

# IV Liceum Ogólnokształcące im. Marii Skłodowskiej-Curie w Chorzowie

## Wymagania edukacyjne

Szczegółowe warunki i tryb uzyskiwania wyższej niż przewidywana  
rocznej oceny klasyfikacyjnej z zajęć edukacyjnych

## Fizyka

### Zakres rozszerzony

Wymagania na ocenę dopuszczającą.

Wymagania na ocenę dostateczną zawierają wymagania na ocenę dopuszczającą

Wymagania na ocenę dobrą zawierają wymagania na ocenę dostateczną i dopuszczającą

Wymagania na ocenę bardzo dobrą zawierają wymagania na ocenę dobrą, dostateczną i dopuszczającą

Wymagania na ocenę celującą zawierają wymagania na ocenę bardzo dobrą, dobrą, dostateczną i dopuszczającą

## Opis ruchu postępowego

### Uczeń potrafi:

podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych	rozłożyć wektor na składowe o dowolnych kierunkach
wymienić cechy wektora	podać warunki, przy których wartość przemieszczenia jest równa przebytej drodze
zilustrować przykładem każdą z cech wektora	wykazać, że wektor przemieszczenia nie zależy od wyboru układu współrzędnych
dodawać wektory	posługiwać się pojęciami: przyspieszenie średnie i chwilowe
odjąć wektor od wektora	zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego
pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę	sporządzać wykres zależności $s(t)$ i $v(t)$ dla ruchu jednostajnego
poprawnie posługiwać się pojęciami: droga, położenie, szybkość średnia i chwilowa, przemieszczenie, prędkość średnia i chwilowa	odczytywać z wykresu wielkości fizyczne
narysować wektor położenia ciała w układzie współrzędnych	objaśnić różnicę między wykresem zależności drogi od czasu i współrzędnej położenia od czasu
narysować wektor przemieszczenia ciała w układzie współrzędnych	objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym po prostej
odróżnić zmianę położenia od przebytej drogi	porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchu po prostej i stwierdzić, że w przypadku ruchu przyspieszonego wektory $v$ i $a$ mają zgodne, a w przypadku ruchu opóźnionego mają przeciwne zwroty
podać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia średniego	wpisywać wyniki pomiarów do zaprojektowanej w podręczniku tabeli i wykonywać obliczenia
objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym	powtórzyć przeprowadzone na lekcjach rozumowania związane z opisem ruchów zmiennych
zdefiniować ruch prostoliniowy jednostajny	wyjaśnić, jakie układy odniesienia traktujemy jako inercjalne
obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym	wyjaśnić pojęcie czasu absolutnego
podać przykłady ruchu przyspieszonego i opóźnionego	stosować prawa składania i rozkładania wektorów do składania ruchów
obliczyć drogę przebytą w czasie $t$ ruchem jednostajnie przyspieszonym i opóźnionym	przekształcać wzory na wysokość i zasięg rzutu poziomego w celu obliczania wskazanej wielkości fizycznej
obliczać szybkość chwilową w ruchach jednostajnie przyspieszonych i opóźnionych	posługiwać się pojęciem szybkości kątowej
aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia	stosować miarę łukową kąta
sformułować wynik doświadczenia	zapisać związek między szybkością liniową i kątową
wyjaśnić pojęcie układu odniesienia	
wyjaśnić, co to znaczy, że spoczynek i ruch są względne	
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	
obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych	wykorzystać w pełni wiedzę podręcznikową w zakresie działań na wektorach do rozwiązywania problemów

przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że prędkość chwilowa jest styczna do toru w punkcie, w którym znajduje się ciało w danej chwili	rozwiązać wszystkie zadania z podręcznika dotyczące działań na wektorach
wyjaśnić różnicę między średnią wartością prędkości i wartością prędkości średniej	wyszukać w różnych źródłach i zaprezentować problemy dotyczące działań na wektorach
skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym i opóźnionym oraz w ruchu krzywoliniowym	wypowiadać się na temat wprowadzonych wielkości fizycznych precyzyjnym językiem fizyki
wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych	rozwiązać zadania z podręcznika i inne, o podwyższonym stopniu trudności, wskazane przez nauczyciela
rozwiązywać typowe zadania dotyczące ruchu jednostajnego	wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego
wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po prostej	przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych
sporządzać wykresy tych zależności	sporządzać wykresy zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych
rozwiązywać typowe zadania dotyczące składania ruchów	zinterpretować pole powierzchni odpowiedniej figury na wykresie $v_x(t)$ jako drogę w dowolnym ruchu
z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	rozwiązywać nietypowe zadania dotyczące ruchów jednostajnie zmiennych
rozwiązywać nowe, typowe zadania dotyczące ruchów zmiennych	samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
podać związki między współrzędnymi położenia ciała w układach poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym	rozwiązywać nowe, nietypowe zadania dotyczące ruchów zmiennych
podać związek między prędkościami ciała w poruszających się względem siebie układach inercjalnych	wyprowadzić na przykładzie związku między współrzędnymi położenia ciała w układach poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym
nazwać powyższe związki transformacją Galileusza i podać warunki jej stosowalności	wyprowadzić związek między prędkościami ciała w poruszających się względem siebie układach inercjalnych
podać związek między przyspieszeniami w układach inercjalnych	przytoczyć i objaśnić zasadę względności ruchu Galileusza, podać warunki jej stosowalności
zmieniać układ odniesienia i opisywać ruch z punktu widzenia obserwatorów w każdym z tych układów	rozwiązywać trudniejsze problemy dotyczące składania ruchów
obliczyć wartość prędkości chwilowej ciała rzuconego poziomo i ustalić jej kierunek	rozwiązywać nietypowe zadania dotyczące rzutu poziomego
wyprowadzić związek między szybkością liniową i kątową	zaproponować i wykonać doświadczenie pokazujące, że czas spadania ciała rzuconego poziomo z pewnej wysokości jest równy czasowi spadania swobodnego z tej wysokości
przekształcać wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego i zapisać różne postacie tego wzoru	rozwiązywać problemy dotyczące ruchu niejednostajnego po okręgu
rozwiązywać zadania dotyczące rzutu poziomego	rozłożyć rzut ukośny na dwa ruchy składowe i wyprowadzić równanie toru oraz wzory na wysokość i zasięg rzutu
rozwiązywać problemy dotyczące ruchu jednostajnego po okręgu	rozwiązywać zadania dotyczące rzutu ukośnego
opisać rzut ukośny jako ruch, w którym nadajemy ciału prędkość skierowaną pod pewnym kątem do poziomu	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## SIŁA JAKO PRZYCZYNA ZMIAN RUCHU

### Uczeń potrafi:

wymienić rodzaje oddziaływań występujące w przyrodzie	<p>objaśnić stwierdzenia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Siła jest miarą oddziaływania.</li> <li>◦ O zachowaniu ciała decyduje zawsze siła wypadkowa wszystkich sił działających na to ciało.</li> </ul>
podać jakościowe przykłady zastosowania zasad dynamiki Newtona	w oddziaływaniach bezpośrednich wskazać źródło siły i przedmiot jej działania
rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał	wypowiedzieć treść zasad dynamiki
zapisać wzorem i objaśnić pojęcie pędu	przekształcać wzór wyrażający drugą zasadę dynamiki i obliczać każdą z występujących w nim wielkości fizycznych
odpowiedzieć na pytanie: Kiedy pęd ciała nie ulega zmianie?	znajdować graficznie wypadkową sił działających na ciało
<p>odpowiedzieć na pytania:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Co nazywamy układem ciał?</li> <li>• Jak definiujemy pęd układu ciał?</li> <li>• W jakim punkcie go zaczepiamy?</li> <li>• Jaki warunek musi być spełniony, by pęd układu ciał nie zmieniał się?</li> </ul>	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
rozdzielić pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego	obliczyć położenie środka masy układu dwóch ciał
zapisać wzór na wartość siły tarcia, rozdzielić sytuacje, w których we wzorze występuje współczynnik tarcia statycznego lub kinetycznego	wyznaczyć doświadczalnie położenie środka masy figury płaskiej
aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia	zapisać wzorem i objaśnić zasadę zachowania pędu dla układu ciał
wskazać działanie siły dośrodkowej o stałej wartości jako warunku ruchu ciała po okręgu ze stałą szybkością	zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego
podać przykłady siły dośrodkowej o różnej naturze	omówić rolę tarcia na wybranych przykładach
aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia	sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równoległe do stykających się powierzchni dwóch ciał
sformułować wnioski z doświadczenia	opisać ruch ciała z tarcieniem po równi pochyłej
wyjaśnić, co to znaczy, że układ odniesienia jest nieinercyjny	wpisywać wyniki pomiarów do tabeli zaprojektowanej w podręczniku i wykonywać obliczenia
wykazać na przykładzie, że w układzie nieinercyjnym zasady dynamiki się nie stosują	podać i objaśnić kilka postaci wzoru na wartość siły dośrodkowej
	wpisywać wyniki pomiarów do tabeli zaprojektowanej w podręczniku i wykonywać obliczenia
	na przykładzie przeprowadzić rozumowanie uzasadniające konieczność wprowadzenia siły bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercyjnym
	zademonstrować działanie siły bezwładności
	podać wzór na wartość siły bezwładności i go objaśnić

wyjaśnić pojęcie „układ inercjalny” i pierwszą zasadę dynamiki jako postulat istnienia takiego układu	na podstawie wartości siły wypadkowej (stała, zmienna) i jej zwrotu w stosunku do prędkości ciała ocenić rodzaj ruchu wykonywanego przez ciało
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	swobodnie operować zdobytą wiedzą na temat zasad dynamiki, używając precyzyjnego języka fizyki
rozwiązywać typowe zadania wymagające stosowania zasad dynamiki, np. zamieszczone w podręczniku w Przykładach zastosowań zasad dynamiki	uzasadnić konieczność korzystania z innej postaci drugiej zasady dynamiki w przypadku, gdy zmienia się masa ciała, na które działa siła
na przykładach znajdować zmianę pędu jako różnicę pędu końcowego i początkowego	posługiwać się precyzyjnym językiem fizyki i samodzielnie przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania pędu dla układu ciał
analizować związek $\Delta m \vec{v} = \vec{F} \Delta t$ i wyciągnąć wniosek w postaci zasady zachowania pędu ciała	rozwiązywać trudne zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia, z dostępnych zbiorów zadań
podać uogólniony wzór na położenie środka masy n ciał i go objaśnić	samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik
graficznie znajdować pęd układu ciał	rozwiązywać problemy, w których na ciało oprócz siły normalnej do toru ruchu działa również siła styczna
zastosować zasadę zachowania pędu w typowych zadaniach	samodzielnie rozwiązywać trudniejsze problemy dynamiczne zarówno w układzie inercjalnym, jak i nieinercjalnym
rozwiązywać typowe zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia posuwistego, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne	
podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania	
z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	
rozwiązywać typowe zadania z zastosowaniem zasad dynamiki do ruchu po okręgu, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne	
podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania	
z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	
rozwiązywać typowe zadania z dynamiki w układzie nieinercjalnym, np. rozwiązane w podręczniku lub podobne	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## PRACA, MOC, ENERGIA MECHANICZNA

### Uczeń potrafi:

napisać i objaśnić skalarny wzór na pracę stałej siły działającej pod stałym kątem do kierunku przemieszczenia	zapisać wzór na iloczyn skalarny dwóch wektorów i podać jego podstawowe własności
podać jednostkę pracy 1 J i sposób jej wprowadzenia	podać jednostki pochodne pracy i mocy oraz ich związki z jednostkami podstawowymi
podać definicję mocy średniej i zapisać ją wzorem	podać wzory na moc średnią i chwilową z użyciem prędkości średniej i prędkości chwilowej
podać jednostkę mocy 1 W i sposób jej wprowadzenia	przekształcać wzory i wykonywać proste obliczenia

obliczać energię potencjalną grawitacyjną ciała w pobliżu Ziemi za pomocą wzoru $E_p = mgh$	wyjaśnić pojęcia: siła wewnętrzna i zewnętrzna w układzie ciał
obliczać energię kinetyczną ciała za pomocą wzoru $E_k = \frac{mv^2}{2}$	podać warunek, po spełnieniu którego układ może wykonać pracę
podać przykłady zjawisk, w których zasada zachowania energii mechanicznej jest spełniona i w których nie jest spełniona	podać definicje energii mechanicznej, potencjalnej i kinetycznej wyrażone poprzez ich zmiany
podać przykłady zderzeń sprężystych i niesprężystych	na podstawie definicji energii kinetycznej wyprowadzić wzór, za pomocą którego obliczamy tę energię
aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów	wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej i podać warunki, w których jest spełniona
sformułować wnioski z doświadczenia	przytoczyć samodzielnie opisane w podręczniku przykłady, w których wykorzystuje się zasadę zachowania energii mechanicznej w celu obliczenia pewnej wielkości fizycznej
wyjaśnić, o czym informuje nas wielkość fizyczna zwana sprawnością urządzenia	opisać sposób postępowania w przypadkach, gdy w rozważanym problemie energia mechaniczna nie jest zachowana
	zapisać i objaśnić zasady zachowania energii i pędu dla zderzeń doskonale sprężystych
	zapisać i objaśnić zasadę zachowania pędu dla zderzeń doskonale niesprężystych
	zapisywać wyniki w tabeli
	wykonywać obliczenia szukanych wielkości z wykorzystaniem wzorów zamieszczonych w opisie doświadczenia
	podać i objaśnić definicję sprawności urządzenia
	stosować definicję sprawności do rozwiązywania prostych zadań
korzystać z iloczynu skalarnego dwóch wektorów skierowanych pod dowolnym kątem	rozwiązywać zadania dotyczące obliczania pracy i mocy o podwyższonym stopniu trudności, np. z wykorzystaniem zasad dynamiki
przeprowadzić rozumowanie konieczne do obliczenia pracy siły zmiennej	obliczyć pracę siły zewnętrznej i pracę siły grawitacyjnej przy zmianie odległości ciała od Ziemi oraz przedyskutować znak każdej z nich
obliczać pracę siły zmiennej na podstawie wykresu $F(x)$	samodzielnie przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej dla układu dwóch ciał
obliczać pracę wykonaną przez urządzenie, którego moc zmienia się z upływem czasu	wyjaśnić, co to znaczy, że pewne siły są zachowawcze
wyjaśnić, po czym poznajemy, że zmienia się energia potencjalna układu ciał, a po czym, że zmienia się energia kinetyczna	rozwiązywać nietypowe i trudne zadania, w których energia mechaniczna ulega zmianie
z pomocą nauczyciela przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej	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
rozwiązywać typowe zadania wymagające wykorzystania zasady zachowania energii lub związku zmian energii z wykonywaną pracą	samodzielnie przestudiować opis doświadczenia zamieszczony w podręczniku i precyzyjnie go przedstawić na lekcji
przeanalizować zderzenie doskonale sprężyste centralne dwu kulek, poruszających się z prędkościami o jednakowych kierunkach i zwrotach, i obliczyć współrzędne prędkości obu kulek po zderzeniu	samodzielnie przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik

wykonywać kolejne czynności wymienione w opisie doświadczenia	przeprowadzić rozumowanie ukazujące sposób obliczania sprawności układu urządzeń
z pomocą nauczyciela przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych	
przeprowadzić rozumowanie wyjaśniające sposób obliczania sprawności równi pochyłej i bloku nieruchomego	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## ZJAWISKA HYDROSTATYCZNE

### Uczeń potrafi:

podać definicję ciśnienia i jego jednostkę	wyprowadzić i objaśnić wzór informujący, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne
wyjaśnić pojęcia: ciśnienie atmosferyczne i ciśnienie hydrostatyczne oraz posługiwać się tymi pojęciami	omówić zastosowania prawa Pascala
wskazać, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne	sformułować i objaśnić prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych
podać przykłady zastosowania naczyń połączonych	za pomocą naczyń połączonych wyznaczyć nieznaną gęstość cieczy
opisać przykłady zachowania się ciał (np. okrętów, balonów) wynikające z obowiązywania prawa Archimedesesa	sformułować i objaśnić prawo Archimedesesa
podać definicję gęstości ciała i jej jednostkę	na podstawie analizy sił działających na ciało zanurzone w cieczy wnioskować o warunkach pływania i tonięcia ciała w cieczy
opisać poznany w szkole podstawowej sposób doświadczalnego wyznaczania gęstości ciała stałego lub cieczy	rozwiązywać proste zadania z zastosowaniem obliczania siły wyporu
mierzyć gęstość cieczy za pomocą areometru	z pomocą nauczyciela opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy na podstawie prawa Archimedesesa
wyjaśnić, na czym polega paradoks hydrostatyczny	wykorzystać i prezentować wiedzę o urządzeniach hydraulicznych i pneumatycznych, pochodzących z różnych źródeł
sformułować i objaśnić prawo Pascala	wyprowadzić prawo Archimedesesa na drodze rozumowania
wykorzystywać prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych do rozwiązywania zadań	rozwiązywać nietypowe problemy z zastosowaniem prawa Archimedesesa
przeprowadzić rozumowanie wyjaśniające, dlaczego zbudowany częściowo z metalu okręt nie tonie	skorzystać z różnych źródeł i zapoznać się z prawami hydrodynamiki (np. prawem Bernoulliego) oraz omówić ich skutki
rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe związane z zastosowaniem prawa Archimedesesa	
samodzielnie opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy, w której wykorzystuje się prawo Archimedesesa	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## NIEPEWNOŚCI POMIAROWE

## Uczeń potrafi:

wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, czyli prostych	wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru
wymienić przykłady pomiarów pośrednich, czyli złożonych	zapisać wynik pojedynczego pomiaru wraz z niepewnością pomiarową i objaśnić ten wynik
wyjaśnić, w jaki sposób wykonuje się pomiary proste	obliczyć średnią arytmetyczną wyników pomiarów i oszacować jej niepewność
wyjaśnić na przykładach przyczyny popełniania podczas pomiarów błędów grubych i systematycznych	oszacować niepewność względną i procentową
wyjaśnić, dlaczego przy pomiarze czasu stoperem przyjmujemy niepewność większą od najmniejszej działki przyrządu	z pomocą nauczyciela oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP
wyjaśnić, co to znaczy, że pomiar jest pośredni, czyli złożony	
wymienić najczęściej występujące źródła niepewności pomiarowych	wyjaśnić potrzebę dobrania odpowiednio precyzyjnego przyrządu do określonego pomiaru
objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu i kiedy możemy przyjąć ją jako niepewność pomiaru	wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących
samodzielnie oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP	dopasować prostą do wyników pomiaru i zinterpretować jej nachylenie
przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami	swobodnie operować zdobytą wiedzą na temat niepewności pomiarowych, używając precyzyjnego języka fizyki
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## RUCH POSTĘPOWY I OBROTOWY BRYŁY SZTYWNEJ

### Uczeń potrafi:

zdefiniować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów	podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowego
podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych	posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe
wymienić cechy modelu, jakim jest bryła sztywna	obliczyć energię kinetyczną obracającej się bryły, znając jej szybkość kątową i moment bezwładności względem osi symetrii
podać przykłady ruchu postępowego i obrotowego bryły sztywnej	na podstawie wzoru definicyjnego obliczyć wartość momentu siły i podać jego kierunek i zwrot,
podać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły wykonującej ruch obrotowy	podać przykłady ruchów obrotowych jednostajnych i zmiennych
podać wzór na moment bezwładności punktu materialnego względem wybranej osi obrotu	podać warunki równowagi bryły sztywnej
wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprowadzenia bryły w ruch obrotowy	podać sposoby praktycznego wykorzystania maszyn prostych
na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły	aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły
wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich	napisać wzór na moment pędu punktu materialnego poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu
aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły	podać kierunek i zwrot momentu 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	obserwować ruch układu (człowiek z wirującym kołem na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu
obserwować ruch układu (człowiek z hantlami na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu	wszystkim dynamicznym wielkościom fizycznym służącym do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego i wyrazić je odpowiednimi wzorami
większości dynamicznych wielkości fizycznych służących do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego	podać zerową prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jako warunek toczenia się bryły bez poślizgu
opisać toczenie bryły jako złożenie ruchu postępowego względem podłoża i ruchu obrotowego wokół osi symetrii	zastosować zasadę zachowania energii do opisu bryły staczającej się z równi pochyłej bez poślizgu
wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienne	pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach
wyprowadzić i objaśnić związki między wielkościami opisującymi ruch obrotowy	precyzyjnym językiem fizyki objaśnić analogie między wielkościami kinematycznymi dla ruchu postępowego i obrotowego
wyprowadzić wzór na energię kinetyczną obracającej się bryły	stosować definicję momentu bezwładności $\sum m_i r_i^2$ i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył
zdefiniować moment bezwładności i uzasadnić pogląd, że charakteryzuje on bezwładność bryły	wykazać, że przy obracaniu bryły pracę wykonuje moment siły,
korzystać z twierdzenia Steinera do obliczania momentów bezwładności	wyprowadzić i objaśnić wzór na moc chwilową w ruchu obrotowym bryły
formułować pierwszą i drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego	wyjaśnić zasadę działania wielokrążka
podać warunki wykonywania ruchów obrotowych jednostajnie i niejedno- stajnie zmiennych	obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kąowego bryły sztywnej
na podstawie odpowiednich obliczeń wyjaśnić zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloku nieruchomego i ruchomego oraz kołowrotu	obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy porównywaniu momentów pędu w doświadczeniu sprawdzającym zasadę zachowania momentu pędu układu
zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły	wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności
zapisać i objaśnić związek momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii z momentem bezwładności tej bryły,	opisać staczanie się bryły po równi pochyłej jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu,
zapisać i objaśnić drugą zasadę dynamiki w postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$ i wywnioskować z niej zasadę zachowania momentu pędu	wyjaśnić, dlaczego podczas toczenia bez poślizgu energia mechaniczna bryły jest zachowana
za pomocą wahadła Oberbecka wykonać doświadczenie sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu	
wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania typowych zadań	
obliczyć wypadkową prędkość punktów leżących na pionowej średnicy bryły toczącej się bez poślizgu,	
zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły	

przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły
przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wyrażenia drugiej zasady dynamiki w postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności

## POLE GRAWITACYJNE

### Uczeń potrafi:

przedstawić podstawowe założenia heliocentrycznej teorii budowy Układu Słonecznego	sformułować i objaśnić prawa Keplera
zapisać wzorem i wypowiedzieć prawo powszechnej grawitacji	objaśnić praktyczne znaczenie bardzo małej wartości stałej grawitacji
wymienić ciała, dla których można je stosować w zapisanej postaci	wyjaśnić, dlaczego satelity Ziemi krążą wokół niej z prędkością o nieco mniejszej wartości
zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi	objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny”
przypomnieć poznane wcześniej pola sił i podać przykłady doświadczeń, w których możemy wykryć ich istnienie	wyjaśnić, co nazywamy źródłem pola, a co ciałem próbnym i jakiego ciała próbnego używamy do wykrycia pola grawitacyjnego
zilustrować graficznie pole grawitacyjne centralne i jednorodne	podać definicję natężenia pola grawitacyjnego
odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego wytworzonego przez Ziemię?</i>	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
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	uzasadnić stwierdzenie, że energia potencjalna ciała zmienia się wraz ze zmianą odległości ciała od źródła pola i przyjmuje wartości ujemne
na przykładzie Ziemi i leżącego na niej ciała opisać zmiany energii potencjalnej tego ciała przy jego oddalaniu się do nieskończoności	sporządzić wykres zależności energii potencjalnej ciała w polu centralnym od odległości od źródła pola, którym jest jednorodna kula o promieniu R
sformułować pytanie, jakie stawiamy przed przystąpieniem do obliczenia drugiej prędkości kosmicznej	podać wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi
podać przykłady ciała w stanie przeciążenia, niedociążenia i nieważkości	opisać wpływ przeciążenia na organizm człowieka
wykazać, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu planet obiegających Słońce	stosować zasadę superpozycji natężeń
korzystać z trzeciego prawa Keplera do rozwiązywania zadań	obliczyć wartość siły grawitacji wewnątrz Ziemi
wykazać, że siła grawitacji działająca na ciało o masie m umieszczone na planecie jest wprost proporcjonalna do promienia i gęstości tej planety	wyjaśnić różnicę między natężeniem pola grawitacyjnego a przyspieszeniem ziemskim w danym punkcie
wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej	sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od środka kuli
obliczyć promień orbity geostacjonarnej i szybkość satelity na tej orbicie	uzasadnić stwierdzenie, że w polu zachowawczym zmiana energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia jest jednoznacznie określona
określić kierunek i zwrot natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie	podać przykład pola niezachowawczego, w którym to stwierdzenie nie jest prawdziwe

z definicji natężenia pola i prawa powszechnej grawitacji wywnioskować, od czego zależy natężenie w danym punkcie centralnego pola grawitacyjnego	zdefiniować potencjał i podać jego jednostkę
sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od punktu materialnego i kuli dla $r \geq R$	odpowiedzieć na pytanie: Od czego zależy potencjał pola centralnego
wyjaśnić, co to znaczy, że siła jest zachowawcza oraz że pole grawitacyjne jest polem zachowawczym	narysować wykres $V(r)$ dla jednorodnego i dla centralnego pola grawitacyjnego
podać przykład ciała zmieniającego położenie w polu grawitacyjnym, choć nie działa na nie siła zewnętrzna	zapisać wzór na pracę w polu grawitacyjnym za pomocą potencjałów
zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym	podać warunki, w których występuje stan nieważkości
przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wyrażenia na energię potencjalną ciała w danym punkcie pola	wyjaśnić zasadę równoważności (możliwość wytwarzania sztucznej grawitacji)
zapisać i objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej	
objaśnić, co oznaczają stwierdzenia, że ciało jest w stanach przeciążenia, niedociążenia i nieważkości	
przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa powszechnej grawitacji Newtona	
przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym	
przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wzoru na drugą prędkość kosmiczną	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## ELEMENTY ASTRONOMII

### Uczeń potrafi:

wymienić ciała niebieskie wchodzące w skład Układu Słonecznego	podać główne właściwości Słońca i planet Układu Słonecznego
zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny	opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej
przeprowadzić obserwację Drogi Mlecznej	podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie
podać przybliżony wiek Wszechświata	podać treść prawa Hubble'a
wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”	zapisać wzorem prawo Hubble'a i objaśnić występujące w nim wielkości fizyczne
szczegółowo opisać właściwości Słońca, planet i ich księżyców oraz pozostałych ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego	zamieniać jednostki odległości używane w astronomii
zdefiniować parsek	wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia
odszukać informacje o szybkościach sond kosmicznych i obliczyć przybliżone czasy dotarcia sondy do planety	wymienić i objaśnić główne fakty obserwacyjne uzasadniające słuszność teorii Wielkiego Wybuchu
obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki	wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni
obliczyć wiek Wszechświata	
opisać ewolucję Wszechświata	
wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata na modelu balonika	

rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności

## RUCH DRGAJĄCY HARMONICZNY

### Uczeń potrafi:

podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystości	rozdzielić zjawiska sprężyste i plastyczne
wymienić i opisać cechy ruchu drgającego harmonicznego	wymienić i zdefiniować wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny
zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę	zapisać i objaśnić związek siły sprężystości z wychyleniem ciała z położenia równowagi
opisać model, którym posługujemy się do matematycznego opisu ruchu harmonicznego	obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu wzdłuż osi $x$ zwróconej pionowo w górę
zapisać wzór na okres drgań harmonicznym i przekształcić go w celu obliczenia każdej z występujących w nim wielkości	sporządzić i zinterpretować wykresy zależności $x(t)$ , $v_x(t)$ i $a_x(t)$
aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny	na podstawie wykresu $F_x(x)$ wyprowadzić wzór na energię potencjalną sprężystości
zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną sprężystości i na energię całkowitą ciała wykonującego ruch harmoniczny	zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego
omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny	zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań
opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne	wyjaśnić, kiedy występuje i na czym polega zjawisko rezonansu
zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego	
podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych	objaśnić przemiany energii podczas odkształceń sprężystych
podać sens fizyczny współczynnika sprężystości sprężyny	na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny
wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę	na podstawie obserwacji i obliczeń sformułować wniosek dotyczący ruchu rzutu na oś $x$ punktu poruszającego się po okręgu
zapisać i objaśnić wzory na współrzędne $x$ , $v_x$ , $a_x$ i $F_x$ w przypadkach, w których mierzenie czasu rozpoczynamy przy przechodzeniu ciała przez położenie równowagi oraz w chwili maksymalnego wychylenia	obliczać współrzędne $x$ , $v_x$ , $a_x$ i $F_x$ przy dowolnej fazie początkowej
zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny	wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym
wyprowadzić wzór na całkowitą energię ciała wykonującego ruch harmoniczny i wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej w tym ruchu	sporządzić wykresy zależności $E_p(x)$ , $E_k(x)$ oraz $E_p(t)$ i $E_k(t)$ ,
wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła jest ruchem harmonicznym	wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego
wyjaśnić, na czym polega izochronizm wahadła	samodzielnie opracować sposób sprawdzenia zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie
wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego	wyjaśnić pojęcie „częstotliwość rezonansowa”

wyjaśnić znaczenie pojęć: drgania swobodne i częstotliwość drgań własnych	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## ZJAWISKA TERMODYNAMICZNE

### Uczeń potrafi:

wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia	wyjaśnić, co rozumiemy pod pojęciem „stan równowagi termodynamicznej”
wymienić wielkości fizyczne, od których zależy ciśnienie gazu w zamkniętym naczyniu	wymienić warunki, jakie powinien spełniać gaz doskonały
objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina	uzasadnić stwierdzenie, że równość temperatur dwóch gazów oznacza równość średnich energii ruchu postępowego cząsteczek obu gazów
zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego	zapisać związek temperatury gazu w skali Kelvina ze średnią energią kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek tego gazu
wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie	zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona
wymienić rodzaje energii cząsteczek gazu	wypowiedzieć, zapisać wzorem i objaśnić prawo Boyle’a, Charles’a i Gay-Lussaca
wyjaśnić pojęcie „energia wewnętrzna ciała”	uzasadnić fakt, że cząsteczki gazu doskonałego mają tylko energię kinetyczną wszystkich rodzajów ruchu
wymienić sposoby dokonywania zmiany energii wewnętrznej ciała i podać przykłady takich zmian z codziennego życia	wyjaśnić, co rozumiemy przez dostarczanie ciału ciepła
opisać przemianę adiabatyczną gazu	wypowiedzieć i zapisać wzorem pierwszą zasadę termodynamiki oraz przedyskutować znaki Q i W w różnych procesach
wyjaśnić różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem molowym	zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i adiabatycznej oraz przedyskutować znaki wielkości fizycznych dla różnych przypadków
stwierdzić, że zamiana części dostarczonego ciepła na pracę jest podstawą działania silnika cieplnego	zapisać wzory na ciepło wymienione z otoczeniem za pomocą wielkości fizycznych: ciepło właściwe i ciepło molowe
opisać kolejne fazy pracy silnika spalinowego czterosurowego	zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie izochorycznej i stwierdzić, że wzór ten stosuje się w dowolnej przemianie
podać przykład wzrastającego nie- uporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii	podać przykład sytuacji, w której dostarczenie ciepła skutkuje jednorazowym wykonaniem pracy
podać fazy, w których może występować ta sama substancja	wyjaśnić ideę Carnota i zdefiniować sprawność silnika
opisać zjawiska topnienia i parowania	opisać zasadę działania chłodziarek i pomp ciepłych
wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para nasycona	wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, którego dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii
odpowiedzieć na pytanie: <i>Co nazywamy bezwzględny, a co względnym przyrostem objętości?</i>	podać definicję ciepła topnienia i ciepła parowania
podać sens fizyczny współczynnika rozszerzalności objętościowej i liniowej	wyjaśnić, dlaczego temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia zewnętrznego

<p>podać przykład sytuacji z codziennego życia, w której musimy uwzględnić zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał</p>	<p>zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej</p>
	<p>wytłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z cieczą, z której powstała</p>
	<p>podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej</p>
	<p>zapisać wzór definicyjny współczynnika rozszerzalności objętościowej</p>
	<p>odpowiedzieć na pytanie, od czego zależy, współczynnik rozszerzalności objętościowej</p>
	<p>zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał stałych</p>
<p>wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice, i przypisać każdej odpowiedni symbol</p>	<p>wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki</p>
<p>badać proces wyrównywania temperatury ciał i posługiwać się bilansem cieplnym</p>	<p>przekształcić wzór podstawowy do postaci wiążących ciśnienie z masą lub gęstością gazu i objaśnić występujące w nim wielkości</p>
<p>zapisać podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego i objaśnić występujące w nim wielkości</p>	<p>obliczyć stałą gazową R i przekształcić równanie stanu gazu doskonałego do postaci równania Clapeyrona</p>
<p>przekształcić wzór podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego</p>	<p>wyrazić średnią energię ruchu postępowego cząsteczek gazu poprzez stałą Boltzmanna i temperaturę w skali bezwzględnej</p>
<p>wyjaśnić, co to znaczy, że proces jest kwazistatyczny</p>	<p>skorzystać z równania Clapeyrona i wyprowadzić prawo Boyle'a, prawo Charles'a i prawo Gay-Lussaca</p>
<p>sporządzać wykresy zależności <math>p(V)</math> przy stałej temperaturze gazu, <math>p(T)</math> przy stałej objętości gazu i <math>V(T)</math> przy stałym ciśnieniu</p>	<p>za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów jednoatomowych mają trzy stopnie swobody</p>
<p>wyjaśnić pojęcie „stopień swobody”</p>	<p>udowodnić, że w dowolnej przemianie gazu wartość bezwzględnej pracy objętościowej można obliczyć tak jak pole powierzchni figury zawartej pod wykresem <math>p(V)</math> dla tej przemiany</p>
<p>wytłumaczyć zasadę ekwipartycji energii i zapisać wzór na całkowitą energię kinetyczną cząsteczki, która ma <math>i</math> stopni swobody</p>	<p>sporządzić wykresy zależności <math>p(V)</math> dla przemian izotermicznej i adiabatycznej</p>
<p>skorzystać z zasady ekwipartycji energii i zapisać oraz skomentować wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego o stałej masie</p>	<p>wytłumaczyć różnicę w kształcie izobar i adiabat</p>
<p>obliczyć pracę objętościową wykonaną przez siłę zewnętrzną przy zmniejszaniu objętości gazu</p>	<p>wyprowadzić związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem</p>
<p>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że zarówno wykonana praca, jak i wymienione ciepło są funkcją procesu</p>	<p>przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki</p>
<p>zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany izobarycznej i prze- dyskutować znaki <math>W</math> i <math>Q</math> dla różnych przypadków</p>	<p>opisać procesy odwracalne (w tym proces kwazistatyczny) oraz procesy nieodwracalne</p>
<p>zapisać i skomentować związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem</p>	<p>sporządzić wykres cyklu odwrótnego do cyklu Carnota</p>
<p>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</p>	<p>zdefiniować skuteczność chłodzenia</p>

wewnętrznej dla przemiany izochorycznej zachodzącej między tymi stanami	
opisać i objaśnić cykl Carnota i działanie idealnego silnika cieplnego	wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie
zapisać i skomentować wzór na pracę wykonaną przez silnik cieplny	przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania
sformułować drugą zasadę termodynamiki	wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu
podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki	sporządzić wykres zależności ciśnienia pary nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt
sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła	wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny”
podać warunki, przy spełnieniu których do pary nienasyconej można stosować prawa gazowe,	obliczyć wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej gazów doskonałych
podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym	wyjaśnić, na czym polega transport energii przez przewodnictwo cieplne i konwekcję
porównać współczynniki rozszerzalności objętościowej ciał stałych, cieczy i gazów,	objaśnić wzór na szybkość przekazu ciepła w pręcie
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	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## POLE ELEKTROSTATYCZNE

### Uczeń potrafi:

wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne	objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej
wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich	zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał
opisać, w jaki sposób za pomocą metalowej, naelektryzowanej kuleczki można zbadać, czy w przestrzeni istnieje pole elektrostatyczne	podać definicję natężenia pola elektrostatycznego
wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie	przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika
opisać doświadczenie z klatką Faradaya	graficznie, za pomocą linii pola, przedstawić pole elektrostatyczne centralne i jednorodne
opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi	zdefiniować gęstość powierzchniową ładunku
stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne	opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach
zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba	wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu
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	wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego

wymienić wielkości, od których zależy potencjał centralnego pola elektro- statycznego w danym punkcie, oraz jednostkę, w której go wyrażamy	podać definicję potencjału pola elektrostatycznego
opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować	wyjaśnić, co mamy na myśli mówiąc, że natężenie pola i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne w danym punkcie
nazwać stałą dla danego przewodnika iloraz $Q/V$ i podać jego jednostkę	zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać jej sens fizyczny
opisać budowę kondensatora płaskiego	wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora
wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego	wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi
wymienić cechy dielektryka	zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny
wymienić kilka różnych dielektryków	zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora
opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność	zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora
stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię	podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym
na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza	
podać wartość liczbową ładunku elementarnego	opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól,
wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku	wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone przez dipol
wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie	przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest prostopadłe do tej powierzchni
sporządzić wykres $E(r)$ dla naelektryzowanego przewodnika kulistego	przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zero
opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym	sporządzić wykresy zależności $E_p(r)$ dla ładunków jedno- i różnoimiennych
wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na energię potencjalną ładunku w grawitacyjnym i elektrostatycznym polu centralnym	sporządzić i objaśnić wykresy zależności $V(r)$ dla dodatniego i ujemnego źródła centralnego pola elektrostatycznego
zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ładunku i wywnioskować jej zmiany podczas oddalania się ładunku od punkтового źródła pola elektrostatycznego i podczas zbliżania się ładunku do tego źródła	stosować zasadę superpozycji dla potencjałów
wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową	wyprowadzić wzór na pracę w polu elektrostatycznym wyrażony poprzez różnicę potencjałów i udowodnić, że stosuje się dla każdego pola elektrostatycznego
podać definicję kondensatora	opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika
dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności	wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi



wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci	
opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach: $-\vec{v}_0 = \vec{0}$ , $-\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$ , $-\vec{v}_0 \perp \vec{E}$ , gdzie $\vec{v}_0$ to prędkość początkowa cząstki	
wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący	
za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka	
przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii	
przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## PRĄD STAŁY I MODELE PRZEWODNICTWA

### Uczeń potrafi:

objaśnić, co to znaczy, że w przewodniku płynie prąd elektryczny	zdefiniować natężenie prądu i jego jednostkę
posługiwać się pojęciami natężenia prądu elektrycznego i napięcia elektrycznego wraz z ich jednostkami	posługiwać się pojęciem napięcia elektrycznego i jego jednostką
podać nazwy przyrządów do pomiaru natężenia prądu i napięcia	podać treść I prawa Kirchhoffa
podać warunek konieczny do przepływu prądu elektrycznego przez przewodnik	stosować w zadaniach I prawo Kirchhoffa
zapisać wzór definicyjny oporu przewodnika i objaśnić wielkości występujące w tym wzorze	zademonstrować I prawo Kirchhoffa
podać jednostkę oporu	przypomnieć pojęcie napięcia i jego jednostkę
narysować schemat obwodu, w którym odbiorniki są połączone szeregowo lub równolegle	wyjaśnić, co nazywamy charakterystyką prądowo-napięciową
objaśnić schemat domowej instalacji elektrycznej	wypowiedzieć i objaśnić prawo Ohma
wyjaśnić funkcje bezpieczników i przewodu ochronnego	narysować charakterystykę prądowo-napięciową przewodnika podlegającego i niepodlegającego prawu Ohma
obliczyć opór przewodnika, gdy znane są jego opór właściwy i wymiary geometryczne	opisać wpływ zmian temperatury na opór przewodnika
posługiwać się pojęciami pracy i mocy prądu, objaśnić wielkości występujące we wzorach oraz podać jednostki pracy i mocy prądu	połączyć szeregowo kilka oporników
odczytać i zinterpretować moc znamionową odbiornika	połączyć równolegle kilka oporników i do tego układu zastosować I prawo Kirchhoffa
zapisać wzorem definicję wolta i objaśnić występujące w niej jednostki wielkości fizycznych	obliczać opór zastępczy kilku oporników połączonych szeregowo lub równolegle
zapisać prawo Ohma dla całego obwodu i nazwać występujące w nim wielkości	analizować zależność oporu od wymiarów przewodnika
podać przykład przewodnika, izolatora i półprzewodnika	posługiwać się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką

wskazać funkcję diody półprzewodnikowej w obwodzie	zapisać i objaśnić wzór na ciepło Joule'a
wskazać nośniki ładunku w cieczech i gazach	wykorzystać dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń
	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
	zapisać wzór wyrażający zależność $U(I)$ dla obwodu zamkniętego i nazwać występujące w nim wielkości
	wypowiedzieć i objaśnić II prawo Kirchhoffa
	opisać ruch nośników ładunku w metalach i półprzewodnikach
	rozdzielić przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury
	rozdzielić półprzewodniki typu p i typu n
	wyjaśnić ogólną zasadę działania diody
	wymienić i omówić sposoby jonizowania gazów
	wskazać rolę promieniowania, wysokiej temperatury i dużego natężenia pola
	wyjaśnić zjawisko termoemisji
zinterpretować I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku	objaśnić mikroskopowy model przepływu prądu w metalach
dodawać napięcia w układzie ogniwo połączonych szeregowo	skorzystać z tekstów dotyczących odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki i przygotować prezentację o początkach prac nad prądem elektrycznym
odczytać z charakterystyki przewodnika jego opór	analizować niepewności pomiarowe i wnioskować o proporcjonalności $I \sim U$
sporządzić doświadczalnie charakterystyki prądowo-napięciowe żarówki i kilku przewodników	podać sens fizyczny oporu
zdefiniować jednostkę oporu i podać jej wielokrotności	wyjaśnić zasadę działania termometru oporowego
dodawać napięcia w układzie ogniwo połączonych szeregowo	wykreślić przybliżony kształt charakterystyki prądowo-napięciowej termistora
opisać rozkład napięć i natężeń prądu w łączeniach szeregowym lub równoległym oporników	upraszczać schemat obwodu składającego się z oporników połączonych w sposób mieszany
wyprowadzić wzór na opór zastępczy kilku oporników połączonych szeregowo lub równolegle	wyjaśnić ograniczenia metody pomiaru oporu za pomocą amperomierza i woltomierza
zbadać doświadczalnie zależność oporu przewodnika od jego długości i przekroju poprzecznego	podać sens fizyczny oporu właściwego i przewodnictwa właściwego
opisać przemiany energii w biernych i czynnych elementach obwodu	przedstawić zasadę działania ogniwa galwanicznego
opisać budowę wkładki topikowej i wyjaśnić jej rolę w obwodzie prądu	opisać przemiany energetyczne w obwodzie, gdy ogniwo posiada opór elektryczny (opór wewnętrzny), i wyprowadzić wzór wyrażający prawo Ohma dla całego obwodu
wskazać, że praca wykonana w ogniwie jest wprost proporcjonalna do przemieszczonego ładunku	zbadać i omówić zależność natężenia prądu w obwodzie od oporu zewnętrznego
zdefiniować siłę elektromotoryczną ogniwa	wyznaczyć siłę elektromotoryczną 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
opisać przemiany energetyczne w obwodzie zawierającym tylko elementy bierne i wyprowadzić wzór wyrażający prawo Ohma dla tego przypadku	zapisać II prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego akumulator i obliczyć moc dostarczaną przez zasilacz
sporządzić schemat obwodu, na którym woltomierz wskazuje napięcie między biegunami źródła	stosować prawa Kirchhoffa do obliczeń w obwodach zawierających baterie ogniw o różnych siłach elektromotorycznych
dokonać zmiany w schemacie tak, by woltomierz wskazywał siłę elektromotoryczną źródła	obliczać opór zastępczy na podstawie prawa Ohma i praw Kirchhoffa
skorzystać z umowy i zapisać II prawo Kirchhoffa dla oczka sieci zawierającego oporniki	zademonstrować rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródeł światła
opisać wpływ domieszek na przewodnictwo półprzewodników	wyprowadzić wzór na opór właściwy elektrolitów
opisać zjawisko nadprzewodnictwa niektórych metali	wyjaśnić różnicę między przewodnictwem samoistnym a niesamoistnym gazów
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	
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	
zaplanować i wykonać doświadczenie, w którym wyznacza się opór właściwy przewodnika	
przeprowadzić rozumowanie pokazujące, jak zwiększanie liczby włączonych odbiorników, wpływa na wzrost natężenia prądu w sieci miejskiej	
skorzystać z tekstów dotyczących historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki i opisać doświadczenie Thomsona oraz odkrycie elektronu	
przeprowadzić rozumowanie, w wyniku którego otrzymujemy związek między natężeniem prądu a szybkością i liczbą nośników ładunku w przewodniku	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## POLE MAGNETYCZNE

### Uczeń potrafi:

opisać wzajemne oddziaływania magnesów trwałych	rysować linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych
udowodnić doświadczalnie, że w pobliżu magnesu trwałego istnieje pole magnetyczne	określić zwrot linii pola magnetycznego wytworzonego przez magnesy trwałe
wykonać doświadczenie Ørsted'a	opisać doświadczenie dowodzące, że bieguny magnetyczne zawsze występują parami
zaobserwować, że na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym działa siła	wymienić wnioski z przeprowadzonych obserwacji

wymienić wielkości, od których zależy wartość siły elektrodynamicznej działającej na przewodnik z prądem w polu magnetycznym	wymienić cechy siły elektrodynamicznej
zapisać wzorem definicję wartości indukcji magnetycznej	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
podać jednostkę indukcji magnetycznej	wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej
wskazać zwrot indukcji magnetycznej jednorodnego pola magnetycznego	stosować regułę lewej dłoni
odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość siły Lorentza?</i>	wykazać, że siła Lorentza nie wykonuje pracy
stosować wzór na wartość siły Lorentza dla przypadku $\vec{B} \perp \vec{v}$	zapisać wzorem i wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej
naszkicować linie pól magnetycznych prostoliniowego przewodnika z prądem oraz zwojnicy	podać przykłady zastosowania cyklotronu
wskazać silnik elektryczny jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii elektrycznej na mechaniczną	omówić rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym
wymienić zastosowania silnika elektrycznego	zapisać wzorami wartości indukcji magnetycznej pól wytworzonych w próżni przez bardzo długi prostoliniowy przewodnik oraz we wnętrzu długiej zwojnicy
zademonstrować właściwość ferromagnetyka odróżniającą go od innych substancji	stosować regułę prawej dłoni
	zaobserwować i opisać wzajemne oddziaływanie dwóch równoległych przewodników z prądem
	opisać budowę modelu silnika elektrycznego
	narysować siły działające na ramkę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym
	opisać właściwości i zastosowania ferromagnetyków
posługiwać się pojęciami dipoli i monopoli magnetycznych	wyjaśnić, co to znaczy, że indukcja magnetyczna jest pseudowektorem
opisać pole magnetyczne Ziemi	omówić budowę i zasadę działania cyklotronu
znajdować siłę elektrodynamiczną, w przypadku, gdy przewodnik z prądem jest prostopadły lub równoległy do linii pola magnetycznego	opisać tor naładowanej cząstki, której prędkość tworzy z liniami pola dowolny kąt $\alpha$
zapisać wektorowo wzór na siłę elektrodynamiczną i omówić wnioski wynikające z tego wzoru	przedyskutować ruch naładowanych cząstek w skrzyżowanych polach: elektrycznym i magnetycznym
wykazać, że jeśli prędkość naładowanej cząstki jest prostopadła do linii pola magnetycznego, to cząstka porusza się po okręgu ze stałą szybkością	omówić powstawanie zjawiska zorzy polarnej
obliczyć okres obiegu i promień okręgu, po którym porusza się naładowana cząstka w polu magnetycznym	stosować do obliczeń związki wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu w prostoliniowym przewodniku i długiej zwojnicy
wyjaśnić pojęcie przenikalności magnetycznej próżni i podać jej wymiar	stosować zasadę superpozycji dla pól magnetycznych przewodników z prądem
podać wartość, kierunek i zwrot indukcji magnetycznej pola wytworzonego przez pojedynczy zwój	zdefiniować względną przenikalność magnetyczną substancji
zinterpretować wzory wyrażające siły wzajemnego oddziaływania przewodników	rozdzielić substancje ze względu na wartość względnej przenikalności magnetycznej
na przykładzie omówić zasadę działania silnika elektrycznego na prąd stały	omówić proces magnesowania i rozmagasowania ferromagnetyka na podstawie pętli histerezy

opisać pole magnetyczne wewnątrz zwojnicy po umieszczeniu w jej wnętrzu rdzenia z ferromagnetyka lub paramagnetyka	
obliczać wartość indukcji magnetycznej we wnętrzu zwojnicy z rdzeniem	
skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub tekstów z historii fizyki i przygotować prezentację na temat badań nad magnetyzmem ziemskim	
skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub historycznych i przygotować prezentację na temat znaczenia doświadczenia Ørsted	
przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na wartość siły wzajemnego oddziaływania dwóch długich, równoległych przewodników z prądem	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## INDUKCJA ELEKTROMAGNETYCZNA

### Uczeń potrafi:

zademonstrować przynajmniej jeden sposób wzbudzenia prądu indukcyjnego	opisać sposoby wzbudzenia prądu indukcyjnego przez zmianę indukcji magnetycznej w nieruchomym obwodzie i odpowiednio poruszającym się obwodzie
wskazać siły działające na elektron w pręcie poruszającym się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola	opisać sposób obliczania napięcia między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola,
zapisać i objaśnić wzór wyrażający prawo Faradaya	sformułować prawo indukcji Faradaya
zastosować regułę Lenza na wybranym przykładzie	sformułować regułę Lenza
wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska indukcji elektromagnetycznej	opisać działanie prądnicy na przykładzie modelu
wskazać prądnicę jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii mechanicznej na energię elektryczną	zapisać wzorem i przedstawić na wykresie zależność SEM indukowanej w prądnicie od czasu
nazwać prąd powstający w prądnicie i zdefiniować jego okres, częstotliwość i fazę	wyjaśnić sens fizyczny natężenia i napięcia skutecznego i zapisać te wielkości wzorami
podać wartość liczbową napięcia skutecznego w sieci miejskiej w Polsce	wyjaśnić zasadę działania transformatora
wyjaśnić funkcję, którą spełnia w sieci transformator	zdefiniować przekładnię transformatora
opisać budowę transformatora	zapisać i objaśnić związek ilorazu napięć skutecznych w uzwojeniach pierwotnym i wtórnym z przekładnią
rozpoznać wyłącznik różnicowy i posłużyć się nim	zademonstrować diodę jako źródło światła
wymienić kilka powszechnie używanych urządzeń, w których znajdują się elementy półprzewodnikowe	
zdefiniować strumień magnetyczny i jego jednostkę	na podstawie tekstów dotyczących historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki przygotować prezentację na temat odkrycia przez Faradaya zjawiska indukcji elektromagnetycznej
podać ogólny warunek wzbudzenia prądu indukcyjnego w zamkniętym obwodzie	wyprowadzić wzór na SEM indukcji
wyprowadzić wzór na napięcie między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola	przeprowadzić analizę znaku SEM indukcji
na podstawie prawa Faradaya sformułować warunek, przy spełnieniu którego SEM indukcji ma stałą wartość	sporządzać i interpretować wykresy $\Phi(t)$ , $\epsilon(t)$ oraz $I(t)$

obliczać siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia indukcji magnetycznej	stosować regułę Lenza w skomplikowanych przykładach
uzasadnić regułę Lenza jako konsekwencję zasady zachowania energii	sporządzać wykresy $\Phi(t)$ i $\epsilon(t)$ oraz analizować ich przebieg
stosować regułę Lenza w prostych przykładach	przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu przemiennego
przeanalizować zmiany strumienia magnetycznego obejmowanego przez ramkę w modelu prądnicy	wyjaśnić działanie wyłącznika różnicowego
zapisać wzorami napięcie chwilowe, natężenie chwilowe i moc chwilową prądu przemiennego	
zdefiniować i zapisać wzorem moc skuteczną	
znaleźć związek między natężeniami prądu w uzwojeniach transformatora	
wykazać efektywność przesyłania prądu pod wysokim napięciem	
obliczać straty energii w linii przesyłowej	
opisać zasadę działania prostownika jedno- i dwupołkowego	
narysować schemat i omówić działanie prostego wzmacniacza	
wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu zmiennego na podstawie wykresu $I(t)$	
wyprowadzić wzór na przekładnię idealnego transformatora	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## OPTYKA GEOMETRYCZNA

### Uczeń potrafi:

opisać promień świetlny jako wąską wiązkę światła	przypomnieć pojęcia długości fali i częstotliwości
przedstawić schematycznie zjawisko odbicia i wskazać promień padający na powierzchnię, promień odbity i normalną	wyjaśnić zasadę działania światła odblaskowych
przedstawić schematycznie zjawisko załamania światła i wskazać promień załamany	wypowiedzieć prawo odbicia i stosować je w różnych przykładach
rozdzielić odbicie i rozpraszanie światła	zapisać wzorem i objaśnić prawo załamania oraz stosować je w różnych przykładach
wymienić zjawiska powstające na skutek rozpraszania światła w atmosferze	zademonstrować zjawisko rozpraszania światła w ośrodku
opisać zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia jako przypadek, gdy światło padające na granicę dwóch ośrodków nie przechodzi do drugiego ośrodka	podać przykład występowania zjawiska mirażu dolnego
wskazać światłowody jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia	za pomocą rysunku objaśnić zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i zdefiniować kąt graniczny
naszkicować konstrukcję obrazu punktowego źródła światła w zwierciadle płaskim	konstruować obrazy przedmiotu w zwierciadłach płaskich i kulistych oraz wymieniać ich cechy
naszkicować zwierciadło kuliste wklęsłe i opisać jego cechy	posługiwać się pojęciem powiększenia
zademonstrować powstawanie widma ciągłego światła białego i wymienić główne barwy	naszkicować przejście wiązki światła przez pryzmat i zaznaczyć kąt odchylenia wiązki

opisać widmo światła białego jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach	podać przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie związanych z rozszczepieniem światła
konstruować obrazy w soczewce wypukłej dla różnych odległości przedmiotu od soczewki i podać cechy tych obrazów	nazwać soczewki o różnych kształtach
przedstawić schematycznie powstawanie obrazu w soczewce wklęsłej i podać cechy tego obrazu	zdefiniować zdolność skupiającą układu soczewek
zdefiniować zdolność skupiającą soczewki i podać jej jednostkę	wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od soczewki
podać znak zdolności skupiającej soczewek używanych przez krótkowidzów i dalekowidzów	stosować do obliczeń wzór soczewkowy i równanie soczewki
	wyjaśnić zasadę działania lupy, narysować obraz otrzymywany w lupie
	wyjaśnić, na czym polega dalekowzroczność i krótkowzroczność
	podać sposoby korygowania dalekowzroczności i krótkowzroczności
podać przybliżony zakres długości i częstotliwości fal świetlnych	porównać rzędy wielkości obiektów, z którymi się stykamy, z długościami fal światła widzialnego
zdefiniować bezwzględny i względny współczynnik załamania	wyjaśnić zjawiska atmosferyczne, których przyczyną jest rozpraszanie światła w ośrodku
zapisać i objaśnić prawo załamania dla przypadku granicznego	objaśnić, na czym polega zjawisko mirażu dolnego
wyznaczyć wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego	przygotować prezentację na temat wykorzystania światłowodów
podać definicję powiększenia	przeprowadzić analizę niepewności współczynnika załamania wyznaczonego doświadczalnie
wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od zwierciadła	wykazać zależność ogniskowej zwierciadła kulistego od kąta padania światła
wyprowadzić związek między bezwzględnymi współczynnikami załamania i długościami fali świetlnej w obu ośrodkach	przedstawić zależność $y(x)$ za pomocą wykresu i przeanalizować ten wykres
wyprowadzić równanie soczewki	opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną
doświadczalnie zbadać zależność położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu	sporządzić wykres zależności $y(x)$ dla soczewki skupiającej i go zinterpretować
wyznaczyć ogniskową soczewki skupiającej	wyznaczyć ogniskową soczewki rozpraszającej
wyprowadzić wzór na powiększenie kątowe lupy	opisać budowę mikroskopu optycznego i wyprowadzić wzór na powiększenie
podać przykłady wykorzystania przyrządów optycznych	
wyprowadzić wzór na kąt odchylenia w pryzmacie i go zinterpretować,	
wyprowadzić wzór soczewkowy i go zinterpretować,	
wyprowadzić równanie zwierciadła i je zinterpretować,	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## FALE MECHANICZNE

### Uczeń potrafi:

zademonstrować rozchodzenie się fali poprzecznej i fali podłużnej	opisać falę mechaniczną jako zaburzenie rozchodzące się w ośrodku sprężystym i przenoszące energię
---	--

podać przykład fali poprzecznej i fali podłużnej	definiować czoło fali, promień fali i powierzchnię falową fali kulistej i płaskiej
na modelu harmonicznego fali płaskiej wskazać punkty o zgodnych fazach	posługiwać się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką ( $W/m^2$ )
używać pojęć: długość fali, amplituda, okres i częstotliwość	podać związki między wielkościami opisującymi falę harmoniczną
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 ( $t$ )
podać dotychczas poznane przykłady zasady superpozycji ruchów	zastosować funkcję falową do obliczenia długości fali
wyjaśnić, na czym polega superpozycja fal	naszkiecować fale składowe o jednakowych $T$ i $A$ oraz falę wypadkową dla faz: $0, \pi$ i $0 < \phi_0 < \pi$
zaobserwować zjawisko interferencji fal	opisać falę stojącą, wskazać węzły i strzałki tej fali
obserwować zjawisko dyfrakcji fali na szczeliny	podać odległość między sąsiednimi węzłami i sąsiednimi strzałkami fali stojącej
naszkiecować dyfrakcję fali na wąskiej szczeliny	podać warunek, przy spełnieniu którego zjawisko dyfrakcji można pominąć
podać źródła fal akustycznych i zakres ich częstotliwości	wyjaśnić, co to oznacza, że fale są spójne
podać i opisać rodzaje wrażeń słuchowych	podać warunek, przy spełnieniu którego wynik interferencji w danym punkcie nie zmienia się z czasem
podać cechy dźwięków	podać szybkości dźwięku w kilku ośrodkach
opisać istotę zjawiska Dopplera	zilustrować na schemacie zjawisko Dopplera, gdy źródło zbliża się do obserwatora
przyprowadzić przykłady występowania zjawiska Dopplera	wskazać na schemacie zmianę długości fali
przedstawić i omówić modele fali poprzecznej i fali podłużnej	objaśnić powstawanie fali poprzecznej na powierzchni cieczy
wyjaśnić, dlaczego fala poprzeczna może rozchodzić się tylko w ciałach stałych, a fala podłużna we wszystkich ośrodkach	przypomnieć wzór na całkowitą energię ciała drgającego
zapisać wzorem i objaśnić pojęcie natężenia fali i jego jednostkę	opisywać zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła
wskazać, od czego zależy natężenie fali kulistej	wykazać, że natężenie fali jest wprost proporcjonalne do kwadratu amplitudy drgań
przedstawić i zinterpretować różne postaci funkcji falowej	przeprowadzić rozumowanie w celu otrzymania funkcji falowej
zapisać i zinterpretować postać ogólną funkcji falowej	przeanalizować zależność $y(x)$ dla ustalonej chwili i $y(t)$ dla wybranej cząstki,
wykonać dodawanie wychyleń dwóch fal przesuniętych w fazie i zinterpretować wynik	sporządzać wykresy funkcji falowych
podać warunki powstawania fali stojącej	opisać wynik interferencji fal, których częstotliwości nie są jednakowe, lecz jedna z nich jest całkowitą wielokrotnością drugiej
zademonstrować falę stojącą	zdefiniować częstotliwość podstawową i wyższe harmoniczne
obliczyć odległości między węzłami i strzałkami fali stojącej	przeprowadzić rozumowanie w celu uzyskania funkcji falowej fali stojącej i zinterpretować tę funkcję
sformułować zasadę Huygensa	stosując zasadę Huygensa, wytłumaczyć zjawiska: odbicia, załamania i dyfrakcji
sporządzić schemat interferencji fal wychodzących z dwóch źródeł i omówić skutek interferencji w wybranym punkcie	wyprowadzić i skomentować warunek wzmocnienia i wygaszenia fali



wyrazić warunki wzmocnienia i wygaszenia przez długość fali i odległość między szczelinami	zdefiniować poziom natężenia i jego jednostkę
wyjaśnić różnicę między natężeniem dźwięku i poziomem natężenia dźwięku	przygotować prezentację na temat szkodliwości hałasu
obliczać poziomy natężenie dźwięków o różnych natężeniach	na podstawie sporządzonego schematu obliczyć częstotliwość rejestrowanej fali, gdy odbiornik zbliża się do nieruchomego źródła
na podstawie schematu obliczyć częstotliwość fali rejestrowanej przez odbiornik, gdy źródło zbliża się do nieruchomego obserwatora	
podać ogólny wzór na odbieraną częstotliwość i umowę dotyczącą znaków	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## NIEPEWNOŚCI POMIAROWE

### Uczeń potrafi:

posługiwać się podstawowymi pojęciami (pomiar bezpośredni, pomiar pośredni, wynik pomiaru, rozdzielczość przyrządu pomiarowego, błędy: grubo, systematyczny, przypadkowy, niepewność względna)	objaśnić wzór na niepewność względną
objaśnić podstawowe pojęcia	wyznaczyć średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzalnego
wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich	zapisać wynik pomiaru wraz z jednostką oraz informacją o niepewności
wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru	przeprowadzać obliczenia i zapisywać wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych
rozdzielić błędy przypadkowe i systematyczne	skorzystać z podanych wzorów i obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od jednej zmiennej
wymienić przykłady pomiarów pośrednich	skorzystać z podanych wzorów i obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od dwóch zmiennych
posługiwać się pojęciem niepewności pomiaru wielkości mierzonej pośrednio	uwzględniać niepewności pomiarów przy sporządzaniu wykresów
zapisać wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności	
zdefiniować niepewność względną	wymienić parametry charakteryzujące funkcję Gaussa,
objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu, oraz jaki jest jej wkład w niepewność standardową wyniku pomiarów	opisać funkcję Gaussa
przedstawić wyniki pomiarów w postaci wykresu słupkowego (histogramu)	omówić wpływ liczby pomiarów na wartość niepewności
obliczać niepewność standardową w sytuacji, gdy $S_{xsr} \ll \Delta x$	opisać trzy sytuacje, w których „wkłady” do niepewności standardowej miary rozrzutu wyników i wartości niepewności granicznej są różne
sprawdzić, jak niepewność pomiaru danej wielkości fizycznej wpływa na niepewność pomiaru pośredniego	posługiwać się wzorami na niepewność standardową w każdej z tych trzech sytuacji
przeprowadzić analizę wyników pomiaru pośredniego	wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących

	obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od jednej zmiennej
	obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od dwóch zmiennych
	stosować poprawny zapis wyniku pomiaru wraz z niepewnością standardową
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## DUALNA NATURA PROMIENIOWANIA I MATERII

### Uczeń potrafi:

omówić widmo fal elektromagnetycznych	podać definicję fali elektromagnetycznej
podać źródła i zastosowania wybranych zakresów widma	obserwować zjawisko dyfrakcji i interferencji światła oraz opisać obrazy otrzymane na ekranie
wyjaśnić powstawanie prążków interferencyjnych w doświadczeniu Younga	na podstawie opisu w podręczniku wyprowadzić związek między długością fali, odległością sąsiednich prążków na ekranie, wzajemną odległością szczelin i odległością szczelin od ekranu
wyjaśnić historyczne znaczenie doświadczenia Younga	podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal
opisać i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną	sporządzić rysunek przedstawiający odbicie światła od dwóch powierzchni cienkiej warstwy
wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy	podać i nazwać wielkości występujące we wzorach na kąt ugięcia, pod którym widzimy pierwszy ciemny prążek, w przypadku szczeliny i kołowego otworka
zaobserwować i objaśnić obraz powstający po przejściu światła przez szczelinę	zademonstrować zjawisko polaryzacji przez podwójne załamanie i przez odbicie
obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle	podać przykład naturalnego polaryzatora
wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji	wyjaśnić pojęcie pracy wyjścia elektronu z metalu
obserwować i objaśnić zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne	sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia $W$
posługiwać się pojęciem kwantu energii – fotonu	uzasadnić pogląd, że światło ma naturę dualną
wymienić praktyczne zastosowania fotokomórki	zapisać i objaśnić zasadę zachowania energii w zjawisku fotoelektrycznym
rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe	opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania
wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym	obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków, otrzymane za pomocą siatki dyfrakcyjnej
opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy	opisać jakościowo zależność natężenia promieniowania ciała od temperatury
wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym	opisać jakościowo zależność długości fali emitowanej przez ciało od temperatury tego ciała
wyjaśnić, co to znaczy, że promienie orbit i energia atomu wodoru są skwantowane	sformułować i zapisać postulaty Bohra
opisać atom wodoru według teorii Bohra i wskazać, że energia atomu, w którym elektron znajduje się na wyższej orbicie, jest większa	obliczyć całkowitą energię atomu wodoru

wyjaśnić skutki absorpcji i emisji kwantu energii przez atom wodoru	wyjaśnić, co to znaczy, że energia jest skwantowana
wyjaśnić zjawisko jonizacji atomu	skorzystać z modelu Bohra i wyjaśnić, jak powstają serie widmowe
opisać właściwości promieni X	opisać światło laserowe jako spójne i monochromatyczne
wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego	opisać widmo promieniowania rentgenowskiego
wypowiedzieć hipotezę de Broglie'a i objaśnić wzór na długość fali materii	omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach
wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych	uzasadnić pogląd, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną
	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 doświadczenie Hertza	przygotować prezentację na temat oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizmy
opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła	opisać wszystkie wymienione w podręczniku metody pomiaru wartości prędkości światła
wyjaśnić pojęcie spójności fal	wyprowadzić i skomentować warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia światła przechodzącego przez siatkę dyfrakcyjną
zastosować do obliczeń warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal	opisać metodę wyznaczania długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej
porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego	wyprowadzić wzory na powstawanie obszarów jasnych i ciemnych
wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy	obliczyć długość fali, dla której w wyniku interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy zachodzi maksymalne wzmocnienie lub całkowite wygaszenie
interpretować warunek na pierwsze minimum, czyli związek kąta ugięcia z szerokością szczeliny i długością fali padającej na szczelinę oraz – w przypadku kolistej otwórki – z jego średnicą i długością fali padającej na otworek	analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej
analizować obrazy dyfrakcyjne obiektów znajdujących się w różnych odległościach od siebie	uzasadnić stwierdzenie, że im większy rząd widma uzyskanego za pomocą siatki dyfrakcyjnej, tym większa jest zdolność rozdzielcza siatki
podać warunek rozróżnialności obiektów jako oddzielnych	zapisać i objaśnić prawo Malusa
opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną	przeanalizować i opisać matematycznie skutek przejścia światła przez kilka polaryzatorów umieszczonych na wspólnej osi
wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła	sporządzić wykres zależności natężenia I prądu płynącego przez fotokomórkę od napięcia U między anodą i katodą, oświetlaną kolejno światłem o różnych natężeniach
opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie	sporządzać wykresy zależności I(U) dla promieniowania o takim samym natężeniu, ale o różnych częstotliwościach
przeprowadzić rozumowanie dowodzące, że maksymalna energia kinetyczna fotoelektronów zależy od częstotliwości promieniowania wywołującego zjawisko fotoelektryczne i nie zależy od natężenia tego promieniowania	sporządzać wykresy zależności maksymalnej energii kinetycznej od częstotliwości promieniowania dla różnych metali

przeprowadzić rozumowanie dowodzące, że liczba fotoelektronów zależy od natężenia promieniowania	wyznaczyć pracę wyjścia i stałą Plancka na podstawie wykresu zależności napięcia hamowania od częstotliwości i oszacować niepewności pomiarowe
analizować wykresy dotyczące zależności wielkości fizycznych opisujących zjawisko fotoelektryczne	zapisać i objaśnić prawo Stefana–Boltzmana i prawo Wiena
omówić teorię Einsteina wyjaśniającą zjawisko fotoelektryczne	opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Rydberga (serie widmowe)
sformułować i wyjaśnić hipotezę Maxa Plancka	wyjaśnić, dlaczego bez dodatkowych założeń (bez postulatów Bohra) atom zbudowany zgodnie z modelem Bohra nie mógłby istnieć
wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego	opisać zasadę działania żarła słonecznego
posługiwać się wzorem Rydberga (zwanym też uogólnionym wzorem Balmera)	omówić zjawisko Comptona i uzasadnić fakt, że jego wyjaśnienie wymaga przyjęcia założenia o korpuskularnej naturze promieniowania rentgenowskiego
wyjaśnić, dlaczego nie można wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej	
wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem rewolucyjnym i jest do dziś stosowany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych wyników doświadczalnych	
interpretować linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła	
rozróżnić stan podstawowy i stany wzbudzone atomu	
stosować zasady zachowania energii i pędu do opisu emisji i absorpcji fotonu przez swobodne atomy	
opisać odrzut atomu emitującego foton; porównać energię odrzutu atomu z energią emitowanego fotonu	
wyjaśnić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego o widmie ciągłym i widmie liniowym	
wyprowadzić wzór na $\lambda_{\min}$	
posługiwać się wzorem Bragga	
interpretować zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej	
omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach) jako eksperymentalny dowód na falowe właściwości cząstek	
wyprowadzić wzór na serie widmowe na podstawie teorii Bohra budowy atomu wodoru,	
opisać zastosowanie falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy)	
wyjaśnić zasadę działania kina 3D	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## ELEMENTY SZCZEGÓLNEJ TEORII WZGLĘDNOŚCI

Uczeń potrafi:

opisać różnice między poglądami Galileusza i Einsteina na upływ czasu mierzonego w różnych układach inercjalnych	wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina
przeanalizować doświadczenie myślowe uzasadniające względność jednoczesności oraz równoczesność zdarzeń w mechanice klasycznej i ich niejednoczesność w mechanice relatywistycznej	wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni
wyjaśnić, dlaczego opis zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych różni się od opisu tego zjawiska dla fal mechanicznych	interpretować wzór przybliżony w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych
podać i objaśnić wzór przybliżony na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej	opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych
wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych	podać i objaśnić definicję pędu relatywistycznego
przytoczyć opis doświadczenia, którego wynik stanowi dowód na to, że szybkość przekazu energii i informacji nie może przekroczyć $c$	interpretować wykres zależności relatywistycznej energii kinetycznej od szybkości obiektu
wyjaśnić, dlaczego fakt, że szybkość nie może przekroczyć $c$ , dowodzi ograniczonej stosowalności mechaniki Newtona	zapisać i skomentować wyrażenie na całkowitą energię ciała swobodnego
wyjaśnić, dlaczego nie każde zjawisko wcześniejsze może być przyczyną zjawiska późniejszego	wyrazić pogląd, że w zjawiskach mikroskopowych całkowita energia jest zachowana
podać i objaśnić wzór relatywistyczny na energię kinetyczną	zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą a wartościami pędu i prędkości cząstki
podać, że w układzie, w którym ciało spoczywa, ma ono energię $E = mc^2$ , zwaną energią spoczynkową	zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą cząstki a wartością jej pędu i masą
wyrazić pogląd, że masa ciała jest jego wielkością charakterystyczną, jednakową w każdym układzie odniesienia	wyrazić i zinterpretować pogląd, że masa układu cząstek wzajemnie oddziałujących jest mniejsza od sumy mas tych cząstek
uzasadnić względność jednoczesności jako konsekwencję faktu, że prędkość światła w próżni we wszystkich inercjalnych układach odniesienia ma taką samą, skończoną wartość $c$	podać dokładny wzór na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej i przekształcić go do wzoru przybliżonego
wyjaśnić, dlaczego do wyprowadzenia wzoru na odbieraną częstotliwość fali elektromagnetycznej należy stosować teorię względności	objaśnić wpływ termicznego ruchu cząsteczek na szerokość linii widmowych
podać i objaśnić wzory dotyczące zjawiska Dopplera, stosowane w obserwacjach astronomicznych	podać przykład opisu ruchu dwóch obiektów, w którym konieczne jest zastosowanie relatywistycznego prawa składania prędkości
przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami	wyjaśnić, dlaczego zwrot siły nie jest na ogół zgodny ze zwrotem przyspieszenia
wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie	przeprowadzić rozumowanie i obliczenia dowodzące, że dla małych szybkości relatywistyczny wzór na energię kinetyczną przechodzi we wzór klasyczny
sporządzić i objaśnić wykres zależności pędu relatywistycznego od szybkości ciała	podać relację między energią kinetyczną i całkowitą cząstki a jej energią spoczynkową
opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym	
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 $mc^2$	
wykazać, że masa pojedynczego fotonu jest równa zero	
wykazać, że układ fotonów może mieć masę różną od zera	

opisać ruch relatywistycznej cząstki naładowanej	
wykazać, że pęd fotonu ma wartość $p = \frac{h}{\lambda}$	
wyprowadzić związek między energią całkowitą cząstki a wartościami jej pędu i prędkości	
wyprowadzić i objaśnić związek siły działającej na ciało z szybkością zmiany jego pędu	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	

## FIZYKA JĄDROWA

### Uczeń potrafi:

opisać samorzutną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki	opisać szczegółowo właściwości każdego rodzaju promieniowania jądrowego
wymienić rodzaje promieniowania jądrowego i podać ich główne właściwości	zdefiniować liczbę masową i liczbę atomową (porządkową) pierwiastka
podać i scharakteryzować składniki jądra atomowego	opisać właściwości sił jądrowych
wyjaśnić, czym różnią się od siebie izotopy i podać przykłady izotopów wybranego pierwiastka	podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus
wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy	podać ładunek i masę pozytonu
zapisać i objaśnić prawo rozpadu promieniotwórczego	wyjaśnić pojęcia cząstki i antycząstki
zdefiniować pojęcie czasu połowicznego rozpadu,	wyjaśnić pojęcie stałej rozpadu
przytoczyć kilka przykładowych czasów połowicznego rozpadu	zdefiniować pojęcie aktywności źródła i podać jej jednostkę
wyjaśnić zagrożenia wynikające z bardzo długiego czasu połowicznego rozpadu niektórych izotopów	wyjaśnić, co to znaczy, że rozpad promieniotwórczy ma charakter statystyczny
wyjaśnić, dlaczego do rozdzielenia składników układu związanego konieczne jest dostarczenie energii	wyprowadzić wzór na deficyt masy
wyjaśnić, dlaczego masa jądra jest mniejsza od sumy mas jego składników	znaleźć związek pomiędzy energią wiązania i deficytem masy
wyjaśnić pojęcie deficytu masy	poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych, uwzględniając konieczność zachowania całkowitego ładunku i całkowitej liczby nukleonów
podać wzór na energię wiązania jądra atomowego	wyjaśnić zasadę zachowania ładunku w zjawisku krecji
wyjaśnić, na czym polegają procesy, które nazywamy reakcjami jądrowymi	zapisać zasadę zachowania energii w zjawisku krecji
wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych	zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu
opisać zjawisko krecji par elektron–pozyton	na podstawie doświadczenia myślowego opisanego w podręczniku wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach rozszczepienia jąder atomowych
opisać zjawisko anihilacji	uzasadnić pogląd o konieczności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej
wyjaśnić pojęcie reakcji egzoenergetycznej i wymienić reakcję rozszczepienia jako przykład takiej reakcji	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
opisać energię jądrową jako nadwyżkę energii kinetycznej powstającej w procesie rozszczepienia	omówić schemat cyklu proton–proton
wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa i podać warunki jej zachodzenia	omówić perspektywy pokojowego wykorzystania energii termojądrowej

wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową	opisać reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach
wymenić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane	porównać odporność różnych gatunków organizmów na promieniowanie jonizujące
opisać reakcje fuzji lekkich jąder i skutki takich reakcji	wymenić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej
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	
opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy	
porównywać dawki promieniowania pochodzącego ze źródeł naturalnych	
wymenić sposoby ochrony przed promieniowaniem	
opisać historię odkrycia promieniotwórczości i rolę Marii Skłodowskiej-Curie	opisać niektóre metody badania właściwości promieniowania jądrowego
opisać doświadczenie Rutherforda i wyjaśnić znaczenie jego wyników	przygotować prezentację na temat kwarków i leptonów – najmniejszych składników materii
przeanalizować, jak zmieniają się jądra pierwiastków po rozpadach promieniotwórczych	wyjaśnić pojęcie szeregu promieniotwórczego i omówić jeden z nich
wyjaśnić rolę neutrina lub antyneutrina w reakcjach rozpadów	wyprowadzić prawo rozpadu promieniotwórczego
sformułować regułę Soddiego i Fajansa	obliczyć masę promieniotwórczego izotopu pierwiastka po określonym czasie
wyjaśnić pojęcia jądra stabilnego i jądra niestabilnego	obliczyć energię wiązania jądra wybranego atomu
podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma	porównać energie wiązania jąder z energią wiązania atomów i cząsteczek
zinterpretować wykres $N(t)$ zależności liczby jąder danego izotopu w próbce od czasu	podać warunki konieczne do zajścia reakcji jądrowej i zastosować je do obliczenia najmniejszej energii kinetycznej, jaką należy dostarczyć cząstce $\alpha$ , zderzającej się z jądrem złota, aby mogła nastąpić reakcja jądrowa
korzystać ze związku między stałą rozpadu i czasem połowicznego rozpadu	obliczyć minimalną energię fotonu powstającego w zjawisku anihilacji
objaśnić metodę datowania za pomocą izotopu $^{14}\text{C}$	stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji rozszczepienia
zdefiniować jednostkę masy atomowej i wykorzystywać ją do wykonywania obliczeń	obliczyć energię uwolnioną podczas rozszczepienia opisanego podanym równaniem reakcji
zinterpretować wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych	uzasadnić stwierdzenie, że energia dostarczana przez wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzi z energii spoczynkowej ciał
wyjaśnić i opisać za pomocą równania kreację pary elektron–pozyton	obliczyć energię wydzieloną w reakcji syntezy oraz energię uzyskaną w wyniku spalania węgla i porównać te dwie wartości
przedstawić zasadę zachowania pędu w zjawisku kreacji	wyjaśnić zjawisko wybuchu supernowej
obliczyć minimalną energię fotonu konieczną do zajścia zjawiska kreacji	wyjaśnić, czym jest czarna dziura i w jaki sposób powstaje
opisać proces anihilacji pozytonu i elektronu	opisać schemat i zasadę działania licznika Geigera–Müllera

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 egzotermiczna, więc może stanowić źródło energii	
opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej	
opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej	
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	
podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę	
podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki	
przygotować prezentację na temat możliwości obserwacyjnych teleskopu Webba	
zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego	
opisać wpływ działalności człowieka na wzrost poziomu promieniowania w środowisku	
rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności	



## **Szczegółowe warunki i tryb uzyskiwania wyższej niż przewidywana rocznej oceny klasyfikacyjnej z zajęć edukacyjnych**

- 1. Uczeń pisze sprawdzian wiadomości, z wymagań które nie osiągnął na ocenę, którą chce uzyskać.**
- 2. Uczeń proponuje i przeprowadza projekt krótkoterminowy.**