

Szczegółowe wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania przez uczniów klas 3 z programem nauczania fizyki na poziomie rozszerzonym.

Program rozszerzony, podręcznik „Fizyka. Zakres rozszerzony” cz.3 M. Fiałkowska, B. Sagnowska, J. Salach, wydawnictwo WSiP S.A., nr dopuszczenia 975/3/2021

Podział wymagań na poszczególne oceny szkolne:

ocena dopuszczająca –wymagania konieczne

ocena dostateczna – wymagania podstawowe

ocena dobra – wymagania rozszerzone

ocena bardzo dobra, celująca – wymagania dopełniające

Wymagania na poszczególne stopnie szkolne:

Stopień niedostateczny otrzymuje uczeń, który nie opanował wiadomości i umiejętności określonych w programie z fizyki w danej klasie, a braki w wiadomościach uniemożliwiają dalsze zdobywanie wiedzy z fizyki.

- Nie rozumie pytań i poleceń,
- w wypowiedziach popełnia bardzo poważne błędy merytoryczne,
- nie umie obserwować i opisywać zjawisk fizycznych,
- nie zna praw fizycznych i nie kojarzy wielkości fizycznych i ich jednostek,
- nie umie wykorzystywać modeli do wyjaśniania zjawisk i procesów fizycznych.

Stopień dopuszczający otrzymuje uczeń, który ma braki w opanowaniu podstawowych wiadomości z fizyki, ale braki te nie przekreślają możliwości uzyskania przez ucznia podstawowej wiedzy z fizyki w ciągu dalszej nauki.

- rozumie pytania i polecenia,
- odróżnia obiekty fizyczne, wielkości fizyczne,
- umie posługiwać się jednostkami podstawowymi układu SI i umie przeliczać jednostki,
- zna pojęcia i definicje podstawowych pojęć i wielkości fizycznych,
- zna prawa, zasady i teorie fizyczne dotyczące materiału nauczania fizyki,
- umie stosować posiadane wiadomości do wykonywania obliczeń w prostych sytuacjach zadaniowych o niewielkim stopniu trudności,
- umie wykonywać obserwacje i opisać je jakościowo,
- umie dokonać proste pomiary poznanych wielkości fizycznych,
- w wypowiedziach popełnia błędy merytoryczne.

Stopień dostateczny otrzymuje uczeń, który opanował wiadomości i umiejętności określone programem nauczania fizyki w danej klasie na poziomie nie wykraczającym poza wymagania podstawowe, spełnił wymogi na ocenę dopuszczającą , a także:

- umie rysować i interpretować wykresy zależności między poznanymi wielkościami fizycznymi,
- podaje przykłady ilustrujące poznane prawa,
- umie wyjaśniać poznane zjawiska z wykorzystaniem modeli,
- stosuje poznane wzory i prawa w sytuacjach zadaniowych średnim stopniu trudności,
- umie wykonywać obserwacje i opisywać je jakościowo,
- umie dokonywać pomiary wielkości fizycznych i zapisywać ich wyniki,
- w wypowiedzi popełnia błędy merytoryczne,

- korzysta z podręcznika.

Stopień dobry otrzymuje uczeń, który opanował wiadomości i umiejętności określone programem nauczania fizyki w danej klasie na poziomie wymagania rozszerzonych, spełnia wymagania na ocenę dostateczną, a także:

- umie badać i interpretować poznane zależności między wielkościami fizycznymi,
 - stosuje poznane wzory i prawa i sprawnie posługuje się metodami algebraicznymi i geometrycznymi w typowych sytuacjach zadaniowych,
 - umie dokonać obserwacji i pomiarów poznanych wielkości fizycznych i zapisać ich wyniki oraz przeprowadzić rachunek błędów,
 - w wypowiedziach sporadycznie popełnia błędy merytoryczne,
 - korzysta z podręcznika, literatury uzupełniającej i rozumie treści w niej zawarte
- potrafi sformułować własne opinie.

Stopień bardzo dobry otrzymuje uczeń, który opanował większość zakresu wiedzy i umiejętności określonych programem nauczania fizyki w danej klasie, na poziomie wymagań dopełniających, spełnia wymogi oceny dobrej a także:

- swobodnie podaje i omawia przykłady ilustrujące poznane prawa,
- proponuje metody badań, bada i ustala zależności między poznanymi wielkościami fizycznymi, dokonuje analizy i porównań,
- wyprowadza, wyjaśnia i uzasadnia związki między poznanymi wielkościami fizycznymi,
- samodzielnie i sprawnie posługuje się metodami algebraicznymi i graficznymi w złożonych zadaniach, łączących elementy różnych zjawisk fizycznych, stosując posiadaną wiedzę w nowych sytuacjach,

- porównuje, interpretuje, wyjaśnia i uogólnia zależności między wielkościami fizycznymi,
- samodzielnie analizuje zjawiska fizyczne i objaśnia otaczającą go rzeczywistość w oparciu o podstawy naukowe, teorie i modele, formułuje hipotezy i weryfikuje je,
- planuje eksperymenty, umie dokonać pomiarów wielkości fizycznych, zapisywać ich wyniki oraz analizować je i dokonywać rachunku błędów,
- korzysta z własnych notatek, podręcznika, innych materiałów dydaktycznych, dodatkowych lektur i innych źródeł informacji oraz ocenia wiarygodność tych źródeł.

Stopień celujący otrzymuje uczeń, który spełnia wymagania na stopień bardzo dobry oraz

- posiada dodatkową wiedzę, opanował treści programowe wyspecjalizowane ponad potrzeby głównego kierunku nauki, samodzielnie i twórczo rozwija swoje zainteresowania,
- potrafi zastosować posiadaną wiedzę do rozwiązywania bardzo trudnych zadań i problemów w nowych sytuacjach,
- biegle posługuje się zdobytymi wiadomościami używając terminologii fachowej oraz proponuje rozwiązania nietypowe,
- samodzielnie planuje eksperymenty, przeprowadza je, analizuje wyniki i przeprowadza rachunek błędów,
- osiąga sukcesy w olimpiadach: fizycznej lub astronomicznej, konkursach przedmiotowych; bierze efektywny udział w nadobowiązkowych działaniach związanych z poznawaniem fizyki.

UWAGA: W opracowanych poniżej wymaganiach zrezygnowano (poza kilkoma szczególnymi przypadkami) z haseł dotyczących rozwiązywania zadań, gdyż musiałyby się powtarzać w prawie każdym temacie. Typowe zadania powinien rozwiązywać uczeń aspirujący do oceny dobrej. Na ocenę bardzo dobrą i celującą wymagamy od ucznia rozwiązywania nietypowych zadań obliczeniowych i problemowych, w których należy sformułować i przeanalizować problem oraz skorzystać z dodatkowych źródeł wiedzy.

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

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych | <ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne, wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich | <ul style="list-style-type: none"> objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej, zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał | <ul style="list-style-type: none"> podać wartość liczbową ładunku elementarnego, wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku | <ul style="list-style-type: none"> wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący |
| Natężenie pola elektrostatycznego. Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego | <ul style="list-style-type: none"> opisać, w jaki sposób za pomocą metalowej, naelektryzowanej kuleczki można zbadać, czy w przestrzeni istnieje pole elektrostatyczne, wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie | <ul style="list-style-type: none"> podać definicję natężenia pola elektrostatycznego, przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika, graficznie, za pomocą linii pola, przedstawić pole elektrostatyczne centralne i jednorodne | <ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie | <ul style="list-style-type: none"> opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól, wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone przez dipol |

| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| <p>Naelektryzowany przewodnik</p> | <ul style="list-style-type: none"> • opisać doświadczenie z klatką Faradaya, • opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować gęstość powierzchniową ładunku, • opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach | <ul style="list-style-type: none"> • sporządzić wykres $E(r)$ dla naelektryzowanego przewodnika kulistego | <ul style="list-style-type: none"> • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest prostopadłe do tej powierzchni |
| <p>Przewodnik w polu elektrostatycznym</p> | <ul style="list-style-type: none"> • stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu | <ul style="list-style-type: none"> • opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym | <ul style="list-style-type: none"> • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zero |

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| <p>Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego</p> | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba, • wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie, i porównać z wielkościami, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, • wymienić wielkości, od których zależy potencjał centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, oraz jednostkę, w której go wyrażamy | <ul style="list-style-type: none"> • wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego, • podać definicję potencjału pola elektrostatycznego, • wyjaśnić, co mamy na myśli mówiąc, że natężenie pola i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne w danym punkcie | <ul style="list-style-type: none"> • wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na energię potencjalną ładunku w grawitacyjnym i elektrostatycznym polu centralnym, • zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ładunku i wywnioskować jej zmiany podczas oddalania się ładunku od punktowego źródła pola elektrostatycznego i podczas zbliżania się ładunku do tego źródła | <ul style="list-style-type: none"> • sporządzić wykresy zależności $E_p(r)$ dla ładunków jedno- i różnoimiennych, • sporządzić i objaśnić wykresy zależności $V(r)$ dla dodatniego i ujemnego źródła centralnego pola elektrostatycznego, • stosować zasadę superpozycji dla potencjałów, • wyprowadzić wzór na pracę w polu elektrostatycznym wyrażony poprzez różnicę potencjałów i udowodnić, że stosuje się dla każdego pola elektrostatycznego |
| <p>Pojemność elektryczna ciała przewodzącego</p> | <ul style="list-style-type: none"> • opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować, • nazwać stały dla danego przewodnika iloraz Q/V i podać jego jednostkę | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać jej sens fizyczny | <ul style="list-style-type: none"> • wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową | <ul style="list-style-type: none"> • opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika |
| <p>Kondensator</p> | <ul style="list-style-type: none"> • opisać budowę kondensatora płaskiego, • wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję kondensatora | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi |

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| <p>Dielektryk w polu elektrostatycznym</p> | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić cechy dielektryka, • wymienić kilka różnych dielektryków, • opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi, • zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny | <ul style="list-style-type: none"> • dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności | <ul style="list-style-type: none"> • za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka |
| <p>Energia naładowanego kondensatora. Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora, • zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci | <ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii |
| <p>Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym</p> | <ul style="list-style-type: none"> • na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza | <ul style="list-style-type: none"> • podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym | <ul style="list-style-type: none"> • opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach: $\vec{v}_0 = \vec{0}$, $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$, $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$, gdzie \vec{v}_0 to prędkość początkowa cząstki | <ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego |

Prąd stały i modele przewodnictwa

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

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

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

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| <p>Wzrosty i spadki potencjału. Drugie prawo Kirchhoffa. Przykłady stosowania drugiego prawa Kirchhoffa</p> | | <ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć i objaśnić II prawo Kirchhoffa | <ul style="list-style-type: none"> skorzystać z umowy i zapisać II prawo Kirchhoffa dla oczka sieci zawierającego oporniki | <ul style="list-style-type: none"> zapisać II prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego akumulator i obliczyć moc dostarczaną przez zasilacz, stosować prawa Kirchhoffa do obliczeń w obwodach zawierających baterie ogniw o różnych siłach elektromotorycznych, obliczać opór zastępczy na podstawie prawa Ohma i praw Kirchhoffa |
| <p>Modele przewodnictwa ciał stałych: przewodników i półprzewodników</p> | <ul style="list-style-type: none"> podać przykład przewodnika, izolatora i półprzewodnika | <ul style="list-style-type: none"> opisać ruch nośników ładunku w metalach i półprzewodnikach, rozdzielić przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury | <ul style="list-style-type: none"> opisać wpływ domieszek na przewodnictwo półprzewodników, opisać zjawisko nadprzewodnictwa niektórych metali | <ul style="list-style-type: none"> przeprowadzić rozumowanie, w wyniku którego otrzymujemy związek między natężeniem prądu a szybkością i liczbą nośników ładunku w przewodniku |
| <p>Dioda półprzewodnikowa (złącze n-p). Tranzystor</p> | <ul style="list-style-type: none"> wskazać funkcję diody półprzewodnikowej w obwodzie, wskazać funkcję tranzystora w obwodzie | <ul style="list-style-type: none"> rozdzielić półprzewodniki typu p i typu n, wyjaśnić ogólną zasadę działania diody i tranzystora, wymienić kilka rodzajów tranzystorów | <ul style="list-style-type: none"> opisać budowę i działanie złącza n-p, naszkicować i opisać charakterystykę prądowo-napięciową diody półprzewodnikowej, wyjaśnić zasadę działania tranzystora, podać zakres wartości współczynnika wzmocnienia prądowego | <ul style="list-style-type: none"> zademonstrować rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródeł światła |

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| Przewodnictwo elektryczne cieczy i gazów | <ul style="list-style-type: none"> • wskazać nośniki ładunku w cieczach i gazach | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić i omówić sposoby jonizowania gazów, • wskazać rolę promieniowania, wysokiej temperatury i dużego natężenia pola, • wyjaśnić zjawisko termoemisji | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na prędkość jonów w elektrolicie i zinterpretować ten wzór, • opisać zmiany przewodnictwa gazu ze wzrostem napięcia między elektrodami, • wyjaśnić pojęcie prądu nasycenia i opisać sposób zwiększania jego natężenia | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na opór właściwy elektrolitów, • wyjaśnić różnicę między przewodnictwem samoistnym a niesamoistnym gazów, • skorzystać z tekstów dotyczących historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki i opisać doświadczenie Thomsona oraz odkrycie elektronu |
| Stałe pole magnetyczne | | | | |
| Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu | <ul style="list-style-type: none"> • opisać wzajemne oddziaływania magnesów trwałych, • udowodnić doświadczalnie, że w pobliżu magnesu trwałego istnieje pole magnetyczne | <ul style="list-style-type: none"> • rysować linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych, • określić zwrot linii pola magnetycznego wytworzonego przez magnesy trwałe, • opisać doświadczenie dowodzące, że bieguny magnetyczne zawsze występują parami | <ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciami dipoli i monopoli magnetycznych, • opisać pole magnetyczne Ziemi | <ul style="list-style-type: none"> • skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub tekstów z historii fizyki i przygotować prezentację na temat badań nad magnetyzmem ziemskim |
| Przewodnik z prądem w polu magnetycznym | <ul style="list-style-type: none"> • wykonać doświadczenie Ørsteda, • zaobserwować, że na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym działa siła | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić wnioski z przeprowadzonych obserwacji, • wymienić cechy siły elektrodynamicznej | <ul style="list-style-type: none"> • znajdować siłę elektrodynamiczną, w przypadku gdy przewodnik z prądem jest prostopadły lub równoległy do linii pola magnetycznego | <ul style="list-style-type: none"> • skorzystać z tekstów popularnonaukowych lub historycznych i przygotować prezentację na temat znaczenia doświadczenia Ørsteda |

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| <p>Wektor indukcji magnetycznej</p> | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić wielkości, od których zależy wartość siły elektrodynamicznej działającej na przewodnik z prądem w polu magnetycznym, • zapisać wzorem definicję wartości indukcji magnetycznej, • podać jednostkę indukcji magnetycznej, • wskazać zwrot indukcji magnetycznej jednorodnego pola magnetycznego | <ul style="list-style-type: none"> • wskazać takie położenia przewodnika z prądem w polu magnetycznym, w których na ten przewodnik: 1) nie działa siła elektrodynamiczna, 2) działa siła elektrodynamiczna o maksymalnej wartości, • wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej, • stosować regułę lewej dłoni | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać wektorowo wzór na siłę elektrodynamiczną i omówić wnioski wynikające z tego wzoru | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, co to znaczy, że indukcja magnetyczna jest pseudowektorem |
| <p>Naładowana cząstka w polu magnetycznym</p> | <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 $\vec{B} \perp \vec{v}$ | <ul style="list-style-type: none"> • wykazać, że siła Lorentza nie wykonuje pracy, • zapisać wzorem i wypowiedzieć definicję wartości indukcji magnetycznej, • podać przykłady zastosowania cyklotronu, • omówić rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym | <ul style="list-style-type: none"> • wykazać, że jeśli prędkość naładowanej cząstki jest prostopadła do linii pola magnetycznego, to cząstka porusza się po okręgu ze stałą szybkością, • obliczyć okres obiegu i promień okręgu, po którym porusza się naładowana cząstka w polu magnetycznym | <ul style="list-style-type: none"> • omówić budowę i zasadę działania cyklotronu, • opisać tor naładowanej cząstki, której prędkość tworzy z liniami pola dowolny kąt α, • przedyskutować ruch naładowanych cząstek w skrzyżowanych polach: elektrycznym i magnetycznym, • omówić powstawanie zjawiska zorzy polarnej |
| <p>Pole magnetyczne przewodników, przez które płynie prąd</p> | <ul style="list-style-type: none"> • naszkicować linie pól magnetycznych prostoliniowego przewodnika z prądem oraz zwojnicy | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzorami wartości indukcji magnetycznej pól wytworzonych w próżni przez bardzo długi prostoliniowy przewodnik oraz we wnętrzu długiej zwojnicy, • stosować regułę prawej dłoni | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić pojęcie przenikalności magnetycznej próżni i podać jej wymiar, • podać wartość, kierunek i zwrot indukcji magnetycznej pola wytworzonego przez pojedynczy zwój | <ul style="list-style-type: none"> • stosować do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu w prostoliniowym przewodniku i długiej zwojnicy, • stosować zasadę superpozycji dla pól magnetycznych przewodników z prądem |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| Wzajemne oddziaływanie przewodników z prądem | | <ul style="list-style-type: none"> • zaobserwować i opisać wzajemne oddziaływanie dwóch równoległych przewodników z prądem, • posługiwać się definicją ampera | <ul style="list-style-type: none"> • zinterpretować wzory wyrażające siły wzajemnego oddziaływania przewodników, • podać definicję ampera | <ul style="list-style-type: none"> • przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na wartość siły wzajemnego oddziaływania dwóch długich, równoległych przewodników z prądem |
| Silnik elektryczny | <ul style="list-style-type: none"> • wskazać silnik elektryczny jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii elektrycznej na mechaniczną, • wymienić zastosowania silnika elektrycznego | <ul style="list-style-type: none"> • opisać budowę modelu silnika elektrycznego, • narysować siły działające na ramkę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym | <ul style="list-style-type: none"> • na przykładzie omówić zasadę działania silnika elektrycznego na prąd stały | <ul style="list-style-type: none"> • na podstawie samodzielnie odszukanych informacji z historii odkryć w fizyce i technice oraz tekstów popularnonaukowych przygotować prezentację na temat silników elektrycznych |
| Właściwości magnetyczne substancji | <ul style="list-style-type: none"> • zademonstrować właściwość ferromagnetyka odróżniającą go od innych substancji | <ul style="list-style-type: none"> • opisać właściwości i zastosowania ferromagnetyków | <ul style="list-style-type: none"> • opisać pole magnetyczne wewnątrz zwojnicy po umieszczeniu w jej wnętrzu rdzenia z ferromagnetyka lub paramagnetyka, • obliczać wartość indukcji magnetycznej we wnętrzu zwojnicy z rdzeniem | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować względną przenikalność magnetyczną substancji, • rozróżniać substancje ze względu na wartość względnej przenikalności magnetycznej, • omówić proces magnesowania i rozmagnesowania ferromagnetyka na podstawie pętli histerezy |

Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny

| | | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|---|
| Zjawisko indukcji elektromagnetycznej | <ul style="list-style-type: none"> • zademonstrować przynajmniej jeden sposób wzbudzenia prądu indukcyjnego | <ul style="list-style-type: none"> • opisać sposoby wzbudzenia prądu indukcyjnego przez zmianę indukcji magnetycznej w nieruchomym obwodzie i odpowiednio poruszającym się obwodzie | <ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować strumień magnetyczny i jego jednostkę, • podać ogólny warunek wzbudzenia prądu indukcyjnego w zamkniętym obwodzie | <ul style="list-style-type: none"> • na podstawie tekstów dotyczących historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki przygotować prezentację na temat odkrycia przez Faradaya zjawiska indukcji elektromagnetycznej |
| Siła elektromotoryczna indukcji | <ul style="list-style-type: none"> • wskazać siły działające na elektron w pręcie poruszającym się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola, • zapisać i objaśnić wzór wyrażający prawo Faradaya | <ul style="list-style-type: none"> • opisać sposób obliczania napięcia między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola, • sformułować prawo indukcji Faradaya | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na napięcie między końcami pręta poruszającego się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadle do linii pola, • na podstawie prawa Faradaya sformułować warunek, przy spełnieniu którego SEM indukcji ma stałą wartość, • obliczać siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia indukcji magnetycznej | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na SEM indukcji, • przeprowadzić analizę znaku SEM indukcji, • sporządzać i interpretować wykresy $\Phi(t)$, $\mathcal{E}(t)$ oraz $I(t)$ |
| Reguła Lenza | <ul style="list-style-type: none"> • zastosować regułę Lenza na wybranym przykładzie, • wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska indukcji elektromagnetycznej | <ul style="list-style-type: none"> • sformułować regułę Lenza | <ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić regułę Lenza jako konsekwencję zasady zachowania energii, • stosować regułę Lenza w prostych przykładach | <ul style="list-style-type: none"> • stosować regułę Lenza w skomplikowanych przykładach |

| | | | | |
|----------------------------------|--|---|--|--|
| Zjawisko samoindukcji | <ul style="list-style-type: none"> • podać przykład występowania zjawiska samoindukcji | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega zjawisko samoindukcji, • wymienić wielkości fizyczne, od których zależy indukcyjność zwojnicy, i podać jednostkę indukcyjności | <ul style="list-style-type: none"> • zapisać i zinterpretować wzór na SEM samoindukcji, • uzasadnić kształt wykresu $I(t)$ podczas zamykania i otwierania obwodu prądu stałego | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na SEM samoindukcji i przeprowadzić analizę jej znaku |
| Prąd zmienny | <ul style="list-style-type: none"> • wskazać prądnicę jako urządzenie, w którym następuje zamiana energii mechanicznej na energię elektryczną, • nazwać prąd powstający w prądnicy i zdefiniować jego okres, częstotliwość i fazę, • podać wartość liczbową napięcia skutecznego w sieci miejskiej w Polsce | <ul style="list-style-type: none"> • opisać działanie prądnicy na przykładzie modelu, • zapisać wzorem i przedstawić na wykresie zależność SEM indukowanej w prądnicy od czasu, • wyjaśnić sens fizyczny natężenia i napięcia skutecznego i zapisać te wielkości wzorami | <ul style="list-style-type: none"> • przeanalizować zmiany strumienia magnetycznego obejmowanego przez ramkę w modelu prądnicy, • zapisać wzorami napięcie chwilowe, natężenie chwilowe i moc chwilową prądu przemiennego, • zdefiniować i zapisać wzorem moc skuteczną | <ul style="list-style-type: none"> • sporządzać wykresy $\Phi(t)$ i $\varepsilon(t)$ oraz analizować ich przebieg, • przeprowadzić odpowiednie rozumowanie i wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu przemiennego, • wyprowadzić wzór na natężenie skuteczne prądu zmiennego na podstawie wykresu $I(t)$ |
| Transfor-mator | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić funkcję, którą spełnia w sieci transformator, • opisać budowę transformatora, • rozpoznać wyłącznik różnicowy i posłużyć się nim | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić zasadę działania transformatora, • zdefiniować przekładnię transformatora, • zapisać i wyjaśnić związek ilorazu napięć skutecznych w uzwojeniach pierwotnym i wtórnym z przekładnią | <ul style="list-style-type: none"> • znaleźć związek między natężeniami prądu w uzwojeniach transformatora, • wykazać efektywność przesyłania prądu pod wysokim napięciem, • obliczać straty energii w linii przesyłowej | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na przekładnię idealnego transformatora, • wyjaśnić działanie wyłącznika różnicowego |
| Zastosowanie diody i tranzystora | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić kilka powszechnie używanych urządzeń, w których znajdują się elementy półprzewodnikowe | <ul style="list-style-type: none"> • zademonstrować diodę jako źródło światła, • wymienić przykład urządzenia, w którym zastosowano tranzystor jako element wzmacniający | <ul style="list-style-type: none"> • opisać zasadę działania prostownika jedno- i dwupołkowego, • narysować schemat i omówić działanie prostego wzmacniacza | <ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację, wymagającą pogłębionej wiedzy o budowie i działaniu wybranego urządzenia zawierającego elementy półprzewodnikowe |

Optyka geometryczna

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

| | | | | |
|---|---|--|--|---|
| Zwierciadła | <ul style="list-style-type: none"> • naszkicować konstrukcję obrazu punktowego źródła światła w zwierciadle płaskim, • naszkicować zwierciadło kuliste wklęsłe i opisać jego cechy | <ul style="list-style-type: none"> • konstruować obrazy przedmiotu w zwierciadłach płaskich i kulistych oraz wymieniać ich cechy, • posługiwać się pojęciem powiększenia | <ul style="list-style-type: none"> • podać definicję powiększenia, • wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od zwierciadła | <ul style="list-style-type: none"> • wykazać zależność ogniskowej zwierciadła kulistego od kąta padania światła, • wyprowadzić równanie zwierciadła i je zinterpretować, • przedstawić zależność $y(x)$ za pomocą wykresu i przeanalizować ten wykres |
| Odchylenie promienia świetlnego w pryzmacie. Rozszczepienie światła | <ul style="list-style-type: none"> • zademonstrować powstawanie widma ciągłego światła białego i wymienić główne barwy, • opisać widmo światła białego jako mieszaninę fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach | <ul style="list-style-type: none"> • naszkicować przejście wiązki światła przez pryzmat i zaznaczyć kąt odchylenia wiązki, • podać przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie związanych z rozszczepieniem światła | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić związek między bezwzględnymi współczynnikami załamania i długościami fali świetlnej w obu ośrodkach | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na kąt odchylenia w pryzmacie i go zinterpretować, • opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną, • przygotować prezentację na temat zjawisk optycznych w przyrodzie |
| Soczewki. Badanie zależności położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu. Wyznaczanie ogniskowej soczewki | <ul style="list-style-type: none"> • konstruować obrazy w soczewce wypukłej dla różnych odległości przedmiotu od soczewki i podać cechy tych obrazów, • przedstawić schematycznie powstawanie obrazu w soczewce wklęsłej i podać cechy tego obrazu, • zdefiniować zdolność skupiającą soczewki i podać jej jednostkę | <ul style="list-style-type: none"> • nazwać soczewki o różnych kształtach, • zdefiniować zdolność skupiającą układu soczewek, • wykazać, że powiększenie zależy od odległości przedmiotu od soczewki, • stosować do obliczeń wzór soczewkowy i równanie soczewki | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić równanie soczewki, • doświadczalnie zbadać zależność położenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki od położenia przedmiotu, • wyznaczyć ogniskową soczewki skupiającej | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór soczewkowy i go zinterpretować, • sporządzić wykres zależności $y(x)$ dla soczewki skupiającej i go zinterpretować, • wyznaczyć ogniskową soczewki rozpraszającej |

| | | | | |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| <p>Lupa i oko. Wady wzroku</p> | <ul style="list-style-type: none"> • podać znak zdolności skupiającej soczewek używanych przez krótkowidzów i dalekowidzów | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić zasadę działania lupy, narysować obraz otrzymany w lupie, • wyjaśnić, na czym polega dalekowzroczność i krótkowzroczność, • podać sposoby korygowania dalekowzroczności i krótkowzroczności | <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na powiększenie kątowe lupy, • podać przykłady wykorzystania przyrządów optycznych | <ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację na temat oka jako przyrządu optycznego i wad wzroku, • opisać budowę mikroskopu optycznego i wyprowadzić wzór na powiększenie |
|--------------------------------|---|--|--|--|

Elementy fizyki relatywistycznej.

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| <p>Ruch w różnych układach odniesienia</p> | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, że znając położenie i prędkość ciała w jednym układzie odniesienia, można obliczyć położenie i prędkość w innym układzie i że wielkości te mają różne wartości, • wyjaśnić, że gdy zjawiska zachodzą równocześnie w jednym układzie odniesienia, są równoczesne także w innych układach odniesienia. | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, że związki między przemieszczeniami i prędkościami w różnych układach odniesienia to transformacje Galileusza | <ul style="list-style-type: none"> • obliczyć w dowolnej chwili położenie ciała w układzie związanym z Ziemią, jeśli zna jego położenie w układzie poruszającym się względem Ziemi ruchem jednostajnym prostoliniowym (gdy $v \ll c$), • obliczyć wartość przemieszczenia i szybkość ciała w powyższym przypadku. | <ul style="list-style-type: none"> • stosować transformacje Galileusza w zadaniach |
|--|---|---|--|---|

| | | | | |
|---|---|--|--|---|
| <p>Maksymalna szybkość przekazu informacji w przyrodzie. Założenia szczególnej teorii względności</p> | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, że szybkość światła c jest jednakowa dla wszystkich obserwatorów niezależnie od ich ruchu oraz ruchu źródła światła, • wyjaśnić, że c jest największą, graniczną szybkością przekazywania informacji w przyrodzie, • wyjaśnić, że zgodnie ze szczególną teorią względności Einsteina w różnych układach odniesienia czas płynie inaczej | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, że dla szybkości bliskich szybkości światła w próżni, nie można korzystać z transformacji Galileusza, • wyjaśnić, co to jest rok świetlny, • uzasadnić fakt, że obserwacje astronomiczne dają nam informacje o stanie obiektów przed milionami lub miliardami lat. | <ul style="list-style-type: none"> • wykazać, że przy założeniu niezależności szybkości światła od układu odniesienia, czas upływający między dwoma tymi samymi zdarzeniami w różnych układach odniesienia jest różny, • wyjaśnić, że dla ruchu z szybkością bliską c nie obowiązuje zwykły wzór na energię kinetyczną. | |
| <p>Czas w różnych układach odniesienia</p> | | | <ul style="list-style-type: none"> • objaśnić związek między czasem trwania procesu w układzie własnym, a jego czasem mierzonym w układzie odniesienia, który porusza się względem poprzedniego ze stałą szybkością, bliską szybkości światła, • przedstawić przykład skutków różnego upływu czasu w różnych układach odniesienia. | <ul style="list-style-type: none"> •) wyprowadzić związek między czasem upływającym w dwóch różnych układach odniesienia, z których jeden porusza się ze stałą szybkością, bliską c względem drugiego układu |
| <p>Pęd i energia w fizyce relatywistycznej</p> | <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, że w układzie, w którym ciało spoczywa ma ono energię $E = mc^2$ zwaną energią spoczynkową ciała. | <ul style="list-style-type: none"> • podać wzory na pęd i energię w ujęciu relatywistycznym | <ul style="list-style-type: none"> • skorzystać ze wzorów na całkowitą energię ciała swobodnego i pęd relatywistyczny. | <ul style="list-style-type: none"> • skomentować różnice pomiędzy wynikami uzyskiwanymi w ujęciu klasycznym i relatywistycznym. |
| <p>Niepewności pomiarowe</p> | | | | |

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| <p>1–2. Przypomnienie wiadomości z zakresu niepewności pomiarowych. Niepewność wyniku pomiaru wielkości mierzonej bezpośrednio</p> | <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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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), • obliczać niepewność standardową w sytuacji, gdy $S_{x\ \bar{x}} \ll \Delta x$ | <ul style="list-style-type: none"> • wymienić parametry charakteryzujące funkcję Gaussa, • opisać 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, • wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących |
|--|--|---|---|---|