

Szczegółowe wymagania edukacyjne

niezbędne do uzyskania poszczególnych ocen klasyfikacyjnych przez uczniów klas z programem nauczania fizyki na poziomie rozszerzonym

Realizowany jest: „Program nauczania fizyki w liceum i technikum. Zakres rozszerzony”

autorstwa: Marii Fiałkowskiej, Barbary Sagnowskiej, Jadwigi Salach

Podział wymagań na poszczególne oceny szkolne:

ocena dopuszczająca – wymagania konieczne (uczeń zna podstawowe prawa i wielkości fizyczne)

ocena dostateczna – wymagania podstawowe (uczeń potrafi sprostać wymaganiom koniecznym i podstawowym)

ocena dobra – wymagania rozszerzone (uczeń poprawnie stosuje wiadomości do rozwiązywania typowych zadań lub problemów)

ocena bardzo dobra - wymagania dopełniające (uczeń w pełnym zakresie opanował wiadomości i umiejętności programowe, a zdobytą wiedzę potrafi zastosować w nowych sytuacjach)

ocena celująca – wymagania dopełniające (uczeń stosuje zdobytą wiedzę w zadaniach nietypowych, odnosi sukcesy w konkursach i olimpiadach)

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|--|---|--|---|
| Dział 1. Opis ruchu postępowego | | | |
| 1. | Elementy działań na wektorach | <ul style="list-style-type: none"> • podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych, • wykonywać podstawowe działania na wektorach | <ul style="list-style-type: none"> • obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych, • rozwiązywać zadania dotyczące działań na wektorach |
| 2. | Pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciami: droga, położenie, przemieszczenie, szybkość średnia i chwilowa, prędkość średnia i chwilowa, przyspieszenie średnie i chwilowe, • objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym, • zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego | <ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić fakt, że prędkość chwilowa jest styczna do toru w punkcie, w którym znajduje się ciało w danej chwili, • wyjaśnić różnicę między średnią wartością prędkości i wartością prędkości średniej, • skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym i opóźnionym oraz w ruchu krzywoliniowym, • wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego, • przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych |
| 3. | Ruch jednostajny prostoliniowy | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać równanie wektorowe w postaci równania skalarnego dla ruchu wzdłuż obranej osi x, • obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym, • sporządzać wykresy i odczytywać z wykresów wartości poznanych wielkości fizycznych | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych, • sporządzać i interpretować wykresy zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|----|---|---|--|
| 4. | <p>Ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy. Wyznaczanie wartości przyspieszenia. Przykłady opisu ruchów zmiennych</p> | <ul style="list-style-type: none"> • obliczać drogę i szybkość chwilową w ruchach jednostajnie zmiennych, • porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchach jednostajnie zmiennych po linii prostej, • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, zapisać wyniki w tabeli i sformułować wniosek z doświadczenia, • rozwiązywać proste zadania dotyczące obliczania wielkości fizycznych opisujących ruchy jednostajne i zmienne | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po linii prostej w różnych układach odniesienia, • sporządzać wykresy tych zależności, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych na podstawie wyników doświadczenia, • rozwiązywać nowe, nietypowe zadania dotyczące ruchów jednostajnych i zmiennych |
| 5. | <p>Względność ruchu</p> | <ul style="list-style-type: none"> • podać związki między współrzędnymi położenia i między prędkościami w układach inercjalnych, • podać związek między przyspieszeniami w układach inercjalnych, • posługiwać się tymi związkami, • rozwiązywać zadania dotyczące składania ruchów odbywających się w tych samych kierunkach | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić związki między współrzędnymi położenia i między prędkościami ciała w układach inercjalnych, • przytoczyć i objaśnić zasadę względności ruchu Galileusza, podać warunki jej stosowalności, • przedstawić odkrycia Galileusza i wyjaśnić, dlaczego nazwano go „ojcem fizyki doświadczalnej”, • rozwiązywać zadania dotyczące składania ruchów odbywających się w dowolnych kierunkach |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---|------------------------------|--|--|
| 6. | Opis ruchu w dwóch wymiarach | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się związkami szybkości liniowej z okresem ruchu i częstotliwością, szybkości liniowej z szybkością kątową oraz miarą łukową kąta, • w celu obliczenia wskazanej wielkości fizycznej podać i przekształcić wzory na wartość przyspieszenia dośrodkowego oraz wysokość i zasięg rzutu poziomego | <ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania dotyczące ruchu po okręgu i rzutu poziomego, • przedstawić przykłady praktycznego wykorzystania omówionych rodzajów ruchu, • opisać rzut ukośny jako ruch, w którym nadajemy ciału prędkość skierowaną pod pewnym kątem do poziomu, • rozłożyć rzut ukośny na dwa ruchy składowe i wyprowadzić równanie toru oraz wzory na wysokość i zasięg rzutu, • rozwiązywać zadania dotyczące rzutu ukośnego |
| Dział 2. Siła jako przyczyna zmian ruchu | | | |
| 7. | Zasady dynamiki Newtona | <ul style="list-style-type: none"> • rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał, • znajdować graficznie wypadkową sił działających na ciało, • wypowiedzieć i poprzeć przykładami treść zasad dynamiki, • przekształcać wzór wyrażający drugą zasadę dynamiki i obliczać każdą z występujących w nim wielkości fizycznych, • stosować zasady dynamiki do opisu ruchu ciał | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie „układ inercjalny” i pierwszą zasadę dynamiki jako postulat istnienia takiego układu, • w przypadku kilku sił działających na ciało zapisać drugą zasadę dynamiki w postaci równania wektorowego i przekształcić je w układ równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych, • rozwiązywać zadania i problemy o podwyższonym stopniu trudności |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|----|--|--|---|
| 8. | Siła a zmiana pędu ciała. Zasada zachowania pędu dla układu ciał | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzorem i objaśnić pojęcie pędu wraz z jednostką, • interpretować drugą zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu ciała a popędem siły, • wyprowadzić wzór wiążący zmianę pędu z wypadkową siłą działającą na ciało i czasem jej działania, czyli inną postać drugiej zasady dynamiki, • opisać pojęcie układu ciał i środka masy układu, • obliczyć współrzędne położenia środka masy układu dwóch ciał, • zapisać wzorem i objaśnić zasadę zachowania pędu dla układu ciał, • rozwiązywać proste zadania | <ul style="list-style-type: none"> • na podstawie analizy związku $\Delta m\vec{v} = \vec{F}\Delta t$ sformułować zasadę zachowania pędu, • stosować zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał, • uzasadnić konieczność korzystania z innej postaci drugiej zasady dynamiki w przypadku, gdy zmienia się masa ciała, na które działa siła, • podać uogólniony wzór na położenie środka masy n ciał i go objaśnić, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania pędu dla układu ciał, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności |
| 9. | Tarcie Wyznaczanie współczynników tarcia statycznego i kinetycznego | <ul style="list-style-type: none"> • rozróżnić sytuacje, w których występuje tarcie statyczne lub kinetyczne, • zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego, • omówić rolę tarcia na wybranych przykładach, • sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równoległe do stykających się powierzchni dwóch ciał, • opisać ruch ciała z tarcieniem po równi pochyłej, • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, • zapisywać wyniki pomiarów w tabeli, wykonywać obliczenia i sformułować wniosek z doświadczenia | <ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać typowe zadania z dynamiki, w których uwzględnia się siły tarcia posuwistego, oraz zadania o podwyższonym stopniu trudności, • podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|--|--|
| 10. | Siły w ruchu po okręgu Badanie ruchu jednostajnego po okręgu | <ul style="list-style-type: none"> wskazać działanie siły dośrodkowej o stałej wartości jako warunku ruchu ciała po okręgu ze stałą szybkością, podać przykłady siły dośrodkowej o różnej naturze, podać i objaśnić kilka postaci wzoru na wartość siły dośrodkowej, aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, zapisywać wyniki pomiarów w tabeli i wykonywać obliczenia, sformułować wnioski z doświadczenia | <ul style="list-style-type: none"> analizować przykłady występowania ruchu po okręgu w przyrodzie i życiu codziennym, rozwiązywać zadania z zastosowaniem zasad dynamiki do ruchu po okręgu, rozwiązywać problemy, w których na ciało oprócz siły normalnej do toru ruchu działa również siła styczna, podać cele doświadczenia i opisać sposób jego wykonania, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik |
| 11. | Opis ruchu w układach nieinercjalnych | <ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić różnicę między układami inercjalnymi i nieinercjalnymi, zademonstrować działanie siły bezwładności, wyjaśnić, w jakim przypadku do opisu ruchu ciała wprowadzamy siłę bezwładności, podać wzór na wartość siły bezwładności i go objaśnić | <ul style="list-style-type: none"> na przykładzie przeprowadzić rozumowanie uzasadniające konieczność wprowadzenia siły bezwładności podczas stosowania zasad dynamiki w układach nieinercjalnych, rozwiązywać problemy dynamiczne zarówno w układzie inercjalnym, jak i nieinercjalnym |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---|--|---|--|
| Dział 3. Praca, moc, energia mechaniczna | | | |
| 12. | Iloczyn skalarny dwóch wektorów | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzór na iloczyn skalarny dwóch wektorów i podać jego podstawowe własności | <ul style="list-style-type: none"> • korzystać z iloczynu skalarnego dwóch wektorów skierowanych pod dowolnym kątem przy rozwiązywaniu zadań |
| 13. | Praca i moc | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić wzory na pracę stałej siły, moc średnią i chwilową, • podać jednostki pracy i mocy oraz ich pochodne, • przekształcać wzory i wykonywać obliczenia | <ul style="list-style-type: none"> • obliczać pracę siły zmiennej z wykresu $F(x)$ i pracę wykonaną przez urządzenie o zmiennej mocy z wykresu $P(t)$, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności |
| 14. | Rodzaje energii mechanicznej. Zasada zachowania energii mechanicznej | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcia: siła wewnętrzna i zewnętrzna w układzie ciał, • podać definicje energii mechanicznej, potencjalnej i kinetycznej wyrażone przez ich zmiany, • obliczać energię potencjalną grawitacyjną ciała w pobliżu Ziemi za pomocą wzoru $E_p = mgh$, • obliczać energię kinetyczną ciała za pomocą wzoru $E_k = \frac{mv^2}{2},$ • wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej i podać warunki, w których jest spełniona, • podać przykłady sytuacji, w których zasada zachowania energii mechanicznej jest spełniona i w których nie jest spełniona | <ul style="list-style-type: none"> • obliczyć pracę siły zewnętrznej i pracę siły grawitacyjnej przy zmianie odległości ciała od Ziemi oraz przedyskutować znak każdej z nich, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do sformułowania zasady zachowania energii mechanicznej, • rozwiązywać zadania wymagające zastosowania zasady zachowania energii mechanicznej, • rozwiązywać zadania wymagające wykorzystania związku zmian energii z wykonaną pracą |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---|--|--|--|
| 15. | Zderzenia ciał Badanie zderzeń dwóch ciał i wyznaczenie masy jednego z nich | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić zasady zachowania energii i pędu dla zderzeń doskonale sprężystych, • zapisać i objaśnić zasadę zachowania pędu dla zderzeń doskonale niesprężystych, • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, • wpisywać wyniki pomiarów do zaprojektowanej w podręczniku tabeli i wykonywać obliczenia, • sformułować wnioski z doświadczenia | <ul style="list-style-type: none"> • 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, • podać cele i opisać sposób wykonania doświadczenia, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych i skomentować jej wynik |
| 16. | Sprawność urządzeń mechanicznych | <ul style="list-style-type: none"> • objaśnić definicję sprawności urządzenia i podać przykłady, • stosować definicję sprawności do rozwiązywania prostych zadań | <ul style="list-style-type: none"> • przeprowadzić rozumowanie ukazujące sposób obliczania sprawności urządzenia i układu urządzeń, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności |
| Dział 4. Zjawiska hydrostatyczne | | | |
| 17. | Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję ciśnienia i jego jednostkę, • wyjaśnić pojęcia: ciśnienie atmosferyczne i ciśnienie hydrostatyczne oraz posługiwać się tymi pojęciami, • wskazać, od czego zależy ciśnienie hydrostatyczne, • omówić zastosowania prawa Pascala | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega paradoks hydrostatyczny, • sformułować i objaśnić prawo Pascala, • prezentować wiedzę o urządzeniach hydraulicznych i pneumatycznych pochodzącą z różnych źródeł |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---------------------------------------|---|--|--|
| 18. | Prawo naczyń połączonych | <ul style="list-style-type: none"> sformułować i objaśnić prawo równowagi cieczy w naczyniach połączonych, podać przykłady zastosowania naczyń połączonych, za pomocą naczyń połączonych wyznaczyć nieznaną gęstość cieczy | <ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać zadania z zastosowaniem prawa równowagi cieczy w naczyniach połączonych |
| 19. | Prawo Archimedesesa. Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał | <ul style="list-style-type: none"> sformułować i objaśnić prawo Archimedesesa, podać przykłady zastosowania prawa Archimedesesa, na podstawie analizy sił działających na ciało zanurzone w cieczy wnioskować o warunkach pływania i tonięcia ciała w cieczy, opisać metodę wyznaczania gęstości ciała stałego i cieczy, w której wykorzystuje się prawo Archimedesesa, rozwiązywać proste zadania z zastosowaniem obliczania siły wyporu | <ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe związane z zastosowaniem prawa Archimedesesa, wyznaczyć gęstość ciała różnymi metodami, skorzystać z różnych źródeł i zapoznać się z prawami hydrodynamiki (np. prawem Bernoulliego) oraz omówić ich skutki |
| Dział 5. Niepewności pomiarowe | | | |
| 20. | Pomiary bezpośrednie. Niepewności pomiarów bezpośrednich | <ul style="list-style-type: none"> wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, wymienić przykłady pomiarów pośrednich, wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru, zapisać wynik pojedynczego pomiaru wraz z niepewnością pomiarową i objaśnić ten wynik, obliczyć średnią arytmetyczną pomiarów i oszacować jej niepewność, oszacować niepewność względną i procentową | <ul style="list-style-type: none"> wymienić najczęściej występujące źródła niepewności pomiarowych, 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 |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzone i dopełniające Uczeń sprostaj wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|--|--|---|
| 21. | Niepewności pomiarów pośrednich i ich szacowanie. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów | <ul style="list-style-type: none"> oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP w prostych przypadkach (np. oszacować niepewność wyznaczenia okresu obiegu ciała poruszającego się po okręgu na podstawie pomiaru czasu trwania 10 pełnych obiegów), zastosować wzór na oszacowanie niepewności względnej iloczynu lub ilorazu dwóch wielkości fizycznych | <ul style="list-style-type: none"> oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP w trudniejszych przypadkach (np. oszacować niepewność wyznaczenia wartości siły dośrodkowej działającej na ciało poruszające się po okręgu z $v = \text{const}$ na podstawie pomiaru: masy ciała, promienia okręgu i okresu obiegu), przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z ich niepewnościami, dopasować prostą do wyników pomiaru i zinterpretować jej nachylenie |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostaj wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---|----------------------------------|--|---|
| Dział 6. Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej | | | |
| 22. | Iloczyn wektorowy dwóch wektorów | <ul style="list-style-type: none"> podać przykład wielkości fizycznej, która jest iloczynem wektorowym dwóch wektorów | <ul style="list-style-type: none"> podać cechy (wartość, kierunek, zwrot) wektora, który jest wynikiem mnożenia wektorowego, wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest antyprzemiennej, zapisać iloczyn wektorowy dwóch wektorów |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|---|--|
| 23. | Ruch obrotowy bryły sztywnej | <ul style="list-style-type: none"> • omówić przykłady ruchu obrotowego bryły sztywnej oraz ruchu złożonego, • wymienić wielkości opisujące ruch obrotowy, • posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe, • stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kątowej | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować: szybkość kątową średnią i chwilową, prędkość kątową średnią i chwilową, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe, • opisać matematycznie ruch obrotowy: jednostajny, jednostajnie przyspieszony, jednostajnie opóźniony, • zapisać i objaśnić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego, • wyprowadzić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego |
| 24. | Energia kinetyczna bryły sztywnej | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym, • posługiwać się pojęciem momentu bezwładności | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję momentu bezwładności bryły, • obliczać momenty bezwładności brył względem ich osi symetrii, • obliczać energię kinetyczną bryły obracającej się wokół osi symetrii, • stosować twierdzenie Steinera |
| 25. | Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły | <ul style="list-style-type: none"> • podać warunek zmiany stanu ruchu obrotowego bryły sztywnej, • posługiwać się pojęciem momentu siły, • podać treść zasad dynamiki ruchu obrotowego | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować moment siły, • obliczać wartości momentów sił działających na bryłę sztywną, znajdować ich kierunek i zwrot, • znajdować wypadkowy moment sił działających na bryłę |
| 26. | Równowaga bryły sztywnej | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić przykłady maszyn prostych i podać sposoby ich praktycznego wykorzystania, • sformułować warunek równowagi dźwigni | <ul style="list-style-type: none"> • opisać zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloków i kołowrotu, • sformułować i zapisać wzorami warunki równowagi bryły sztywnej |
| 27. | Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności | <ul style="list-style-type: none"> • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia, • sformułować wnioski | <ul style="list-style-type: none"> • zaplanować sposób wykonania doświadczenia i zapisania wyników, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|--|---|
| 28. | Moment pędu Zasada zachowania momentu pędu Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem momentu pędu, • podać i objaśnić treść zasady zachowania momentu pędu, • za pomocą odpowiedniego zestawu doświadczalnego zademonstrować zasadę zachowania momentu pędu | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować moment pędu, • obliczać wartość momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii, • zapisać i objaśnić ogólną postać drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego, • sprawdzić doświadczalnie słuszność zasady zachowania momentu pędu |
| 29. | Analogie w opisie ruchów postępowego i obrotowego | <ul style="list-style-type: none"> • z pomocą nauczyciela przypisać niektórym wielkościom służącym do opisu ruchu postępowego wielkości służące do opisu ruchu obrotowego | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić analogie występujące w dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego |
| 30. | Złożenie ruchów postępowego i obrotowego: toczenie | <ul style="list-style-type: none"> • opisać toczenie bez poślizgu jako złożenie ruchu postępowego bryły i jej ruchu obrotowego wokół osi symetrii, • podać warunek toczenia się bryły bez poślizgu: prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jest równa zero | <ul style="list-style-type: none"> • opisać toczenie jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu, • obliczać energię kinetyczną toczącej się bryły, • zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły sztywnej, • znajdować prędkość punktów toczącej się bryły jako wypadkową prędkości jej ruchu postępowego i obrotowego wokół osi symetrii |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----------------------------------|--------------------------------|--|---|
| Dział 7. Pole grawitacyjne | | | |
| 31. | O odkryciach Kopernika Keplera | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić założenia teorii heliocentrycznej, • sformułować i objaśnić treść praw Keplera, • opisać ruchy planet Układu Słonecznego | <ul style="list-style-type: none"> • zastosować trzecie prawo Keplera do ruchu planet Układu Słonecznego i każdego układu satelitów krążących wokół tego samego ciała, • interpretować drugie prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu, • przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii |
| 32. | Prawo powszechnej grawitacji | <ul style="list-style-type: none"> • sformułować i objaśnić prawo powszechnej grawitacji, • na podstawie prawa grawitacji wykazać, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N | <ul style="list-style-type: none"> • podać sens fizyczny stałej grawitacji, • wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i gęstości, • przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona |
| 33. | Pierwsza prędkość kosmiczna | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi, • wskazać siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, • objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny” | <ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić, że satelita tylko wtedy może krążyć wokół Ziemi po orbicie w kształcie okręgu, gdy siła grawitacji stanowi siłę dośrodkową, • wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|--|--|--|
| 34. | Natężenie pola grawitacyjnego | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie pola grawitacyjnego i linii pola, • przedstawić graficznie pole grawitacyjne jednorodne i centralne, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?</i>, • wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne, • obliczać wartość natężenia pola grawitacyjnego | <ul style="list-style-type: none"> • poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego, • sporządzić wykres zależności $\gamma(r)$ dla $r \geq R$, • wyprowadzić wzór na wartość natężenia pola grawitacyjnego wewnątrz jednorodnej kuli o danej gęstości |
| 35. | Praca w polu grawitacyjnym | <ul style="list-style-type: none"> • wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym, • podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym | <ul style="list-style-type: none"> • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym, • przeprowadzić rozumowanie wykazujące, że dowolne (statyczne) pole grawitacyjne jest polem zachowawczym |
| 36. | Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym | <ul style="list-style-type: none"> • odpowiedzieć na pytania: <ul style="list-style-type: none"> – <i>Od czego zależy grawitacyjna energia potencjalna ciała w polu centralnym?</i>, – <i>Jak zmienia się grawitacyjna energia potencjalna ciała podczas zwiększania jego odległości od Ziemi?</i>, • zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym | <ul style="list-style-type: none"> • poprawnie wypowiedzieć definicję grawitacyjnej energii potencjalnej, • wykazać, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem „minus”, • poprawnie sporządzić i zinterpretować wykres zależności $E_p(r)$, • wyjaśnić, dlaczego w polach niezachowawczych nie operujemy pojęciem energii potencjalnej |
| 37. | Druga prędkość kosmiczna | <ul style="list-style-type: none"> • objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej, • obliczyć wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej, • opisać ruch ciała w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej mu prędkości |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-------------------------------------|--|---|--|
| 38. | Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia | <ul style="list-style-type: none"> • podać przykłady występowania stanu przeciążenia, niedociążenia i nieważkości | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować stan przeciążenia, niedociążenia i nieważkości, • opisać (w układzie inercjalnym i nieinercjalnym) zjawiska występujące w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę, • wyjaśnić, dlaczego stan nieważkości może występować tylko w układach nieinercjalnych, • wyjaśnić, na czym polega zasada równoważności |
| Dział 8. Elementy astronomii | | | |
| 39. | Układ Słoneczny | <ul style="list-style-type: none"> • opisać Układ Słoneczny, • obliczać wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie, • porównywać okresy obiegu planet na podstawie ich średnich odległości od Słońca | <ul style="list-style-type: none"> • opisać właściwości ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego, • wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchylen tego ruchu od wcześniej przewidywanego mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich, • podać przykłady takich odkryć |
| 40. | Jednostki odległości stosowane w astronomii | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny, • stosować te jednostki do obliczania odległości między ciałami niebieskimi | <ul style="list-style-type: none"> • opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej, • zdefiniować parsek, • wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia |
| 41. | Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie | <ul style="list-style-type: none"> • podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie | <ul style="list-style-type: none"> • obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostował wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---|--|--|---|
| 42. | Prawo Hubble'a i teoria Wielkiego Wybuchu | <ul style="list-style-type: none"> • podać treść prawa Hubble'a, • wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”, • podać przybliżony wiek Wszechświata, • opisać ewolucję Wszechświata | <ul style="list-style-type: none"> • obliczyć wiek Wszechświata • wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni |
| Dział 9. Ruch drgający harmoniczny | | | |
| 43. | Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić różnicę między odkształceniami sprężystymi i niesprężystymi, • wymienić stany skupienia, w których nie występuje sprężystość postaci | <ul style="list-style-type: none"> • na przykładzie rozciąganej sprężyny wyjaśnić prostą proporcjonalność $x \sim F_s$, • wyjaśnić przyczynę występowania sprężystości postaci ciał stałych |
| 44. | Ruch drgający harmoniczny. Badanie wydłużenia sprężyny | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie, • wymienić i objaśnić pojęcia służące do opisu ruchu drgającego, • podać cechy ruchu harmonicznego, • zapisać i objaśnić związek siły, pod wpływem której odbywa się ruch harmoniczny, z wychyleniem ciała z położenia równowagi, • podać sens fizyczny współczynnika sprężystości dla sprężyny, • zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę | <ul style="list-style-type: none"> • podać warunki, w których ruch drgający jest ruchem harmonicznym, • uzasadnić, że ruch drgający harmoniczny jest ruchem niejednostajnie zmiennym, • wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|--|--|--|
| 45. | Matematyczny opis ruchu harmonicznego Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny | <ul style="list-style-type: none"> sporządzić i omówić wykresy: $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$, podać i wyjaśnić wzór na okres drgań harmonicznym | <ul style="list-style-type: none"> obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym, rozkładając ruch punktu materialnego po okręgu na dwa ruchy składowe, wyjaśnić pojęcie fazy początkowej, zapisać związki $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$ i $F_x(t)$ z użyciem tego pojęcia, wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym, zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny |
| 46. | Energia w ruchu harmonicznym | <ul style="list-style-type: none"> omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny | <ul style="list-style-type: none"> podać wzory na energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą ciała drgającego, sporządzić wykresy zależności: $E_p(t)$, $E_k(t)$, $E_c(t)$, $E_p(x)$ i $E_k(x)$, wyprowadzić wzory na energię potencjalną sprężystości i energię kinetyczną ciała drgającego, udowodnić, że całkowita energia mechaniczna ciała wykonującego ruch harmoniczny jest stała |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostaj wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---|---|---|--|
| 47. | Wahadło matematyczne Zademonstrowanie niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy. Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję wahadła matematycznego, • zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, • zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań | <ul style="list-style-type: none"> • wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła, • wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, • wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła matematycznego jest ruchem harmonicznym, • zaplanować i wykonać doświadczenie sprawdzające zależność okresu drgań wahadła od jego długości |
| 48. | Drgania wymuszone i rezonansowe Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu mechanicznego, • zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzorem i objaśnić pojęcie częstotliwości drgań własnych, • wyjaśnić powstawanie drgań wymuszonych |
| Dział 10. Zjawiska termodynamiczne | | | |
| 49. | Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice i przypisać każdej odpowiedni symbol, • wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia, • wyjaśnić pojęcie stanu równowagi termodynamicznej | <ul style="list-style-type: none"> • opisać wielkości, których będziemy używać w termodynamice, • podać zależności między tymi wielkościami, • wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki, • doświadczalnie zbadać proces wyrównywania temperatury ciał, • stosować bilans cieplny do opisu procesu wyrównywania temperatury ciał |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|---|--|
| 50. | Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym | <ul style="list-style-type: none"> opisać założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego, wyjaśnić z punktu widzenia teorii wywieranie przez gaz ciśnienia na ścianki naczynia, wymienić czynniki wpływające na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym | <ul style="list-style-type: none"> zapisać wzór na ciśnienie gazu (podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej), wyrazić wzór na ciśnienie gazu przez różne wielkości fizyczne (liczbę moli, masę pojedynczej cząsteczki, gęstość gazu itp.) |
| 51. | Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona | <ul style="list-style-type: none"> zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego, zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona w postaci $pV = nRT$ | <ul style="list-style-type: none"> zapisać równanie Clapeyrona w postaci $pV = NkT$, zdefiniować stałą Boltzmanna, wyrazić średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczki gazu doskonałego przez jego temperaturę T i stałą Boltzmanna |
| 52. | Szczególne przemiany gazu doskonałego: – przemiana izotermiczna – przemiana izochoryczna – przemiana izobaryczna | <ul style="list-style-type: none"> wymienić i opisać przemiany szczególne gazu doskonałego, sformułować prawa dla przemian szczególnych, przeliczyć temperaturę wyrażoną w skali Celsjusza na kelwiny i odwrotnie | <ul style="list-style-type: none"> otrzymać z równania Clapeyrona prawa rządzące szczególnymi przemianami gazu doskonałego, sporządzać i interpretować wykresy $p(V)$, $V(T)$ i $p(T)$, każdą przemianę szczególną przedstawić w różnych układach współrzędnych, interpretować prawa gazów z punktu widzenia teorii kinetyczno-molekularnej |
| 53. | Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody | <ul style="list-style-type: none"> zdefiniować energię wewnętrzną ciała i gazu doskonałego, korzystać z informacji, że energia wewnętrzna danej masy danego gazu doskonałego zależy jedynie od jego temperatury, a zmiana energii wewnętrznej jest związana jedynie ze zmianą temperatury | <ul style="list-style-type: none"> zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego jako funkcję zmiany jego temperatury, posługiwać się pojęciem stopni swobody cząsteczek gazu, wyrazić wzór na całkowitą średnią energię kinetyczną cząsteczki (wszystkich rodzajów ruchu) przez liczbę stopni swobody cząsteczek gazów jedno-, dwu- i wieloatomowych |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|---|--|
| 54. | Pierwsza zasada termodynamiki | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem ciepła i przekazu ciepła, • korzystać z informacji, że pierwsza zasada termodynamiki jest zasadą zachowania energii układu, • obliczać pracę objętościową na podstawie wykresu $p(V)$ w prostych przypadkach | <ul style="list-style-type: none"> • wypowiedzieć i objaśnić pierwszą zasadę termodynamiki, • objaśnić stwierdzenie, że praca jest funkcją procesu |
| 55. | Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki | <ul style="list-style-type: none"> • opisać przemianę adiabatyczną, • zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej, izobarycznej i adiabatycznej | <ul style="list-style-type: none"> • interpretować przemiany gazowe (w tym także adiabatyczną) z punktu widzenia pierwszej zasady termodynamiki, • wyjaśnić różnice między adiabatą i izoterłą, |
| 56. | Ciepło właściwe i ciepło molowe | <ul style="list-style-type: none"> • rozróżniać i definiować pojęcia ciepła właściwego i ciepła molowego, • posługiwać się pojęciami ciepła molowego gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości oraz podać ich różnicę | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić związek między C_p i C_V w postaci $C_p - C_V = R$ |
| 57. | Energia wewnętrzna jako funkcja stanu | <ul style="list-style-type: none"> • korzystać z informacji, że zmiana energii wewnętrznej podczas przejścia gazu między dwoma stanami nie zależy od procesu (tak jak praca i ciepło), tylko od stanu początkowego i końcowego | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić znaczenie stwierdzenia, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu gazu (ciała), • zapisać ogólny wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu, słuszny w każdym procesie, • posługiwać się związkiem między C_p i C_V a liczbą stopni swobody dla gazów o cząsteczkach jedno-, dwu- i trójatomowych |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|--|---|
| 58. | Silniki ciepłe. Odwrotny cykl Carnota | <ul style="list-style-type: none"> opisać zasadę działania silnika ciepłego, wymienić przemiany, z których składa się cykl Carnota, posługiwać się pojęciem sprawności silnika ciepłego, korzystać z informacji, że tylko część ciepła pobranego ze źródła może być zamieniona na pracę, omówić wartość energetyczną żywności i paliw | <ul style="list-style-type: none"> sporządzić wykres $p(V)$ dla cyklu Carnota i go interpretować, zdefiniować sprawność silnika ciepłego, obliczać sprawność różnych cykli, sformułować drugą zasadę termodynamiki |
| 59. | Fluktuacje. Wzmianka o entropii | <ul style="list-style-type: none"> podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii, wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii | <ul style="list-style-type: none"> podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki, wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie, posługiwać się pojęciem entropii układu i zmiany entropii, objaśnić fakt, że fluktuacje w sposób istotny ograniczają czułość przyrządów pomiarowych |
| 60. | Przejścia fazowe Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej. Wyznaczenie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu | <ul style="list-style-type: none"> opisać procesy: topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji, resublimacji, odróżniać wrzenie od parowania, zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej | <ul style="list-style-type: none"> zdefiniować ciepła przemian fazowych, sporządzać i interpretować odpowiednie wykresy, opisywać przemiany energii w przemianach fazowych, posługiwać się bilansem cieplnym, wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|--|---|---|--|
| 61. | Para nasycona i para nienasycona | <ul style="list-style-type: none"> • analizować wpływ zewnętrznego ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy, • posługiwać się pojęciami pary nasyconej i pary nienasyconej | <ul style="list-style-type: none"> • korzystać z informacji, że ciśnienie pary nasyconej można zwiększyć jedynie przez wzrost temperatury, • korzystać z informacji, że pary nienasycone w przybliżeniu stosują się do praw gazowych, • wyjaśnić, dlaczego ciśnienie pary nasyconej ze wzrostem temperatury wzrasta bardziej gwałtownie niż ciśnienie pary nienasyconej |
| 62. | Rozszerzalność temperaturowa ciał Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych | <ul style="list-style-type: none"> • omówić na przykładach zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał, • obliczać zmiany objętości odpowiadające zmianom temperatury, • omówić szczególne własności wody | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować współczynnik rozszerzalności liniowej ciał stałych oraz objętościowej ciał stałych i cieczy, • zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał, • podać (ewentualnie wyprowadzić) związek między współczynnikami rozszerzalności liniowej i objętościowej ciała stałego |
| Dział 11. Pole elektrostatyczne | | | |
| 63. | Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych. Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, co to znaczy, że ciało jest naelektryzowane, • opisać oddziaływanie ciał naelektryzowanych, • zapisać i objaśnić prawo Coulomba, • wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku, • opisać i wyjaśnić sposoby elektryzowania ciał, posługując się zasadą zachowania ładunku | <ul style="list-style-type: none"> • podać wartość ładunku elementarnego, • objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|--|--|---|
| 64. | Natężenie pola elektrostatycznego. Zasada superpozycji natężeń pól Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego | <ul style="list-style-type: none"> • podać sens fizyczny natężenia pola elektrostatycznego w danym punkcie, • przedstawić graficznie (za pomocą linii pola) pole centralne i jednorodne, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy natężenie pola centralnego w danym punkcie?</i>, • skorzystać z zasady superpozycji pól i opisać jakościowo pole wytworzone przez wybrane układy ładunków | <ul style="list-style-type: none"> • wypowiedzieć definicję natężenia pola, • skorzystać z definicji i podać jednostkę natężenia pola w SI, • obliczać natężenie pola wytworzonego przez ładunek punktowy, • obliczać natężenie pola wytworzonego przez wybrane układy ładunków, • przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektrostatyczne wokół przewodnika oraz linie pola centralnego i jednorodnego, • sporządzać wykres $E(r)$ dla pola wytworzonego przez ładunek punktowy |
| 65. | Naelektryzowany przewodnik. Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić działanie piorunochronu i klatki Faradaya, • przedstawić graficznie pole wytworzone przez naelektryzowaną metalową kulkę, • opisać jakościowo rozkład ładunku wprowadzonego na przewodnik o dowolnym kształcie | <ul style="list-style-type: none"> • zaproponować doświadczalny sposób sprawdzenia rozkładu ładunku wewnątrz i na zewnątrz naładowanego przewodnika, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że linie pola elektrostatycznego są w każdym punkcie prostopadłe do powierzchni naładowanego przewodnika |
| 66. | Przewodnik w polu elektrostatycznym | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić graficznie pole elektrostatyczne wytworzone przez naelektryzowaną kulkę, do której zbliżono metalowy przedmiot | <ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić fakt, że wewnątrz przewodnika znajdującego się w zewnętrznym polu elektrostatycznym natężenie pola jest równe zero |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|---|--|
| 67. | Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego. Praca w polu elektrostatycznym | <ul style="list-style-type: none"> wskazać wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie, i porównać je z wielkościami, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną ładunku w elektrostatycznym polu centralnym, korzystać z ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym ($W = qU$) do opisu zjawisk i ich zastosowań | <ul style="list-style-type: none"> podać definicję potencjału pola elektrostatycznego w danym punkcie, wykorzystać analogie między opisem pola grawitacyjnego i elektrostatycznego do zapisania wzorami wielkości opisujących pole elektrostatyczne i pracę przy przemieszczaniu ładunku w tym polu, wykorzystać definicję potencjału do wyprowadzenia ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym |
| 68. | Pojemność elektryczna ciała przewodzącego | <ul style="list-style-type: none"> zdefiniować pojemność przewodnika i jednostkę pojemności, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy pojemność przewodnika?</i> | <ul style="list-style-type: none"> objaśnić znaczenie współczynnika ϵ_0, wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową |
| 69. | Kondensator. Pojemność kondensatora płaskiego | <ul style="list-style-type: none"> objaśnić pojęcie kondensatora, odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego i jak zależy pojemność kondensatora płaskiego?</i> | <ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić związek natężenia pola z napięciem między okładkami kondensatora płaskiego |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|---|--|
| 70. | Dielektryk w polu elektrostatycznym | <ul style="list-style-type: none"> wymienić kilka różnych dielektryków, opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność, przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności | <ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić wpływ dielektryka na pojemność kondensatora, zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny, wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi, za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka |
| 71. | Energia naładowanego kondensatora Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa) | <ul style="list-style-type: none"> stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię, objaśnić, od czego i jak zależy energia naładowanego kondensatora | <ul style="list-style-type: none"> zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora, wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci |
| 72. | Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym | <ul style="list-style-type: none"> analizować jakościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadkach: $\vec{v}_0 = \vec{0}$, $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$, $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$ | <ul style="list-style-type: none"> analizować ilościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadkach: $\vec{v}_0 = \vec{0}$, $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$, $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$, opisać budowę i działanie lampy oscyloskopowej i akceleratora liniowego, podać przykłady zastosowania lampy oscyloskopowej i akceleratora liniowego |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|--|---|--|--|
| Dział 12. Prąd stały i modele przewodnictwa | | | |
| 73. | Prąd elektryczny jako przepływ ładunku Zademonstrowanie pierwszego prawa Kirchhoffa | <ul style="list-style-type: none"> • opisać prąd elektryczny jako uporządkowany ruch nośników ładunku, • opisać przewodnictwo w metalach, • posługiwać się pojęciem natężenia prądu i jego jednostką, • podać treść I prawa Kirchhoffa i stosować je w zadaniach, • zademonstrować I prawo Kirchhoffa, • posługiwać się pojęciem napięcia elektrycznego i jego jednostką | <ul style="list-style-type: none"> • objaśnić mikroskopowy model przepływu prądu w metalach, • zdefiniować natężenie prądu i jego jednostkę, • zinterpretować I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku, • zdefiniować napięcie elektryczne i jego jednostkę |
| 74. | Badanie zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu Badanie dodawania napięć w układzie ogniwołączonych szeregowo Wyznaczanie charakterystyki prądowo-napięciowej | <ul style="list-style-type: none"> • podać treść prawa Ohma i stosować je w zadaniach, • narysować charakterystykę prądowo-napięciową przewodnika podlegającego i niepodlegającego prawu Ohma, • opisać wpływ zmian temperatury na opór przewodnika | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować opór elektryczny odcinka obwodu i jego jednostkę, • analizować charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma), • wyznaczyć charakterystykę prądowo-napięciową żarówki, • zbadać dodawanie napięć w układzie ogniwołączonych szeregowo |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|---|---|
| 75. | Łączenie szeregowo i równoległe odbiorników | <ul style="list-style-type: none"> • narysować schemat obwodu, w którym odbiorniki są połączone szeregowo lub równoległe, • obliczać opór zastępczy odbiorników połączonych szeregowo lub równoległe, • opisać sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego, • wyjaśnić funkcję bezpieczników różnicowych i przewodu ochronnego w domowej sieci elektrycznej | <ul style="list-style-type: none"> • podać związki między napięciami, natężeniami i oporami dla układu odbiorników połączonych szeregowo lub równoległe, • wyprowadzić wzory na opory zastępcze układu odbiorników połączonych szeregowo lub równoległe, • obliczać opory zastępcze układu odbiorników połączonych w sposób mieszany, stosując upraszczanie obwodów, • obliczać opór bocznika |
| 76. | Zależność oporu od długości i przekroju poprzecznego przewodnika | <ul style="list-style-type: none"> • obliczyć opór przewodnika, gdy znane są jego opór właściwy i wymiary geometryczne, • posługiwać się jednostką oporu i oporu właściwego | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować opór właściwy i przewodnictwo właściwe oraz podać sens fizyczny tych wielkości, • zbadać zależność oporu przewodnika od jego długości i przekroju poprzecznego, • wyznaczyć opór właściwy |
| 77. | Praca i moc prądu elektrycznego | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciami pracy i mocy prądu oraz jednostkami tych wielkości, • stosować wzory na pracę i moc prądu oraz ciepło Joule'a, • posługiwać się danymi znamionowymi | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzory na pracę i moc prądu elektrycznego, • wyjaśnić różnice między biernymi i czynnymi elementami obwodu, • wyjaśnić pojęcie mocy znamionowej (nominalnej), • omówić rolę bezpieczników topikowych w instalacji elektrycznej |
| 78. | Siła elektromotoryczna. Prawo Ohma dla całego obwodu Obserwacja zależności natężenia prądu od oporu zewnętrznego | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić wielkości charakteryzujące źródło energii elektrycznej, • posługiwać się pojęciami oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej jako cechami źródła | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować siłę elektromotoryczną ogniwa, • sformułować prawo Ohma dla całego obwodu, • zbadać i omówić zależność natężenia prądu w obwodzie od oporu zewnętrznego |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|--|--|--|
| 79. | Co wskazuje woltomierz dołączony do źródła siły elektromotorycznej? Obserwacja zależności napięcia na biegunach źródła od natężenia prądu. Wyznaczanie siły elektromotorycznej i oporu wewnętrznego baterii płaskiej | <ul style="list-style-type: none"> odróżnić siłę elektromotoryczną od napięcia na biegunach źródła | <ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić związek między siłą elektromotoryczną a napięciem na biegunach źródła, przeprowadzić obserwację zależności napięcia na biegunach źródła od natężenia prądu w obwodzie i sformułować wnioski z obserwacji, wyznaczyć siłę elektromotoryczną i opór wewnętrzny baterii płaskiej |
| 80. | Wzrosty i spadki potencjału. Drugie prawo Kirchhoffa. Przykłady stosowania drugiego prawa Kirchhoffa | <ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć i objaśnić II prawo Kirchhoffa | <ul style="list-style-type: none"> analizować i przedstawiać graficznie spadki i wzrosty potencjału w obwodzie zamkniętym, stosować II prawo Kirchhoffa dla oczka sieci, obliczać opór zastępczy na podstawie praw Kirchhoffa, dokonywać bilansu energii w obwodzie zewnętrznym zawierającym źródła siły elektromotorycznej lub silniki (tzw. elementy czynne) |
| 81. | Modele przewodnictwa ciał stałych: przewodników i półprzewodników | <ul style="list-style-type: none"> podać przykład przewodnika, izolatora i półprzewodnika, omówić zależność właściwości elektrycznych substancji od obecności elektronów swobodnych, omówić podział ciał na przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury | <ul style="list-style-type: none"> omówić związek między natężeniem prądu a szybkością i liczbą nośników ładunku w przewodniku, omówić budowę półprzewodników, wyjaśnić, w jakim celu domieszkuje się półprzewodniki |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----------------------------------|--|---|---|
| 82. | Dioda półprzewodnikowa (złącze n-p). Tranzystor Obserwacja przepływu prądu w obwodzie zawierającym diodę | <ul style="list-style-type: none"> rozróżnić półprzewodniki typu n i p, wyjaśnić ogólną zasadę działania diody półprzewodnikowej oraz podać jej funkcję, wymienić zastosowania diody, wyjaśnić pojęcie tranzystora, przeprowadzić obserwację przepływu prądu w obwodzie zawierającym diodę | <ul style="list-style-type: none"> omówić zjawiska występujące na złączu n-p, omówić charakterystykę prądowo-napięciową diody, opisać tranzystor jako trójelektrodowy, półprzewodnikowy element wzmacniający sygnały elektryczne |
| 83. | Przewodnictwo elektryczne cieczy i gazów | <ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, kiedy ciecze i gazy przewodzą prąd elektryczny, wymienić rodzaje nośników ładunku w cieczach i gazach, wymienić sposoby jonizacji gazów | <ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, dlaczego opór właściwy elektrolitów maleje ze wzrostem temperatury, wyjaśnić różnice między przewodnictwem samoistnym a niesamoistnym gazów, opisać zjawiska zachodzące w gazach podczas przepływu prądu, wyjaśnić związek między badaniem przepływu prądu w rozrzedzonych gazach a odkryciem elektronu, omówić doświadczenie Thomsona (wyznaczenie ilorazu e/m dla elektronu) |
| Dział 13. Pole magnetyczne | | | |
| 84. | Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu | <ul style="list-style-type: none"> przedstawić graficznie pole magnetyczne magnesu trwałego oraz układu magnesów, zademonstrować kształt linii pól magnetycznych magnesów trwałych, opisać pole magnetyczne Ziemi | <ul style="list-style-type: none"> posługiwać się pojęciem dipola magnetycznego, wyjaśnić, dlaczego w przyrodzie nie obserwujemy monopoli magnetycznych, przedstawić historię badań nad magnetyzmem ziemskim |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostaj wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---|--|---|
| 85. | Przewodnik z prądem w polu magnetycznym | <ul style="list-style-type: none"> opisać doświadczenie Ørsteda, opisać zachowanie ramki z prądem w polu magnetycznym magnesu podkowiastego, wymienić cechy siły elektrodynamicznej | <ul style="list-style-type: none"> omówić znaczenie doświadczenia Ørsteda jako kluczowego odkrycia dla rozwoju fizyki, analizować oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem (siła elektrodynamiczna) |
| 86. | Wektor indukcji magnetycznej | <ul style="list-style-type: none"> odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość siły elektrodynamicznej?</i>, podać cechy indukcji magnetycznej \vec{B} i jej jednostkę, stosować wzór na wartość siły elektrodynamicznej dla przypadku $\vec{B} \perp \Delta \vec{l}$, stosować regułę lewej dłoni | <ul style="list-style-type: none"> zdefiniować indukcję magnetyczną i jej jednostkę, stosować wzór na wartość siły elektrodynamicznej w dowolnym przypadku, wyjaśnić, co to znaczy, że indukcja magnetyczna jest pseudowektorem |
| 87. | Naładowana cząstka w polu magnetycznym | <ul style="list-style-type: none"> odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość siły Lorentza?</i>, stosować wzór na wartość siły Lorentza dla przypadku $\vec{B} \perp \vec{v}$, opisać znaczenie pola magnetycznego Ziemi dla naszej planety | <ul style="list-style-type: none"> zdefiniować indukcję magnetyczną, korzystając ze wzoru na siłę Lorentza, analizować ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym w zależności od kąta między wektorami \vec{B} i \vec{v}, opisać ruch naładowanej cząstki w jednorodnym polu magnetycznym dla przypadku $\vec{B} \perp \vec{v}$, przedstawić zasadę działania i zastosowanie cyklotronu, analizować ruch naładowanej cząstki w skrzyżowanych polach elektrycznym i magnetycznym, posługiwać się pojęciem magnetosfery, wyjaśnić znaczenie magnetosfery jako osłony przed wiatrem słonecznym |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|--|---|--|
| 88. | Pole magnetyczne przewodników, przez które płynie prąd | <ul style="list-style-type: none"> rysować linie pola magnetycznego przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica), objaśnić wzory na wartości indukcji pola magnetycznego prostoliniowego przewodnika i długiej zwojnicy z prądem, stosować regułę prawej dłoni | <ul style="list-style-type: none"> stosować do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika, długiej zwojnicy i kołowej pętli, stosować zasadę superpozycji pól magnetycznych |
| 89. | Wzajemne oddziaływanie przewodników z prądem | <ul style="list-style-type: none"> analizować siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych, posługiwać się definicją ampera | <ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzór na wartość siły oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych, podać definicję ampera |
| 90. | Silnik elektryczny | <ul style="list-style-type: none"> narysować siły działające na pętlę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym, na podstawie tego rysunku omówić budowę i zasadę działania silnika elektrycznego, podać przykłady zastosowania silnika elektrycznego na prąd stały | <ul style="list-style-type: none"> opisać rolę komutatora w silniku, obliczyć wartość momentu pary sił działających na ramkę wirnika w silniku elektrycznym |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|--|---------------------------------------|--|--|
| 91. | Właściwości magnetyczne substancji | <ul style="list-style-type: none"> opisać jakościowo podstawowe właściwości oraz zastosowania ferromagnetyków | <ul style="list-style-type: none"> omówić metodę pomiaru wartości indukcji magnetycznej, zdefiniować względną przenikalność magnetyczną, obliczać wartość indukcji magnetycznej we wnętrzu zwojnicy z rdzeniem, rozdzielić substancje ze względu na wartość względnej przenikalności magnetycznej, przeanalizować proces magnesowania i rozmagnesowania ferromagnetyków (pętla histerezy) |
| Dział 14. Indukcja elektromagnetyczna | | | |
| 92. | Zjawisko indukcji elektromagnetycznej | <ul style="list-style-type: none"> objaśnić, na czym polega zjawisko indukcji elektromagnetycznej i podać warunki jego występowania, zademonstrować zjawisko indukcji elektromagnetycznej (na przykładzie względnego ruchu magnesu i zwojnicy oraz zmiany natężenia prądu w elektromagnesie), posługiwać się pojęciem strumienia magnetycznego i jego jednostką | <ul style="list-style-type: none"> opisać odkrycie Faradaya jako jedno z kluczowych dla rozwoju fizyki, zdefiniować strumień indukcji magnetycznej i jego jednostkę, wypowiedzieć warunek wzbudzenia prądu indukcyjnego z użyciem pojęcia strumienia indukcji magnetycznej |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----|---------------------------------|--|--|
| 93. | Siła elektromotoryczna indukcji | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadle do linii pola powstaje napięcie, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy siła elektromotoryczna indukcji?</i> | <ul style="list-style-type: none"> • obliczać siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia magnetycznego, • wyprowadzić wzór na napięcie powstające między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadle do linii pola magnetycznego, • wyprowadzić i poprawnie interpretować prawo indukcji Faradaya, • sporządzać i interpretować wykresy $\Phi(t)$, $\mathcal{E}(t)$ oraz $I(t)$, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej |
| 94. | Reguła Lenza | <ul style="list-style-type: none"> • stosować regułę Lenza w prostych przykładach, • wymienić przykłady praktycznych zastosowań zjawiska indukcji | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawiać regułę Lenza jako konsekwencję zasady zachowania energii, • stosować regułę Lenza w zadaniach o podwyższonym stopniu trudności |
| 95. | Zjawisko samoindukcji | <ul style="list-style-type: none"> • objaśnić, na czym polega zjawisko samoindukcji i podać warunki jego występowania, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy współczynnik samoindukcji zwojniczy?</i>, • podać jednostkę indukcyjności | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i poprawnie interpretować wyrażenie na siłę elektromotoryczną samoindukcji, • zdefiniować współczynnik samoindukcji i podać jego sens fizyczny, • sporządzać i interpretować wykresy $\mathcal{E}(t)$ oraz $I(t)$ |
| 96. | Prąd zmienny | <ul style="list-style-type: none"> • opisać przemiany energii podczas działania prądnicy, • wymienić cechy prądu przemiennego, • posługiwać się pojęciami napięcia i natężenia skutecznego, • obliczać napięcie i natężenie skuteczne dla prądu przemiennego | <ul style="list-style-type: none"> • opisać budowę generatora prądu przemiennego, • wyprowadzić i objaśnić wzór na siłę elektromotoryczną wzbudzoną w prądnicy, • wyprowadzić wzór na chwilową moc prądu przemiennego, • zdefiniować wielkości skuteczne: natężenie, napięcie i moc, posługując się wykresem $P(t)$, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|--------------------------------------|---|--|--|
| 97. | Transformator | <ul style="list-style-type: none"> • objaśnić zasadę działania transformatora, • przedstawić uproszczony model transformatora, w którym przekładnia zależy tylko od liczb zwojów, • podać przykłady zastosowania transformatora, • rozpoznać wyłącznik różnicowy i posłużyć się nim | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego przesyłanie energii elektrycznej wiąże się z jej stratami, • obliczać straty energii w linii przesyłowej, • wyprowadzić wzór na przekładnię idealnego transformatora, • przygotować prezentację na temat działania wyłącznika różnicowego |
| 98. | Zastosowanie diody i tranzystora | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić zastosowanie diody jako prostownika, • zademonstrować diodę jako źródło światła, • wymienić zastosowania diody, • wymienić przykłady zastosowania tranzystora jako wzmacniacza | <ul style="list-style-type: none"> • omówić działanie diody i jej zastosowanie w prostownikach oraz jako źródła światła, • wyjaśnić, na czym polega prostowanie jedno- i dwupołówkowe, • przygotować prezentację na temat zastosowań diody i tranzystora |
| Dział 15. Optyka geometryczna | | | |
| 99. | Zjawisko odbicia i załamania światła Zademonstrowanie zjawiska odbicia, rozpraszania i załamania światła | <ul style="list-style-type: none"> • sformułować i stosować prawo odbicia, • wyjaśnić różnicę między odbiciem i rozproszeniem światła, • stosować prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków, • posługiwać się pojęciem współczynnika załamania ośrodka, • zademonstrować zjawiska odbicia, rozpraszania i załamania światła, • zapisać i objaśnić prawo załamania światła, • opisać przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie: miraż, czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować bezwzględny współczynnik załamania, • zapisać i objaśnić związek względnego współczynnika załamania światła na granicy dwóch ośrodków z bezwzględnymi współczynnikami załamania tych ośrodków, • wyjaśnić zjawiska optyczne w przyrodzie: miraż, czerwony kolor zachodzącego Słońca, zjawisko Tyndalla |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|--|---|---|
| 100. | Całkowite wewnętrzne odbicie Wyznaczanie współczynnika załamania światła za pomocą pomiaru kąta granicznego | <ul style="list-style-type: none"> • objaśnić, na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, • wymienić warunki, w których zachodzi zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, • posługiwać się pojęciem kąta granicznego, • wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia (światłowód) | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować kąt graniczny, • opisać i wyjaśnić działanie światłowodu, • opisać metodę wyznaczania współczynnika załamania światła za pomocą pomiaru kąta granicznego i wykonać doświadczenie, • przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych |
| 101. | Zwierciadła | <ul style="list-style-type: none"> • stosować prawo odbicia w celu konstruowania obrazu w zwierciadle płaskim, • konstruować obrazy w zwierciadłach kulistych wklęsłych i wypukłych, • wymienić cechy obrazów w zwierciadłach płaskich i kulistych, • posługiwać się pojęciem powiększenia | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i przedyskutować zależność ogniskowej zwierciadła od kąta padania promieni na zwierciadło, • wyprowadzić równanie zwierciadła kulistego, • przedstawić zależność $y(x)$ za pomocą wykresu i przeanalizować ten wykres, • zdefiniować powiększenie, • rozwiązywać zadania, wykorzystując poznane wielkości fizyczne i związki między nimi |
| 102. | Odchylenie promienia świetlnego w pryzmacie. Rozszczepienie światła | <ul style="list-style-type: none"> • opisać bieg promienia świetlnego w pryzmacie, • opisać widmo światła białego jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach, • podać przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie związanych z rozszczepieniem światła | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić graficznie i omówić przejście promienia świetlnego przez pryzmat, • wyprowadzić i przedyskutować wzór na kąt odchylenia w pryzmacie, • podać możliwości praktycznego wykorzystania zjawiska odchylenia światła w pryzmacie, • przygotować prezentację na temat zjawisk optycznych w przyrodzie (halo, tęcza) |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-----------------------------------|---|---|--|
| 103. | Soczewki Badanie zależności położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu. Wyznaczanie ogniskowej soczewki | <ul style="list-style-type: none"> • stosować do obliczeń równanie soczewki, • opisać jakościowo zależność ogniskowej soczewki od jej promieni krzywizn oraz współczynnika załamania, • stosować do obliczeń pojęcie zdolności skupiającej wraz z jej jednostką, • konstruować obrazy wytworzone przez soczewki | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić równanie soczewki, • narysować i przedyskutować wykres zależności $y(x)$ dla soczewki skupiającej, • wyprowadzić zależność ogniskowej soczewki od jej promieni krzywizn oraz współczynnika załamania, • przedyskutować wzór soczewkowy dla soczewki szklanej w ośrodku o współczynniku załamania większym od współczynnika załamania materiału soczewki, • zbadać doświadczalnie zależność położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu, • wyznaczyć ogniskową soczewki |
| 104. | Lupa i oko. Wady wzroku | <ul style="list-style-type: none"> • skonstruować obraz wytworzony przez lupę, • wyjaśnić, na czym polega akomodacja oka, • wyjaśnić, na czym polega dalekowzroczność i krótkowzroczność, • podać sposoby korygowania dalekowzroczności i krótkowzroczności | <ul style="list-style-type: none"> • przeanalizować działanie lupy i oka (w tym podstawowe wady wzroku) jako przyrządów optycznych, • wyprowadzić wzór na powiększenie kątowe lupy, • przygotować prezentację o innych przyrządach optycznych (mikroskop, luneta) |
| Dział 16. Fale mechaniczne | | | |
| 105. | Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne | <ul style="list-style-type: none"> • opisać falę mechaniczną jako zaburzenie rozchodzące się w ośrodku sprężystym i przenoszące energię, • rozróżniać fale poprzeczne i podłużne, • podać przykład fali poprzecznej i podłużnej, • analizować rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować pojęcie fali mechanicznej, • przedstawić i omówić modele fali poprzecznej i fali podłużnej, • wyjaśnić, dlaczego fala podłużna może rozchodzić się w ciałach stałych, ciekach i gazach, • wyjaśnić, dlaczego fala poprzeczna może rozchodzić się tylko w ciałach stałych, a fala na powierzchni cieczy jest tylko w uproszczeniu falą poprzeczną |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|---------------------------------|--|--|
| 106. | Wielkości charakteryzujące fale | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciami: promień fali, czoło fali, powierzchnia falowa, • rozróżniać fale kuliste i płaskie, • na modelu harmonicznego fali płaskiej wskazać punkty o zgodnych fazach, • posługiwać się wielkościami fizycznymi charakteryzującymi falę harmoniczną (okres, częstotliwość, amplituda, długość fali), • posługiwać się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką (W/m^2) | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować powierzchnię falową, • zdefiniować natężenie fali i jednostkę natężenia, • opisywać zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punkтового źródła, • stosować wzór na natężenie fali kulistej, • wykazać, że natężenie fali jest wprost proporcjonalne do kwadratu amplitudy drgań |
| 107. | Funkcja falowa fali płaskiej | <ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić (posługując się funkcją falową) fakt, że wychylenie cząstki ośrodka biorącej udział w ruchu falowym zależy od jej położenia (x) i od czasu (t), • odczytać z wykresu $y(t)$ okres fali, • odczytać z wykresu $y(x)$ długość fali, • wyjaśnić, na czym polega zgodność faz dwóch punktów fali | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić funkcję falową opisującą falę harmoniczną w różnych postaciach, • zbadać zależność $y(x)$ wychylenia cząstki od jej odległości od źródła w ustalonej chwili t_0, • zbadać zależność $y(t)$ wychylenia od czasu dla wybranej cząstki biorącej udział w ruchu falowym, • stosować funkcję falową do obliczania długości fali, • sporządzić wykresy funkcji falowej $y(x)$ dla różnych faz początkowych |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|------------------------------------|--|--|
| 108. | Interferencja fal płaskich | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić graficznie interferencję fal o fazach zgodnych i przeciwnych, • obserwować zjawisko interferencji fal | <ul style="list-style-type: none"> • stosować zasadę superpozycji fal, • wykazać, że amplituda fali wypadkowej jest stała i zależy od przesunięcia fazowego φ_0, • wyjaśnić zjawisko interferencji fal, • opisać matematycznie interferencję dwóch fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach, • opisać wynik interferencji fal, których częstotliwości nie są jednakowe, lecz jedna z nich jest całkowitą wielokrotnością drugiej, • posługiwać się pojęciami częstotliwości podstawowej i wyższych harmonicznych |
| 109. | Fale stojące | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem fali stojącej, • opisać falę stojącą, wskazać węzły i strzałki tej fali, • podać odległość między sąsiednimi węzłami i sąsiednimi strzałkami fali stojącej | <ul style="list-style-type: none"> • zastosować zasadę superpozycji dla identycznych fal biegnących w przeciwne strony, • podać warunki powstawania fali stojącej i opisać ją matematycznie, • wykazać, że amplituda fali stojącej zależy od położenia x punktu ośrodka, a nie zależy od czasu, • obliczyć odległość między węzłami i strzałkami fali stojącej |
| 110. | Zasada Huygensa i jej konsekwencje | <ul style="list-style-type: none"> • obserwować zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie, • na podstawie obserwacji opisać jakościowo związek pomiędzy dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny, • wyjaśnić pojęcie spójności fal | <ul style="list-style-type: none"> • sformułować zasadę Huygensa, • opisać zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami fali, • wyjaśnić, na czym polega spójność źródeł fal, • sformułować warunki maksymalnego wzmocnienia i maksymalnego osłabienia fal |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|--------------------|--|--|
| 111. | *Fale akustyczne | <ul style="list-style-type: none"> wskazać źródła fal akustycznych, stosować wzór $\lambda = \frac{v}{\nu}$ dla fal akustycznych, wymienić cechy dźwięków, analizować rozchodzenie się dźwięku w powietrzu, porównać szybkość rozchodzenia się fal akustycznych w różnych ośrodkach (np. w powietrzu, wodzie, żelazie) | <ul style="list-style-type: none"> przeprowadzić klasyfikację wrażeń słuchowych, obliczać natężenie fali dźwiękowej, zdefiniować poziom natężenia fali akustycznej i jego jednostkę, omówić wykres zależności poziomu natężenia od ilorazu natężenia badanej fali i progu słyszalności, obliczać poziomy natężeń dźwięków o różnych natężeniach |
| 112. | Zjawisko Dopplera | <ul style="list-style-type: none"> opisać sytuacje, w których występuje zjawisko Dopplera, wyjaśnić, na czym polega zjawisko Dopplera | <ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić i interpretować wzory na częstotliwość odbieranej fali dla różnych przypadków względnego ruchu źródła i odbiornika, rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska Dopplera |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|--|--|--|---|
| Dział 17. Niepewności pomiarowe | | | |
| 113. | Przypomnienie wiadomości z zakresu niepewności pomiarowych. Niepewność wyniku pomiaru wielkości mierzonej bezpośrednio | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się podstawowymi pojęciami (pomiar bezpośredni, pomiar pośredni, wynik pomiaru, rozdzielczość przyrządu pomiarowego, błędy: gruby, systematyczny, przypadkowy, niepewność względna), • objaśnić podstawowe pojęcia, • wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, • wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru, • rozróżnić błędy przypadkowe i systematyczne, • objaśnić wzór na niepewność względną, • wyznaczyć średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzalnego, • zapisać wynik pomiaru wraz z jednostką oraz informacją o niepewności, • przeprowadzać obliczenia i zapisywać wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować niepewność względną, • objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu, oraz jaki jest jej wkład w niepewność standardową wyniku pomiarów, • przedstawić wyniki pomiarów w postaci wykresu słupkowego (histogramu), • wymienić parametry charakteryzujące funkcję Gaussa, • omówić wpływ liczby pomiarów na wartość niepewności, • opisać trzy sytuacje, w których „wkłady” do niepewności standardowej miary rozrzutu wyników i wartości niepewności granicznej są różne, • posługiwać się wzorami na niepewność standardową w każdej z tych trzech sytuacji, • stosować poprawny zapis wyniku pomiaru, • wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących |
| 114. | Niepewności pomiarów pośrednich | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić przykłady pomiarów pośrednich, • posługiwać się pojęciem niepewności pomiaru wielkości mierzonej pośrednio, • zapisać wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności, • uwzględniać niepewności przy sporządzaniu wykresów | <ul style="list-style-type: none"> • obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od jednej zmiennej, • obliczyć niepewność mierzonej pośrednio wielkości zależnej od dwóch zmiennych, • sprawdzić, jak niepewność pomiaru danej wielkości fizycznej wpływa na niepewność pomiaru pośredniego, • przeprowadzić analizę wyników pomiaru pośredniego, stosować poprawny zapis wyniku pomiaru wraz z niepewnością standardową |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|---|---|---|---|
| Dział 18. Dualna natura promieniowania i materii | | | |
| 115. | Fale elektromagnetyczne | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję fali elektromagnetycznej, • omówić widmo fal elektromagnetycznych, • podać źródła fal z poszczególnych zakresów długości, • omówić zastosowania fal elektromagnetycznych | <ul style="list-style-type: none"> • przedstawić rozumowanie, w którym na podstawie analogii między obwodem LC i wahadłem można otrzymać wzór na okres drgań elektrycznych, • objaśnić wytwarzanie fal elektromagnetycznych (fal radiowych) |
| 116. | Pomiar wartości prędkości światła | | <ul style="list-style-type: none"> • opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła |
| 117. | Doświadczenie Younga. Światło jako fala elektromagnetyczna | <ul style="list-style-type: none"> • opisać doświadczenie Younga i wyjaśnić jego znaczenie | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie spójności fal |
| 118. | Siatka dyfrakcyjna | <ul style="list-style-type: none"> • obserwować i opisać obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną, • podać warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia interferujących fal świetlnych i stosować je do obliczeń | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić warunki maksymalnego wzmocnienia i całkowitego wygaszenia fal, • porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego |
| 119. | Interferencja światła w cienkich warstwach | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić obserwowalne skutki interferencji światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić przyczynę powstawania efektów świetlnych spowodowanych interferencją światła odbitego od dwóch powierzchni cienkiej warstwy |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|--|--|--|
| 120. | Dyfrakcja światła na szczelinie | <ul style="list-style-type: none"> • obserwować i opisać zjawisko dyfrakcji światła na szczelinie | <ul style="list-style-type: none"> • opisać jakościowo związek między obrazem dyfrakcyjnym szczeliny a szerokością szczeliny i długością fali |
| 121. | Zdolność rozdzielcza przyrządów zawierających soczewki lub zwierciadła. Zdolność rozdzielcza siatki dyfrakcyjnej | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję zdolności rozdzielczej przyrządu, • wymienić wielkości, od których zależy zdolność rozdzielcza przyrządu, • uzasadnić wysiłki zmierzające do zwiększania zdolności rozdzielczej przyrządów optycznych | <ul style="list-style-type: none"> • analizować obrazy dyfrakcyjne obiektów znajdujących się w różnych odległościach od siebie i podać warunek rozróżnialności obiektów jako oddzielnych, • analizować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej |
| 122. | Polaryzacja światła | <ul style="list-style-type: none"> • obserwować zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle, • zademonstrować zjawisko polaryzacji przez odbicie, • wymienić praktyczne zastosowania zjawiska polaryzacji | <ul style="list-style-type: none"> • opisać światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną, • wyjaśnić zjawisko polaryzacji światła, • opisać jakościowo zjawisko polaryzacji przez odbicie, • zdefiniować kąt Brewstera, • wyprowadzić związek: $\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n}{n_{\text{otoczenia}}}$ |
| 123. | Zjawisko fotoelektryczne | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem fotonu, • zapisać i zinterpretować wzór na energię kwantu, • wyjaśnić, na czym polega zjawisko fotoelektryczne, • posługiwać się pojęciem pracy wyjścia elektronu z metalu, • sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia W, • uzasadnić pogląd, że światło ma naturę dualną | <ul style="list-style-type: none"> • odpowiedzieć na pytania: <ul style="list-style-type: none"> – Od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów? – Od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych z metalu w jednostce czasu? • wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła, • napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów, • narysować i objaśnić wykres zależności maksymalnej energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości dla różnych metali |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|---------------------------------|---|---|
| 124. | Promieniowanie ciał. Widma | <ul style="list-style-type: none"> rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe, wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym, opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy, opisać metodę analizy widmowej i podać przykłady jej zastosowania, obserwować i opisać widma gazów jednoatomowych oraz par pierwiastków, otrzymane za pomocą siatki dyfrakcyjnej, wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym | <ul style="list-style-type: none"> opisać hipotezę Plancka emisji i absorpcji promieniowania elektromagnetycznego, opisać szczegółowo widmo atomu wodoru i objaśnić wzór Rydberga (zwany inaczej uogólnionym wzorem Balmera), posługiwać się wzorem Rydberga, wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego, zapisać i objaśnić prawo Stefana–Boltzmana i prawo Wiena |
| 125. | Model Bohra budowy atomu wodoru | <ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, co to znaczy, że promienie orbit i energia atomu wodoru są skwantowane, sformułować i zapisać postulaty Bohra, wyjaśnić, co to znaczy, że energia jest skwantowana, zapisać wzory na energię pochłoniętą i wysłaną przez atom podczas przeskoku elektronu oraz ją obliczyć, obliczyć całkowitą energię atomu wodoru, w którym elektron znajduje się na n-tej orbicie, korzystając z modelu Bohra, wyjaśnić, jak powstają serie widmowe, wyjaśnić zjawisko jonizacji atomu, opisać światło laserowe jako spójne i monochromatyczne | <ul style="list-style-type: none"> 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 wykorzystywany 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, wyprowadzić wzór Rydberga na podstawie teorii Bohra, 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 |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|--|---|---|--|
| 126. | Promieniowanie rentgenowskie | <ul style="list-style-type: none"> opisać właściwości promieni X, wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego, opisać widmo promieniowania rentgenowskiego, omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach, uzasadnić pogląd, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną | <ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić sposób powstawania promieniowania rentgenowskiego o widmie ciągłym i widmie liniowym, wyprowadzić wzór na λ_{\min}, interpretować zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej, posługiwać się wzorem Bragga, omówić zjawisko Comptona |
| 127. | Fale materii | <ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć hipotezę de Broglie'a i objaśnić wzór na długość fali materii, obliczyć długość fali de Broglie'a dla elektronu o podanej energii kinetycznej, wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych, podać informacje o doświadczalnym potwierdzeniu falowych właściwości cząstek | <ul style="list-style-type: none"> omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach), przygotować prezentację na temat zastosowania falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy) |
| Dział 19. Elementy szczególnej teorii względności | | | |
| 128. | Założenia szczególnej teorii względności. Względność czasu i jej konsekwencje | <ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć i zinterpretować postulaty Einsteina, przeanalizować doświadczenie myślowe uzasadniające względność jednoczesności zdarzeń, wyjaśnić pojęcie czasoprzestrzeni | <ul style="list-style-type: none"> uzasadnić względność jednoczesności jako konsekwencję faktu, że prędkość światła we wszystkich inercjalnych układach odniesienia ma taką samą, skończoną wartość równą c |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|--|--|--|
| 129. | Zjawisko Dopplera dla fal elektromagnetycznych | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego opis zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych różni się od opisu tego zjawiska dla fal mechanicznych, • podać i objaśnić wzór przybliżony na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej, • interpretować wzór przybliżony w przypadkach zbliżania oraz oddalania się źródła i odbiornika fal elektromagnetycznych, • wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska Dopplera dla fal elektromagnetycznych | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego do wyprowadzenia wzoru na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej należy stosować zasadę względności, • podać dokładny wzór na częstotliwość odbieranej fali elektromagnetycznej i przekształcić go do wzoru przybliżonego, • podać i objaśnić wzory dotyczące zjawiska Dopplera stosowane w obserwacjach astronomicznych |
| 130. | Maksymalna szybkość przekazu informacji | <ul style="list-style-type: none"> • przytoczyć opis doświadczenia, którego wynik stanowi dowód na to, że szybkość nie może przekroczyć c, • wyjaśnić, dlaczego nie każde zjawisko wcześniejsze może być przyczyną zjawiska późniejszego, • opisać znaczenie skończonej wartości prędkości światła w badaniach kosmologicznych | <ul style="list-style-type: none"> • przytoczyć rozumowanie prowadzące do uzyskania warunku wystąpienia związku przyczynowego między zjawiskami, • wypowiedzieć zasadę przyczynowości i podać jej ograniczenie |
| 131. | Pęd relatywistyczny | <ul style="list-style-type: none"> • podać i objaśnić definicję pędu relatywistycznego | <ul style="list-style-type: none"> • sporządzić i objaśnić wykres zależności pędu relatywistycznego od szybkości ciała, • opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym, • wyprowadzić i objaśnić związek siły działającej na ciało z szybkością zmiany jego pędu, • wyjaśnić, dlaczego zwrot siły nie jest na ogół zgodny ze zwrotem przyspieszenia |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|-------------------------------|---|--|---|
| 132. | Masa i energia w fizyce relatywistycznej | <ul style="list-style-type: none"> • podać i objaśnić wzór relatywistyczny na energię kinetyczną, • podać, że w układzie, w którym ciało spoczywa, ma ono energię $E_s = mc^2$, zwaną energią spoczynkową, • wyrazić pogląd, że masa ciała jest jego wielkością charakterystyczną, jednakową w każdym układzie odniesienia | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać i skomentować wyrażenia na całkowitą energię ciała swobodnego i energię kinetyczną w ujęciu relatywistycznym, • 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 |
| 133. | Związek między energią i pędem cząstki. Energia i masa układu cząstek | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą a wartościami pędu i prędkości cząstki, • zapisać i objaśnić związek między energią całkowitą cząstki a wartością jej pędu i masą, • wykazać, że masa układu cząstek wzajemnie oddziałujących jest mniejsza od sumy mas tych cząstek | <ul style="list-style-type: none"> • wykazać, że masa pojedynczego fotonu jest równa zero, • wykazać, że układ fotonów może mieć masę różną od zera |
| Dział 20. Fizyka jądra | | | |
| 134. | Odkrycie promieniotwórczości. Promieniowanie jądrowe i jego właściwości | <ul style="list-style-type: none"> • opisać samorzutną emisję promieniowania przez niektóre pierwiastki, • wymienić rodzaje promieniowania i podać ich główne właściwości | <ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację na temat historii odkrycia promieniotwórczości i roli Marii Skłodowskiej-Curie |
| 135. | Jądro atomowe i jego budowa | <ul style="list-style-type: none"> • podać i scharakteryzować składniki jądra atomowego, • zdefiniować liczbę masową i liczbę atomową (porządkową) pierwiastka, • opisać właściwości sił jądrowych | <ul style="list-style-type: none"> • opisać doświadczenie Rutherforda i wyjaśnić znaczenie jego wyników |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|--|--|---|
| 136. | Rozpady promieniotwórcze | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, czym różnią się od siebie izotopy, i podać przykłady izotopów wybranego pierwiastka, • wyjaśnić, na czym polega rozpad promieniotwórczy, • podać równania reakcji rozpadów alfa, beta plus i beta minus, • podać ładunek i masę pozytonu | <ul style="list-style-type: none"> • przeanalizować, jak zmieniają się jądra pierwiastków po rozpadach promieniotwórczych, • sformułować regułę Soddiego i Fajansa, • wyjaśnić pojęcia jądra stabilnego i jądra niestabilnego, • podać przykład rozpadu z emisją promieniowania gamma |
| 137. | Prawo rozpadu promieniotwórczego. Metoda datowania izotopowego | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić prawo rozpadu promieniotwórczego, • wyjaśnić pojęcia: stała rozpadu i czas połowicznego rozpadu, • zdefiniować pojęcie aktywności źródła i podać jej jednostkę, • wyjaśnić, co to znaczy, że rozpad promieniotwórczy ma charakter statystyczny | <ul style="list-style-type: none"> • zinterpretować wykres $N(t)$ zależności liczby jąder danego izotopu w próbce od czasu, • korzystać ze związku między stałą rozpadu i czasem połowicznego rozpadu, • objaśnić metodę datowania za pomocą izotopu węgla ^{14}C |
| 138. | Energia wiązania | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego masa jądra jest mniejsza od sumy mas jego składników, • wyjaśnić pojęcia: deficyt masy i energia wiązania, • podać wzór na energię wiązania jądra atomowego | <ul style="list-style-type: none"> • zinterpretować wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze od liczby nukleonów w nim zawartych, • zdefiniować jednostkę masy atomowej i wykorzystywać ją do wykonywania obliczeń |
| 139. | Reakcje jądrowe. Krecja i anihilacja | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić zasady zachowania obowiązujące w reakcjach jądrowych, • poprawnie zapisywać równania reakcji jądrowych, • opisać zjawisko krecji par elektron–pozyton, • wymienić zasady zachowania obowiązujące w zjawisku krecji, • opisać zjawisko anihilacji, • zapisać równanie anihilacji pozytonu i elektronu | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić i opisać za pomocą równania krecję pary elektron–pozyton, • przedstawić zasadę zachowania pędu w zjawisku krecji, • obliczyć minimalną energię fotonu konieczną do zajścia zjawiska krecji |

| Nr | Treści kształcenia | Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi: | Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi: |
|------|--|--|--|
| 140. | Reakcje rozszczepienia | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach rozszczepienia jąder, • wyjaśnić, na czym polega reakcja łańcuchowa i podać warunki jej zachodzenia | <ul style="list-style-type: none"> • zapisywać równania reakcji rozszczepienia jąder z uwzględnieniem zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów, • stosować zasadę zachowania energii do opisu reakcji rozszczepienia, • uzasadnić stwierdzenie, że energia dostarczana przez wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzi z energii spoczynkowej ciał |
| 141. | Energetyka jądrowa. Wykorzystanie energii jądrowej | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić różnicę między reaktorem jądrowym a bombą atomową, • wymienić główne zalety wykorzystania energetyki jądrowej i zagrożenia z nią związane, • uzasadnić pogląd o konieczności pokojowego wykorzystywania energii jądrowej | <ul style="list-style-type: none"> • opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej, • opisać budowę i zasadę działania bomby atomowej |
| 142. | Reakcje termojądrowe. Ewolucja gwiazd. | <ul style="list-style-type: none"> • opisać reakcję fuzji lekkich jąder i jej skutki, • omówić schemat cyklu proton–proton, • wskazać, że źródłem energii Słońca są reakcje syntezy, • oszacować różnicę energii wydzielonej podczas syntezy określonej masy jąder z energią uzyskaną ze spalania takiej samej masy węgla, • opisać reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach | <ul style="list-style-type: none"> • omówić schemat cyklu CNO, • wyjaśnić zjawisko wybuchu supernowej, • wyjaśnić, czym jest czarna dziura i w jaki sposób powstaje, • opisać budowę i zasadę działania bomby termojądrowej |
| 143. | Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Działanie promieniowania na organizmy | <ul style="list-style-type: none"> • opisać skutki działania promieniowania jonizującego na organizmy, • wymienić przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej, • wymienić sposoby ochrony przed promieniowaniem | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję dawki pochłoniętej i jej jednostkę, • podać sens fizyczny mocy dawki i dawki skutecznej oraz podać ich jednostki, • zaprezentować wybrane sposoby praktycznego wykorzystania promieniowania jonizującego |