat roli odkryć

	teorii budowy Układu Słonecznego		pędu planet obiegających Słońce, • korzystać z trzeciego prawa Keplera do rozwiązywania zadań	Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii
2. Prawo powszechnej grawitacji	• zapisać wzorem i wypowiedzieć prawo powszechnej grawitacji, • wymienić ciała, dla których można je stosować w zapisanej postaci	• objaśnić praktyczne znaczenie bardzo małej wartości stałej grawitacji	• wykazać, że siła grawitacji działająca na ciało o masie *m* umieszczone na planecie jest wprost proporcjonalna do promienia i gęstości tej planety	• przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa powszechnej grawitacji Newtona
3. Pierwsza prędkość kosmiczna	• zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi	• wyjaśnić, dlaczego satelity Ziemi krążą wokół niej z prędkością o nieco mniejszej wartości, • objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny”	• wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej, • obliczyć promień orbity geostacjonarnej i szybkość satelity na tej orbicie	• przygotować prezentację na temat sposobów wykorzystania satelitów geostacjonarnych
4–5. Natężenie pola grawitacyjnego	• przypomnieć poznane wcześniej pola sił i podać przykłady doświadczeń, w których możemy wykryć ich istnienie, • zilustrować graficznie pole grawitacyjne centralne i jednorodne, • odpowiedzieć na pytanie: *Od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego wytworzonego przez Ziemię?*	• wyjaśnić, co nazywamy źródłem pola, a co ciałem próbnym i jakiego ciała próbnego używamy do wykrycia pola grawitacyjnego, • podać definicję natężenia pola grawitacyjnego	• określić kierunek i zwrot natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie, • z definicji natężenia pola i prawa powszechnej grawitacji wywnioskować, od czego zależy natężenie w danym punkcie centralnego pola grawitacyjnego, • sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od punktu materialnego i kuli dla [Equation]	• stosować zasadę superpozycji natężeń, • obliczyć wartość siły grawitacji wewnątrz Ziemi, • wyjaśnić różnicę między natężeniem pola grawitacyjnego a przyspieszeniem ziemskim w danym punkcie, • sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od środka kuli

6–7. Praca w polu grawitacyjnym	• 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	• przy założeniu, że pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi jest jednorodne, obliczyć pracę stałej siły równoważącej siłę grawitacji podczas podnoszenia ciała na wysokość *h* po kilku różnych drogach oraz sformułować wniosek	• wyjaśnić, co to znaczy, że siła jest zachowawcza oraz że pole grawitacyjne jest polem zachowawczym, • podać przykład ciała zmieniającego położenie w polu grawitacyjnym, choć nie działa na nie siła zewnętrzna	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym
8–9. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	• na przykładzie Ziemi i leżącego na niej ciała opisać zmiany energii potencjalnej tego ciała przy jego oddalaniu się do nieskończoności	• uzasadnić stwierdzenie, że energia potencjalna ciała zmienia się wraz ze zmianą odległości ciała od źródła pola i przyjmuje wartości ujemne, • sporządzić wykres zależności energii potencjalnej ciała w polu centralnym od odległości od źródła pola, którym jest jednorodna kula o promieniu *R*	• zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wyrażenia na energię potencjalną ciała w danym punkcie pola	• uzasadnić stwierdzenie, że w polu zachowawczym zmiana energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia jest jednoznacznie określona, • podać przykład pola niezachowawczego, w którym to stwierdzenie nie jest prawdziwe
10. *Potencjał pola grawitacyjnego				• zdefiniować potencjał i podać jego jednostkę, • odpowiedzieć na pytanie: *Od czego zależy potencjał pola centralnego?*, • narysować wykres *V*(*r*) dla jednorodnego i dla centralnego pola grawitacyjnego,

				• zapisać wzór na pracę w polu grawitacyjnym za pomocą potencjałów
11. Druga prędkość kosmiczna	• sformułować pytanie, jakie stawiamy przed przystąpieniem do obliczenia drugiej prędkości kosmicznej	• podać wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi	• zapisać i objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wzoru na drugą prędkość kosmiczną
12–13. Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia	• podać przykłady ciała w stanie przeciążenia, niedociążenia i nieważkości	• opisać wpływ przeciążenia na organizm człowieka	• objaśnić, co oznaczają stwierdzenia, że ciało jest w stanach przeciążenia, niedociążenia i nieważkości	• podać warunki, w których występuje stan nieważkości, • wyjaśnić zasadę równoważności (możliwość wytwarzania sztucznej grawitacji)
Dział 8. Elementy astronomii				
1. Układ Słoneczny	• wymienić ciała niebieskie wchodzące w skład Układu Słonecznego	• podać główne właściwości Słońca i planet Układu Słonecznego	• szczegółowo opisać właściwości Słońca, planet i ich księżyców oraz pozostałych ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego	• przygotować prezentację na temat najnowszych odkryć dotyczących Układu Słonecznego
2–3. Jednostki odległości stosowane w astronomii	• zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny	• opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej	• odszukać informacje o szybkościach sond kosmicznych i obliczać przybliżone czasy dotarcia sondy do planety	• zamieniać jednostki odległości używane w astronomii, • wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia

4. Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie	• przeprowadzić obserwację Drogi Mlecznej	• podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie	• obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki	• przygotować prezentację na temat czarnych dziur
5–6. Prawo Hubble'a i teoria Wielkiego Wybuchu	• podać przybliżony wiek Wszechświata, • wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk"	• podać treść prawa Hubble'a, • zapisać wzorem prawo Hubble'a i objaśnić występujące w nim wielkości fizyczne	• obliczyć wiek Wszechświata, • opisać ewolucję Wszechświata, • wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata na modelu balonika	• wymienić i objaśnić główne fakty obserwacyjne uzasadniające słuszność teorii Wielkiego Wybuchu, • wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni
Dział 9. Ruch drgający harmoniczny				
1. Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych	• podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystości	• rozróżnić zjawiska sprężyste i plastyczne	• podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych	• objaśnić przemiany energii podczas odkształceń sprężystych
2–3. Ruch drgający harmoniczny. Badanie wydłużenia sprężyny	• wymienić i opisać cechy ruchu drgającego harmonicznego, • zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę	• wymienić i zdefiniować wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny, • zapisać i objaśnić związek siły sprężystości z wychyleniem ciała z położenia równowagi	• podać sens fizyczny współczynnika sprężystości sprężyny, • wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę	• na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny

4–6. Matematyczny opis ruchu harmonicznego. Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny	• opisać model, którym posługujemy się do matematycznego opisu ruchu harmonicznego, • zapisać wzór na okres drgań harmonicznych i przekształcać go w celu obliczenia każdej z występujących w nim wielkości, • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny	• obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu wzdłuż osi x zwróconej pionowo w górę, • sporządzić i zinterpretować wykresy zależności $x(t)$, $\square_x(t)$ i $a_x(t)$	• zapisać i objaśnić wzory na współrzędne x, $\square_x$, $\underline{a}_x$ i F_x w przypadkach, w których mierzenie czasu rozpoczynamy przy przechodzeniu ciała przez położenie równowagi oraz w chwili maksymalnego wychylenia, • zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny	• na podstawie obserwacji i obliczeń sformułować wniosek dotyczący ruchu rzutu na oś x punktu poruszającego się po okręgu, • obliczać współrzędne x, $\square_x$, $\underline{a}_x$ i F_x przy dowolnej fazie początkowej, • wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym
7. Energia w ruchu harmonicznym	• zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną sprężystości i na energię całkowitą ciała wykonującego ruch harmoniczny, • omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny	• na podstawie wykresu $F_x(x)$ wyprowadzić wzór na energię potencjalną sprężystości	• wyprowadzić wzór na całkowitą energię ciała wykonującego ruch harmoniczny i wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej w tym ruchu	• sporządzać wykresy zależności $E_p(x)$, $E_k(x)$ oraz $E_p(t)$ i $E_k(t)$, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
8–10. Wahadło matematyczne. Zademonstrowanie niezależności okresu	• opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne	• zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,	• wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła jest ruchem harmonicznym, • wyjaśnić, na czym polega izochronizm wahadła,	• wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, • samodzielnie opracować sposób sprawdzenia

drgań wahadła od amplitudy. Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego		• zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań	• wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego	zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie
11. Drgania wymuszone i rezonansowe. Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego	• zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego	• wyjaśnić, kiedy występuje i na czym polega zjawisko rezonansu	• wyjaśnić znaczenie pojęć: drgania swobodne i częstotliwość drgań własnych	• wyjaśnić pojęcie „częstotliwość rezonansowa”
Dział 10. Zjawiska termodynamiczne				
1. Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki. Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał	• wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia	• wyjaśnić, co rozumiemy pod pojęciem „stan równowagi termodynamicznej”	• wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice, i przypisać każdej odpowiedni symbol, • badać proces wyrównywania temperatury ciał i posługiwać się bilansem cieplnym	• wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki

2. Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym	• wymienić wielkości fizyczne, od których zależy ciśnienie gazu w zamkniętym naczyniu	• wymienić warunki, jakie powinien spełniać gaz doskonały	• zapisać podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego i objaśnić występujące w nim wielkości	• przekształcić wzór podstawowy do postaci wiążących ciśnienie z masą lub gęstością gazu i objaśnić występujące w nim wielkości
3. Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona	• objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina, • zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego	• uzasadnić stwierdzenie, że równość temperatur dwóch gazów oznacza równość średnich energii ruchu postępowego cząsteczek obu gazów, • zapisać związek temperatury gazu w skali Kelvina ze średnią energią kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek tego gazu, • zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona	• przekształcić wzór podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego	• obliczyć stałą gazową R i przekształcić równanie stanu gazu doskonałego do postaci równania Clapeyrona, • wyrazić średnią energię ruchu postępowego cząsteczek gazu poprzez stałą Boltzmanna i temperaturę w skali bezwzględnej
4–6. Szczególne przemiany gazu doskonałego	• wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie	• wypowiedzieć, zapisać wzorem i objaśnić prawo Boyle'a, Charles'a i Gay-Lussaca	• wyjaśnić, co to znaczy, że proces jest kwazistatyczny, • sporządzać wykresy zależności $p(V)$ przy stałej temperaturze gazu, $p(T)$ przy stałej objętości gazu i $V(T)$ przy stałym ciśnieniu	• skorzystać z równania Clapeyrona i wyprowadzić prawo Boyle'a, prawo Charles'a i prawo Gay-Lussaca
7. Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	• wymienić rodzaje energii cząsteczek gazu, • wyjaśnić pojęcie „energia wewnętrzna ciała"	• uzasadnić fakt, że cząsteczki gazu doskonałego mają tylko energię kinetyczną wszystkich rodzajów ruchu	• wyjaśnić pojęcie „stopień swobody", • wytłumaczyć zasadę ekwipartycji energii i zapisać	• za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów

			wzór na całkowitą energię kinetyczną cząsteczki, która ma *i* stopni swobody, • skorzystać z zasady ekwipartycji energii i zapisać oraz skomentować wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego o stałej masie	jednoatomowych mają trzy stopnie swobody
8. Pierwsza zasada termodynamiki	• wymienić sposoby dokonywania zmiany energii wewnętrznej ciała i podać przykłady takich zmian z codziennego życia	• wyjaśnić, co rozumiemy przez dostarczanie ciału ciepła, • wypowiedzieć i zapisać wzorem pierwszą zasadę termodynamiki oraz przedyskutować znaki Q i W w różnych procesach	• obliczyć pracę objętościową wykonaną przez siłę zewnętrzną przy zmniejszaniu objętości gazu, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że zarówno wykonana praca, jak i wymienione ciepło są funkcją procesu	• udowodnić, że w dowolnej przemianie gazu wartość bezwzględną pracy objętościowej można obliczyć tak jak pole powierzchni figury zawartej pod wykresem $p(V)$ dla tej przemiany
9–10. Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki	• opisać przemianę adiabatyczną gazu	• zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i adiabatycznej oraz przedyskutować znaki wielkości fizycznych dla różnych przypadków	• zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany izobarycznej i przedyskutować znaki W i Q dla różnych przypadków	• sporządzić wykresy zależności $p(V)$ dla przemian izotermicznej i adiabatycznej, • wytłumaczyć różnicę w kształcie izobar i adiabat
11. Ciepło właściwe i ciepło molowe	• wyjaśnić różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem molowym	• zapisać wzory na ciepło wymienione z otoczeniem za pomocą wielkości fizycznych: ciepło właściwe i ciepło molowe	• zapisać i skomentować związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem	• wyprowadzić związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem

12. Energia wewnętrzna jako funkcja stanu		• zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie izochorycznej i stwierdzić, że wzór ten stosuje się w dowolnej przemianie	• 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	• przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki
13–15. Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota	• stwierdzić, że zamiana części dostarczonego ciepła na pracę jest podstawą działania silnika cieplnego, • opisać kolejne fazy pracy silnika spalinowego czterosuwowego	• podać przykład sytuacji, w której dostarczenie ciepła skutkuje jednorazowym wykonaniem pracy, • wyjaśnić ideę Carnota i zdefiniować sprawność silnika, • opisać zasadę działania chłodziarek i pomp cieplnych	• opisać i objaśnić cykl Carnota i działanie idealnego silnika cieplnego, • zapisać i skomentować wzór na pracę wykonaną przez silnik cieplny, • sformułować drugą zasadę termodynamiki	• opisać procesy odwracalne (w tym proces kwazistatyczny) oraz procesy nieodwracalne, • sporządzić wykres cyklu odwrotnego do cyklu Carnota, • zdefiniować skuteczność chłodzenia
16. Fluktuacje. Wzmianka o entropii	• podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii	• wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii	• podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki	
17–20. Przejścia fazowe. Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej.	• podać fazy, w których może występować ta sama substancja, • opisać zjawiska topnienia i parowania	• podać definicję ciepła topnienia i ciepła parowania, • wyjaśnić, dlaczego temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia zewnętrznego,	• sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła	• przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania,

Wyznaczanie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu		• zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej		• wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu
21. Para nasycona i para nienasycona	• wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para nasycona	• wytłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z cieczą, z której powstała, • podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej	• podać warunki, przy spełnieniu których do pary nienasyconej można stosować prawa gazowe, • podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym	• sporządzić wykres zależności ciśnienia pary nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt, • wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny”
22. Rozszerzalność temperaturowa ciał. Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych	• odpowiedzieć na pytanie: *Co nazywamy bezwzględnym, a co względnym przyrostem objętości?* • podać sens fizyczny współczynnika rozszerzalności objętościowej i liniowej, • podać przykład sytuacji z codziennego życia, w której musimy uwzględnić zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał	• zapisać wzór definicyjny współczynnika rozszerzalności objętościowej, • odpowiedzieć na pytanie, od czego zależy, współczynnik rozszerzalności objętościowej, • zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał stałych	• porównać współczynniki rozszerzalności objętościowej ciał stałych, cieczy i gazów, • opisać zjawisko anomalnej rozszerzalności wody	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że współczynnik rozszerzalności objętościowej ciał stałych jest w przybliżeniu trzykrotnie większy od współczynnika rozszerzalności liniowej, • obliczyć wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej gazów doskonałych
23. *Transport energii przez				• wyjaśnić, na czym polega transport energii przez

przewodnictwo i konwekcję				przewodnictwo cieplne i przez konwekcję, • objaśnić wzór na szybkość przekazu ciepła w pręcie
Dział 11. Pole elektrostatyczne				
1–2. Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych	• wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne, • wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich	• objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej, • zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał	• podać wartość liczbową ładunku elementarnego, • wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku	• wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący
3–4. Natężenie pola elektrostatycznego. Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego	• opisać, w jaki sposób za pomocą metalowej, naelektryzowanej kuleczki można zbadać, czy w przestrzeni istnieje pole elektrostatyczne, • wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie	• podać definicję natężenia pola elektrostatycznego, • przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika, • graficznie, za pomocą linii pola, przedstawić pole elektrostatyczne centralne i jednorodne	• wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie	• opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól, • wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone prze dipol
5. Naelektryzowany przewodnik	• opisać doświadczenie z klatką Faradaya, • opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi	• zdefiniować gęstość powierzchniową ładunku, • opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach	• sporządzić wykres $E(r)$ dla naelektryzowanego przewodnika kulistego	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest

				prostopadłe do tej powierzchni
6. Przewodnik w polu elektrostatycznym	• stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne	• wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu	• opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zeru
7–10. Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego	• zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba, • 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, • wymienić wielkości, od których zależy potencjał centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, oraz jednostkę, w której go wyrażamy	• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego, • podać definicję potencjału pola elektrostatycznego, • wyjaśnić, co mamy na myśli mówiąc, że natężenie pola i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne w danym punkcie	• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na energię potencjalną ładunku w grawitacyjnym i elektrostatycznym polu centralnym, • 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	• sporządzić wykresy zależności $E_p(r)$ dla ładunków jedno- i różnoimiennych, • sporządzić i objaśnić wykresy zależności $V(r)$ dla dodatniego i ujemnego źródła centralnego pola elektrostatycznego, • stosować zasadę superpozycji dla potencjałów, • wyprowadzić wzór na pracę w polu elektrostatycznym wyrażony poprzez różnicę potencjałów i udowodnić, że stosuje się dla każdego pola elektrostatycznego

11. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego	• opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować, • nazwać stały dla danego przewodnika iloraz Q/V i podać jego jednostkę	• zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać jej sens fizyczny	• wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową	• opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika
12–13. Kondensator	• opisać budowę kondensatora płaskiego, • wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego	• wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora	• podać definicję kondensatora	• wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi
14. Dielektryk w polu elektrostatycznym	• wymienić cechy dielektryka, • wymienić kilka różnych dielektryków, • opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność	• wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi, • zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny	• dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności	• za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka
15. Energia naładowanego kondensatora. Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa)	• stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię	• zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora, • zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora	• wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci	• przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii

16. Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym	• na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza	• podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym	• opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach: , , , gdzie to prędkość początkowa cząstki	• przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego

KLASA 3

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:
Dział 12. Prąd stały i modele przewodnictwa				
1–2. Prąd elektryczny jako przepływ ładunku.	• objaśnić, co to znaczy, że w przewodniku płynie prąd elektryczny, • posługiwać się pojęciami natężenia prądu elektrycznego	• zdefiniować natężenie prądu i jego jednostkę, • posługiwać się pojęciem napięcia elektrycznego i jego jednostką,	• zinterpretować I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, • dodawać napięcia w układzie ogniw połączonych szeregowo	• objaśnić mikroskopowy model przepływu prądu w metalach, • skorzystać z tekstów dotyczą-cych odkryć

Zademonstrowanie pierwszego prawa Kirchhoffa	i napięcia elektrycznego wraz z ich jednostkami, • podać nazwy przyrządów do pomiaru natężenia prądu i napięcia	• podać treść I prawa Kirchhoffa, • stosować w zadaniach I prawo Kirchhoffa, • zademonstrować I prawo Kirchhoffa		kluczowych dla rozwoju fizyki i przygotować prezentację o początkach prac nad prądem elektrycznym
3–7. Badanie zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu	• podać warunek konieczny do przepływu prądu elektrycznego przez przewodnik, • zapisać wzór definicyjny oporu przewodnika i objaśnić wielkości występujące w tym wzorze, • podać jednostkę oporu	• przypomnieć pojęcie napięcia i jego jednostkę, • wyjaśnić, co nazywamy charakterystyką prądowo-napięciową, • wypowiedzieć i objaśnić prawo Ohma, • narysować charakterystykę prądowo-napięciową przewodnika podlegającego i niepodlegającego prawu Ohma, • opisać wpływ zmian temperatury na opór przewodnika	• odczytać z charakterystyki przewodnika jego opór, • sporządzić doświadczalnie charakterystyki prądowo-napięciowe żarówki i kilku przewodników, • zdefiniować jednostkę oporu i podać jej wielokrotności, • dodawać napięcia w układzie ogniw połączonych szeregowo	• analizować niepewności pomiarowe i wnioskować o proporcjonalności $I \sim U$, • podać sens fizyczny oporu, • wyjaśnić zasadę działania termometru oporowego, • wykreślić przybliżony kształt charakterystyki prądowo-napięciowej termistora
8–9. Łączenie szeregowe i równoległe odbiorników	• narysować schemat obwodu, w którym odbiorniki są połączone szeregowo lub równolegle, • objaśnić schemat domowej instalacji elektrycznej, • wyjaśnić funkcje bezpieczników i przewodu ochronnego	• połączyć szeregowo kilka oporników, • połączyć równolegle kilka oporników i do tego układu zastosować I prawo Kirchhoffa, • obliczać opór zastępczy kilku oporników połączonych szeregowo lub równolegle	• opisać rozkład napięć i natężeń prądu w łączeniach szeregowym lub równoległym oporników, • wyprowadzić wzór na opór zastępczy kilku oporników połączonych szeregowo lub równolegle	• upraszczać schemat obwodu składającego się z oporników połączonych w sposób mieszany, • wyjaśnić ograniczenia metody pomiaru oporu za pomocą amperomierza i woltomierza

10. Zależność oporu od długości i przekroju poprzecznego przewodnika	• obliczyć opór przewodnika, gdy znane są jego opór właściwy i wymiary geometryczne	• analizować zależność oporu od wymiarów przewodnika, • posługiwać się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką	• zbadać doświadczalnie zależność oporu przewodnika od jego długości i przekroju poprzecznego	• zaplanować i wykonać doświadczenie, w którym wyznacza się opór właściwy przewodnika, • podać sens fizyczny oporu właściwego i przewodnictwa właściwego
11–12. Praca i moc prądu elektrycznego	• posługiwać się pojęciami pracy i mocy prądu, objaśnić wielkości występujące we wzorach oraz podać jednostki pracy i mocy prądu, • odczytać i zinterpretować moc znamionową odbiornika	• zapisać i objaśnić wzór na ciepło Joule'a, • wykorzystać dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń	• opisać przemiany energii w biernych i czynnych elementach obwodu, • opisać budowę wkładki topikowej i wyjaśnić jej rolę w obwodzie prądu	• przeprowadzić rozumowanie pokazujące, jak zwiększanie liczby włączonych odbiorni-ków, wpływa na wzrost natężenia prądu w sieci miejskiej
13–15. Siła elektromotoryczna. Prawo Ohma dla całego obwodu	• zapisać wzorem definicję wolta i objaśnić występujące w niej jednostki wielkości fizycznych, • zapisać prawo Ohma dla całego obwodu i nazwać występujące w nim wielkości	• wskazać, że przemieszczanie się ładunku między biegunami ogniwa galwanicznego jest skutkiem przemian chemicznych w ogniwie, • wskazać w prawie Ohma dla całego obwodu wielkości charakteryzujące ogniwo i stałe dla danego ogniwa	• wskazać, że praca wykonana w ogniwie jest wprost proporcjonalna do przemieszczonego ładunku, • zdefiniować siłę elektromotoryczną ogniwa, • opisać przemiany energetyczne w obwodzie zawierającym tylko elementy bierne i wyprowadzić wzór wyrażający prawo Ohma dla tego przypadku	• przedstawić zasadę działania ogniwa galwanicznego, podać sens fizyczny ilorazu W∆q$W\Delta q$ • , • opisać przemiany energetycz-ne w obwodzie, gdy ogniwo posiada opór elektryczny (opór wewnętrzny), i wyprowadzić wzór wyrażający prawo Ohma dla całego obwodu,

				• zbadać i omówić zależność natężenia prądu w obwodzie od oporu zewnętrznego
16. Co wskazuje woltomierz dołączony do źródła siły elektromotorycznej?		• zapisać wzór wyrażający zależność $U(I)$ dla obwodu zamkniętego i nazwać występujące w nim wielkości	• sporządzić schemat obwodu, na którym woltomierz wskazuje napięcie między biegunami źródła, • dokonać zmiany w schemacie tak, by woltomierz wskazywał siłę elektromotoryczną źródła	• wyznaczyć siłę elektromoto-ryczną i opór wewnętrzny baterii płaskiej na podstawie dopasowania prostej do danych na wykresie $U(I)$ oraz interpretacji nachylenia tej prostej i punktów przecięcia z osiami
17–19. Wzrosty i spadki potencjału. Drugie prawo Kirchhoffa. Przykłady stosowania drugiego prawa Kirchhoffa		• wypowiedzieć i objaśnić II prawo Kirchhoffa	• skorzystać z umowy i zapisać II prawo Kirchhoffa dla oczka sieci zawierającego oporniki	• zapisać II prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego akumulator i obliczyć moc dostarczaną przez zasilacz, • stosować prawa Kirchhoffa do obliczeń w obwodach zawiera-jących baterie ogniw o różnych siłach elektromotorycznych, • obliczać opór zastępczy na podstawie prawa Ohma i praw Kirchhoffa
20. Modele przewodnictwa ciał stałych:	• podać przykład przewodnika, izolatora i półprzewodnika	• opisać ruch nośników ładunku w metalach i półprzewodnikach,	• opisać wpływ domieszek na przewodnictwo półprzewodników,	• przeprowadzić rozumowanie, w wyniku którego otrzymujemy związek między natężeniem

przewodników i półprzewodników		• rozróżnić przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury	• opisać zjawisko nadprzewodnictwa niektórych metali	prądu a szybkością i liczbą nośników ładunku w przewodniku
21–22. Dioda półprzewodnikowa (złącze n-p). Tranzystor	• wskazać funkcję diody półprzewodnikowej w obwodzie,	• rozróżnić półprzewodniki typu p i typu n, • wyjaśnić ogólną zasadę działania diody.	• opisać budowę i działanie złącza n-p, • naszkicować i opisać charakterystykę prądowo-napięciową diody półprzewodnikowej, • wyjaśnić zasadę działania tranzystora, • podać zakres wartości współczynnika wzmocnienia prądowego	• zademonstrować rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródeł światła
23. Przewodnictwo elektryczne cieczy i gazów	• wskazać nośniki ładunku w cieczach i gazach	• wymienić i omówić sposoby jonizowania gazów, • wskazać rolę promieniowania, wysokiej temperatury i dużego natężenia pola, • wyjaśnić zjawisko termoemisji	• wyprowadzić wzór na prędkość jonów w elektrolicie i zinterpretować ten wzór, • opisać zmiany przewodnictwa gazu ze wzrostem napięcia między elektrodami, • wyjaśnić pojęcie prądu nasycenia i opisać sposób zwiększania jego natężenia	• wyprowadzić wzór na opór właściwy elektrolitów, • wyjaśnić różnicę między przewodnictwem samoistnym a niesamoistnym gazów, • skorzystać z tekstów dotyczących historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki i opisać doświadczenie Thomsona oraz odkrycie elektronu

Dział 13. Pole magnetyczne				
1–2. Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu	• opisać wzajemne oddziaływania magnesów trwałych, • udowodnić doświadczalnie, że w pobliżu magnesu trwałego istnieje pole magnetyczne	• rysować linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych, • określić zwrot linii pola magnetycznego wytworzonego przez magnesy trwałe, • opisać doświadczenie dowodzące, że bieguny magnetyczne zawsze występują parami	• posługiwać się pojęciami dipoli i monopoli magnetycznych, • opisać pole magnetyczne Ziemi	• skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub tekstów z historii fizyki i przygotować prezentację na temat badań nad magnetyzmem ziemskim
3–4. Przewodnik z prądem w polu magnetycznym	• wykonać doświadczenie Ørsteda, • zaobserwować, że na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym działa siła	• wymienić wnioski z przeprowadzonych obserwacji, • wymienić cechy siły elektrodynamicznej	• znajdować siłę elektrodynamiczną, w przypadku gdy przewodnik z prądem jest prostopadły lub równoległy do linii pola magnetycznego	• skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub historycznych i przygotować prezentację na temat znaczenia doświadczenia Ørsteda
5. Wektor indukcji magnetycznej	• wymienić wielkości, od których zależy wartość siły elektrodynamicznej działającej na przewodnik z prądem w polu magnetycznym, • zapisać wzorem definicję wartości indukcji magnetycznej, • podać jednostkę indukcji magnetycznej, • wskazać zwrot indukcji magnetycznej jednorodnego pola magnetycznego	• 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, • wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej, • stosować regułę lewej dłoni	• zapisać wektorowo wzór na siłę elektrodynamiczną i omówić wnioski wynikające z tego wzoru	• wyjaśnić, co to znaczy, że indukcja magnetyczna jest pseudowektorem

6–8. Naładowana cząstka w polu magnetycznym	• odpowiedzieć na pytanie: *Od czego zależy wartość siły Lorentza?* stosować wzór na wartość siły Lorentza dla przypadku B→⊥v→*B*→⊿*v*→	• wykazać, że siła Lorentza nie wykonuje pracy, • zapisać wzorem i wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej, • podać przykłady zastosowania cyklotronu, • omówić rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym	• wykazać, że jeśli prędkość naładowanej cząstki jest prostopadła do linii pola magnetycznego, to cząstka porusza się po okręgu ze stałą szybkością, • obliczyć okres obiegu i promień okręgu, po którym porusza się naładowana cząstka w polu magnetycznym	• omówić budowę i zasadę działania cyklotronu, • opisać tor naładowanej cząstki, której prędkość tworzy z liniami pola dowolny kąt α, • przedyskutować ruch naładowanych cząstek w skrzyżowanych polach: elektrycznym i magnetycznym, • omówić powstawanie zjawiska zorzy polarnej
9–11. Pole magnetyczne przewodników, przez które płynie prąd	• naszkicować linie pól magnetycznych prostoliniowego przewodnika z prądem oraz zwojnicy	• zapisać wzorami wartości indukcji magnetycznej pól wytworzonych w próżni przez bardzo długi prostoliniowy przewodnik oraz we wnętrzu długiej zwojnicy, • stosować regułę prawej dłoni	• wyjaśnić pojęcie przenikalności magnetycznej próżni i podać jej wymiar, • podać wartość, kierunek i zwrot indukcji magnetycznej pola wytworzonego przez pojedynczy zwój	• stosować do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu w prostoliniowym przewodniku i długiej zwojnicy, • stosować zasadę superpozycji dla pól magnetycznych przewodników z prądem
12. Wzajemne oddziaływanie przewodników z prądem		• zaobserwować i opisać wzajemne oddziaływanie dwóch równoległych przewodników z prądem,	• zinterpretować wzory wyrażające siły wzajemnego oddziaływania przewodników,	• przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na wartość siły wzajemnego oddziaływania dwóch długich, równoległych przewodników z prądem

13. Silnik elektryczny	• wskazać silnik elektryczny jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii elektrycznej na mechaniczną, • wymienić zastosowania silnika elektrycznego	• opisać budowę modelu silnika elektrycznego, • narysować siły działające na ramkę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym	• na przykładzie omówić zasadę działania silnika elektrycznego na prąd stały	• na podstawie samodzielnie odszukanych informacji z historii odkryć w fizyce i technice oraz tekstów popularnonaukowych przygotować prezentację na temat silników elektrycznych
14–15. Właściwości magnetyczne substancji	• zademonstrować właściwość ferromagnetyka odróżniającą go od innych substancji	• opisać właściwości i zastosowania ferromagnetyków	• opisać pole magnetyczne wewnątrz zwojnicy po umieszczeniu w jej wnętrzu rdzenia z ferromagnetyka lub paramagnetyka, • obliczać wartość indukcji magnetycznej we wnętrzu zwojnicy z rdzeniem	• zdefiniować względną przenikalność magnetyczną substancji, • rozróżniać substancje ze względu na wartość względnej przenikalności magnetycznej, • omówić proces magnesowania i rozmagnesowania ferromagnetyka na podstawie pętli histerezy
Dział 14: Indukcja elektromagnetyczna				
1–3. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej	• zademonstrować przynajmniej jeden sposób wzbudzania prądu indukcyjnego	• opisać sposoby wzbudzania prądu indukcyjnego przez zmianę indukcji magnetycznej w nieruchomym obwodzie i odpowiednio poruszającym się obwodzie	• zdefiniować strumień magnetyczny i jego jednostkę, • podać ogólny warunek wzbudzania prądu indukcyjnego w zamkniętym obwodzie	• na podstawie tekstów doty-czących historii odkryć klu-czowych dla rozwoju fizyki przygotować prezentację na temat odkrycia przez Faradaya zjawiska indukcji elektromagnetycznej

4–5. Siła elektromotoryczna indukcji	• wskazać siły działające na elektron w pręcie poruszającym się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola, • zapisać i objaśnić wzór wyrażający prawo Faradaya	• opisać sposób obliczania napięcia między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola, • sformułować prawo indukcji Faradaya	• wyprowadzić wzór na napięcie między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola, • na podstawie prawa Faradaya sformułować warunek, przy spełnieniu którego SEM indukcji ma stałą wartość, • obliczać siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia indukcji magnetycznej	• wyprowadzić wzór na SEM indukcji, • przeprowadzić analizę znaku SEM indukcji, • sporządzać i interpretować wykresy $\Phi(t)$, $\mathcal{E}(t)$ oraz $I(t)$
6–7. Reguła Lenza	• zastosować regułę Lenza na wybranym przykładzie, • wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska indukcji elektromagnetycznej	• sformułować regułę Lenza	• uzasadnić regułę Lenza jako konsekwencję zasady zachowania energii, • stosować regułę Lenza w prostych przykładach	• stosować regułę Lenza w skomplikowanych przykładach
8–9. Zjawisko samoindukcji	•	•	•	
10–13. Prąd zmienny	• wskazać prądnicę jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii mechanicznej na energię elektryczną, • nazwać prąd powstający w prądnicy i zdefiniować jego okres, częstotliwość i fazę,	• opisać działanie prądnicy na przykładzie modelu, • zapisać wzorem i przedstawić na wykresie zależność SEM indukowanej w prądnicy od czasu, • wyjaśnić sens fizyczny natężenia i napięcia skutecznego i zapisać te wielkości wzorami	• przeanalizować zmiany strumienia magnetycznego obejmowanego przez ramkę w modelu prądnicy, • zapisać wzorami napięcie chwilowe, natężenie chwilowe i moc chwilową prądu przemiennego,	• sporządzać wykresy $\Phi(t)$ i $\mathcal{E}(t)$ oraz analizować ich przebieg, • przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu przemiennego,

	• podać wartość liczbową napięcia skutecznego w sieci miejskiej w Polsce		• zdefiniować i zapisać wzorem moc skuteczną	• wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu zmiennego na podstawie wykresu $I(t)$
14–15. Transformator	• wyjaśnić funkcję, którą spełnia w sieci transformator, • opisać budowę transformatora, • rozpoznać wyłącznik różnicowy i posłużyć się nim	• wyjaśnić zasadę działania transformatora, • zdefiniować przekładnię transformatora, • zapisać i objaśnić związek ilorazu napięć skutecznych w uzwojeniach pierwotnym i wtórnym z przekładnią	• znaleźć związek między natężeniami prądu w uzwojeniach transformatora, • wykazać efektywność przesyłania prądu pod wysokim napięciem, • obliczać straty energii w linii przesyłowej	• wyprowadzić wzór na przekładnię idealnego transformatora, • wyjaśnić działanie wyłącznika różnicowego
16. Zastosowanie diody i tranzystora	• wymienić kilka powszechnie używanych urządzeń, w których znajdują się elementy półprzewodnikowe	• zademonstrować diodę jako źródło światła,	• opisać zasadę działania prostownika jedno- i dwupołówkowego, • narysować schemat i omówić działanie prostego wzmacniacza	• przygotować prezentację, wymagającą pogłębionej wiedzy o budowie i działaniu wybranego urządzenia zawierającego elementy półprzewodnikowe
Dział 15. Optyka geometryczna				
1. Zjawisko odbicia i załamania światła	• opisać promień świetlny jako wąską wiązkę światła, • przedstawić schematycznie zjawisko odbicia i wskazać promień padający na powierzchnię, promień odbity i normalną, • przedstawić schematycznie zjawisko załamania światła i wskazać promień załamany,	• przypomnieć (klasa 8) pojęcia długości fali i częstotliwości, • wyjaśnić zasadę działania świateł odblaskowych, • wypowiedzieć prawo odbicia i stosować je w różnych przykładach,	• podać przybliżony zakres długości i częstotliwości fal świetlnych, • zdefiniować bezwzględny i względny współczynnik załamania	• porównać rzędy wielkości obiektów, z którymi się stykamy, z długościami fal światła widzialnego, • wyjaśnić zjawiska atmosfe-ryczne, których przyczyną jest rozpraszanie światła w ośrodku,

	• rozróżnić odbicie i rozpraszanie światła, • wymienić zjawiska powstające na skutek rozpraszania światła w atmosferze	• zapisać wzorem i objaśnić prawo załamania oraz stosować je w różnych przykładach, • zademonstrować zjawisko rozpraszania światła w ośrodku, • podać przykład występowania zjawiska mirażu dolnego		• objaśnić, na czym polega zjawisko mirażu dolnego
2–4. Całkowite wewnętrzne odbicie. Wyznaczanie współczynnika załamania światła za pomocą pomiaru kąta granicznego	• opisać zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia jako przypadek, gdy światło padające na granicę dwóch ośrodków nie przechodzi do drugiego ośrodka, • wskazać światłowody jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia	• za pomocą rysunku objaśnić zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i zdefiniować kąt graniczny	• zapisać i objaśnić prawo załamania dla przypadku granicznego, • wyznaczyć wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego	• przygotować prezentację na temat wykorzystania światłowodów, • przeprowadzić analizę niepewności współczynnika załamania wyznaczonego doświadczalnie
5–6. Zwierciadła	• naszkicować konstrukcję obrazu punktowego źródła światła w zwierciadle płaskim, • naszkicować zwierciadło kuliste wklęsłe i opisać jego cechy	• konstruować obrazy przedmiotu w zwierciadłach płaskich i kulistych oraz wymieniać ich cechy, • posługiwać się pojęciem powiększenia	• podać definicję powiększenia, • wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od zwierciadła	• wykazać zależność ognisko-wej zwierciadła kulistego od kąta padania światła, • wyprowadzić równanie zwierciadła i je zinterpretować, • przedstawić zależność $y(x)$ za pomocą wykresu i przeanalizo-wać ten wykres
7–8. Odchylenie promienia świetlne-	• zademonstrować powstawanie widma ciągłego światła białego i wymienić główne barwy,	• naszkicować przejście wiązki światła przez pryzmat i zaznaczyć kąt odchylenia wiązki,	• wyprowadzić związek między bezwzględnymi współczynni-	• wyprowadzić wzór na kąt odchylenia w pryzmacie i go zinterpretować,

go w pryzmacie. Rozszczepienie światła	• opisać widmo światła białego jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach	• podać przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie związanych z rozszczepieniem światła	kami załamania i długościami fali świetlnej w obu ośrodkach	• opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną, • przygotować prezentację na temat zjawisk optycznych w przyrodzie
9–12. Soczewki. Badanie zależności położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu. Wyznaczanie ogniskowej soczewki	• konstruować obrazy w soczewce wypukłej dla różnych odległości przedmiotu od soczewki i podać cechy tych obrazów, • przedstawić schematycznie powstawanie obrazu w soczewce wklęsłej i podać cechy tego obrazu, • zdefiniować zdolność skupiającą soczewki i podać jej jednostkę	• nazwać soczewki o różnych kształtach, • zdefiniować zdolność skupiającą układu soczewek, • wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od soczewki, • stosować do obliczeń wzór soczewkowy i równanie soczewki	• wyprowadzić równanie soczewki, • doświadczalnie zbadać zależność położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu, • wyznaczyć ogniskową soczewki skupiającej	• wyprowadzić wzór soczew-kowy i go zinterpretować, • sporządzić wykres zależności $y(x)$ dla soczewki skupiającej i go zinterpretować, • wyznaczyć ogniskową soczewki rozpraszającej
13. Lupa i oko. Wady wzroku	• podać znak zdolności skupiającej soczewek używanych przez krótkowidzów i dalekowidzów	• wyjaśnić zasadę działania lupy, narysować obraz otrzymywany w lupie, • wyjaśnić, na czym polega dalekowzroczność i krótkowzroczność, • podać sposoby korygowania dalekowzroczności i krótkowzroczności	• wyprowadzić wzór na powiększenie kątowe lupy, • podać przykłady wykorzystania przyrządów optycznych	• przygotować prezentację na temat oka jako przyrządu optycznego i wad wzroku, • opisać budowę mikroskopu optycznego i wyprowadzić wzór na powiększenie
Dział 16: Fale mechaniczne				

1. Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne	• zademonstrować rozchodzenie się fali poprzecznej i fali podłużnej, • podać przykład fali poprzecznej i fali podłużnej	• opisać falę mechaniczną jako zaburzenie rozchodzące się w ośrodku sprężystym i przenoszące energię	• przedstawić i omówić modele fali poprzecznej i fali podłużnej, • wyjaśnić, dlaczego fala poprzeczna może rozchodzić się tylko w ciałach stałych, a fala podłużna we wszystkich ośrodkach	• objaśnić powstawanie fali poprzecznej na powierzchni cieczy
2. Wielkości charakteryzujące fale	• na modelu harmonicznej fali płaskiej wskazać punkty o zgodnych fazach, • używać pojęć: długość fali, amplituda, okres i częstotliwość	• definiować czoło fali, promień fali i powierzchnię falową fali kulistej i płaskiej, • posługiwać się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką (W/m^2), • podać związki między wielkościami opisującymi falę harmoniczną	• zapisać wzorem i objaśnić pojęcie natężenia fali i jego jednostkę, • wskazać, od czego zależy natężenie fali kulistej	• przypomnieć (klasa 2) wzór na całkowitą energię ciała drgającego, • opisywać zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła, • wykazać, że natężenie fali jest wprost proporcjonalne do kwadratu amplitudy drgań
3–4. Funkcja falowa fali płaskiej	• wskazać w funkcji falowej wszystkie wielkości opisujące falę	• uzasadnić (posługując się funkcją falową) fakt, że wychylenie cząstki ośrodka biorącej udział w ruchu falowym zależy od jej położenia (x) i od czasu (t), • zastosować funkcję falową do obliczenia długości fali	• przedstawić i zinterpretować różne postaci funkcji falowej, • zapisać i zinterpretować postać ogólną funkcji falowej	• przeprowadzić rozumowanie w celu otrzymania funkcji falowej, • przeanalizować zależność $y(x)$ dla ustalonej chwili i $y(t)$ dla wybranej cząstki, • sporządzać wykresy funkcji falowych
5–6. Interferencja fal płaskich	• podać dotychczas poznane przykłady zasady superpozycji ruchów, • wyjaśnić, na czym polega superpozycja fal,	• naszkicować fale składowe o jednakowych T i A oraz falę wypadkową dla faz: 0, π i $0 < \varphi_0 < \pi$	• wykonać dodawanie wychyleń dwóch fal przesuniętych w fazie i zinterpretować wynik	• opisać wynik interferencji fal, których częstotliwości nie są jednakowe, lecz jedna z nich jest całkowitą wielokrotnością drugiej,

	• zaobserwować zjawisko interferencji fal			• zdefiniować częstotliwość podstawową i wyższe harmoniczne
7–8. Fale stojące		• opisać falę stojącą, wskazać węzły i strzałki tej fali, • podać odległość między sąsiednimi węzłami i sąsiednimi strzałkami fali stojącej	• podać warunki powstawania fali stojącej, • zademonstrować falę stojącą, • obliczyć odległości między węzłami i strzałkami fali stojącej	• przeprowadzić rozumowanie w celu uzyskania funkcji falowej fali stojącej i zinterpretować tę funkcję
9–10. Zasada Huygensa i jej konsekwencje	• obserwować zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie, • naszkicować dyfrakcję fali na wąskiej szczelinie	• podać warunek, przy spełnieniu którego zjawisko dyfrakcji można pominąć, • wyjaśnić, co to oznacza, że fale są spójne, • podać warunek, przy spełnieniu którego wynik interferencji w danym punkcie nie zmienia się z czasem	• sformułować zasadę Huygensa, • sporządzić schemat interferencji fal wychodzących z dwóch źródeł i omówić skutek interferencji w wybranym punkcie, • wyrazić warunki wzmocnienia i wygaszenia przez długość fali i odległość między szczelinami	• stosując zasadę Huygensa, wytłumaczyć zjawiska: odbicia, załamania i dyfrakcji, • wyprowadzić i skomentować warunek wzmocnienia i wygaszenia fali
11–12. *Fale akustyczne	• podać źródła fal akustycznych i zakres ich częstotliwości, • podać i opisać rodzaje wrażeń słuchowych, • podać cechy dźwięków	• podać szybkości dźwięku w kilku ośrodkach	• wyjaśnić różnicę między natężeniem dźwięku i poziomem natężenia dźwięku, • obliczać poziomy natężeń dźwięków o różnych natężeniach	• zdefiniować poziom natężenia i jego jednostkę, • przygotować prezentację na temat szkodliwości hałasu
13–14. Zjawisko Dopplera	• opisać istotę zjawiska Dopplera, • przytoczyć przykłady występowania zjawiska Dopplera	• zilustrować na schemacie zjawisko Dopplera, gdy źródło zbliża się do obserwatora, • wskazać na schemacie zmianę długości fali	• na podstawie schematu obliczyć częstotliwość fali rejestrowanej przez odbiornik, gdy źródło zbliża się do nieruchomego obserwatora,	• na podstawie sporządzonego schematu obliczyć częstotli-wość rejestrowanej fali, gdy

			• podać ogólny wzór na odbieraną częstotliwość i umowę dotyczącą znaków	odbiornik zbliża się do nieru-chomego źródła
Dział 17. Niepewności pomiarowe				
1–2. Przypomnienie wiadomości z zakre-su niepewności pomiarowych. Niepewność wyniku pomiaru wielkości mierzonej bezpośrednio	• posługiwać się podstawowymi pojęciami (pomiar bezpośredni, pomiar pośredni, wynik pomia-ru, rozdzielczość przyrządu pomiarowego, błędy: gruby, systematyczny, przypadkowy, niepewność względna), • objaśnić podstawowe pojęcia, • wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, • wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru, • rozróżnić błędy przypadkowe i systematyczne	• objaśnić wzór na niepewność względną, • wyznaczyć średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzalnego, • zapisać wynik pomiaru wraz z jednostką oraz informacją o niepewności, • przeprowadzać obliczenia i zapisywać wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych	• zdefiniować niepewność względną, • objaśnić, co nazywamy roz-dzielczością przyrządu, oraz jaki jest jej wkład w niepew-ność standardową wyniku pomiarów, • przedstawić wyniki pomiarów w postaci wykresu słupkowego (histogramu), • obliczać niepewność standar-dową w sytuacji, gdy $S_{x\,śr} \ll \Delta x$	• wymienić parametry charak-teryzujące funkcję Gaussa, • opisać funkcję Gaussa, • omówić wpływ liczby pomia-rów na wartość niepewności, • opisać trzy sytuacje, w któ-rych „wkłady” do niepewności standardowej miary rozrzutu wyników i wartości niepewnoś-ci granicznej są różne, • posługiwać się wzorami na niepewność standardową w każdej z tych trzech sytuacji, • wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepew-ności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących
3. Niepewności pomiarów pośrednich	• wymienić przykłady pomia-rów pośrednich,	• skorzystać z podanych wzorów i obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od jednej zmiennej,	• sprawdzić, jak niepewność pomiaru danej wielkości fizycznej wpływa na	• obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od jednej zmiennej,

	• posługiwać się pojęciem niepewności pomiaru wielkości mierzonej pośrednio, • zapisać wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności	• skorzystać z podanych wzorów i obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od dwóch zmiennych, • uwzględniać niepewności pomiarów przy sporządzaniu wykresów	niepewność pomiaru pośredniego, • przeprowadzić analizę wyników pomiaru pośredniego	• obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od dwóch zmiennych, • stosować poprawny zapis wyniku pomiaru wraz z niepewnością standardową

KLASA 4

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:
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 rozróżnialności obiektów jako oddzielnych	• analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej, • uzasadnić 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,	• wyjaśnić pojęcie pracy wyjścia elektronu z metalu,	• przeprowadzić rozumowanie dowodzące, że maksymalna energia kinetyczna	• sporządzić wykres zależności natężenia *I* prądu płynącego przez

	• posługiwać się pojęciem kwantu energii – fotonu, • wymienić praktyczne zastosowania fotokomórki	• 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	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	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,	• opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania, • obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków, otrzymane za pomocą siatki dyfrakcyjnej,	• 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)

	• wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym	• opisać jakościowo zależność natężenia promieniowania ciała od temperatury, • opisać jakościowo zależność długości fali emitowanej przez ciało od temperatury tego ciała		
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 emitują-cego foton; porównać energię	• 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

			odrzutu atomu z energią emitowanego fotonu	
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,	• opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych	• przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami,	• podać przykład opisu ruchu dwóch obiektów, w którym konieczne jest zastosowanie relatywistycznego prawa składania prędkości

	• 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		• wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie	
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 [Equation]	• 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,	• podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus, • podać ładunek i masę pozytonu,	• przeanalizować, jak zmieniają się jądra pierwiastków po	• wyjaśnić pojęcie szeregu promieniotwórczego i omówić jeden z nich

	• wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy	• wyjaśnić pojęcia cząstki i antycząstki	rozpadach promieniotwórczych, • wyjaśnić rolę neutrina lub antyneutrina w reakcjach rozpadów, • sformułować regułę Soddiego i Fajansa, • podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma	
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,	• 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	• obliczyć energię wiązania jądra wybranego atomu, • porównać energie wiązania jąder z energią wiązania atomów i cząsteczek

	• wyjaśnić pojęcie deficytu masy, • podać wzór na energię wiązania jądra atomowego		jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych	
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,	• 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

			więc może stanowić źródło energii	
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 koniecz-ności 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,	• 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

	• wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem			promieniowania jonizującego