

# Wymagania edukacyjne z Fizyki dla klas Technikum

## ***Matematyczne metody w fizyce***

Uczeń

- potrafi podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych,
- potrafi wymienić cechy wektora,
- potrafi zilustrować przykładem każdą z cech,
- potrafi dodać wektory,
- potrafi odjąć wektor od wektora,
- potrafi pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę,
- potrafi rozłożyć wektor na składowe w dowolnych kierunkach,
- potrafi obliczyć współrzędne wektora,
- potrafi zapisać równanie wektorowe w postaci (jednego, dwóch lub trzech) równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych (jedno-, dwu-, trójwymiarowym),
- potrafi mnożyć wektory skalarnie i wektorowo,
- potrafi odczytać z wykresu cechy wielkości wektorowej.

## **Kinematyka**

### ***Względność ruchu, przemieszczenie, ruch jednostajny prostoliniowy***

Uczeń

- wie, że ruchy dzielimy na postępowe i obrotowe,
- potrafi wyjaśnić różnice między tymi ruchami,
- potrafi wyjaśnić, na czym polega względność ruchu,
- potrafi podać przykład względności ruchu,
- potrafi wyjaśnić, co nazywamy przemieszczeniem ciała,
- potrafi narysować wektor przemieszczenia w dowolnym przykładzie,
- wie, jaki ruch nazywamy jednostajnym, prostoliniowym,

- odróżnia zmianę położenia ciała od przebytej drogi,
- potrafi obliczać wartość prędkości (szybkość), drogę i czas w ruchu jednostajnym, prostoliniowym,
- potrafi wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależność od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych,
- potrafi sporządzać wykresy tych zależności,
- potrafi sporządzać wykresy  $s(t)$ ,  $v(t)$  i od czytywać z wykresu wielkości fizyczne,
- potrafi rozwiązywać problemy dotyczące względności ruchu.

## ***Ruchy zmienne***

Uczeń

- wie, co nazywamy szybkością i prędkością średnią,
- wie, co nazywamy prędkością chwilową,
- wie, że prędkość chwilowa jest styczna do toru ruchu w każdym punkcie,
- rozumie pojęcie przyspieszenia,
- potrafi objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym (po linii prostej),
- potrafi obliczyć drogę przebytą w czasie  $t$  ruchem jednostajnie przyspieszonym i opóźnionym,
- potrafi wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależność od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po linii prostej,
- potrafi sporządzać wykresy tych zależności,
- potrafi składać ruchy,
- potrafi rozwiązywać zadania dotyczące ruchów jednostajnie zmiennych.

## ***Ruch po okręgu***

Uczeń

- potrafi objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ze stałą szybkością,
- potrafi wyrazić szybkość liniową przez okres ruchu i częstotliwość,
- wie, co nazywamy szybkością kątową,
- potrafi wyrazić szybkość kątową przez okres ruchu i częstotliwość,

- wie, jak stosować miarę łukową kąta,
- potrafi zapisać związek pomiędzy szybkością liniową i kątową,
- wie, że przyspieszenie dośrodkowe jest związane ze zmianą kierunku prędkości,
- potrafi zapisać różne postacie wzorów na wartość przyspieszenia dośrodkowego,
- potrafi rozwiązywać problemy dotyczące ruchu po okręgu.

## Dynamika

### *Oddziaływania występujące w przyrodzie, zasady dynamiki*

Uczeń

- wie, że oddziaływania dzielimy na wymagające bezpośredniego kontaktu i oddziaływania "na odległość",
- wie, że wszystkie oddziaływania są wzajemne,
- wie, że miarą oddziaływań są siły,
- wie, że o tym, co się dzieje z ciałem decyduje siła wypadkowa,
- potrafi stosować poprawnie zasady dynamiki,
- wie, że pierwsza zasada dynamiki jest spełniona w układach inercjalnych,
- rozumie pojęcie pędu i ogólną postać II zasady dynamiki,
- wie, że warunkiem ruchu jednostajnego po okręgu jest działanie siły dośrodkowej stanowiącej wypadkową wszystkich sił działających na ciało,
- potrafi rozwiązywać problemy dotyczące ruchu po okręgu,
- rozumie i rozróżnia pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego,
- rozróżnia współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego,
- potrafi rozwiązywać problemy dynamiczne z uwzględnieniem siły tarcia posuwistego,
- potrafi objaśnić pojęcie środka masy,
- rozumie zasadę zachowania pędu i potrafi ją wykorzystać do rozwiązywania problemów,
- rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne,
- potrafi opisywać przykłady zagadnień dynamicznych w układach nieinercjalnych (siły bezwładności).

## ***Energia mechaniczna i jej przemiany***

Uczeń

- potrafi obliczać pracę stałej siły,
- potrafi obliczać moc urządzeń,
- potrafi obliczać pracę siły zmiennej,
- potrafi objaśnić, co nazywamy układem ciał,
- wie, jakie siły nazywamy wewnętrznymi w układzie ciał, a jakie zewnętrznymi,
- potrafi sformułować i objaśnić definicję energii mechanicznej układu ciał i jej rodzajów,
- potrafi obliczyć energię potencjalną ciała w pobliżu Ziemi, korzystając z definicji pracy,
- potrafi zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną ciała,
- potrafi sformułować i stosować zasadę zachowania energii mechanicznej dla układu ciał.

## **Grawitacja**

Uczeń

- potrafi sformułować prawo powszechnej grawitacji,
- potrafi podać przykłady zjawisk, do opisu których stosuje się prawo grawitacji,
- wie, że każde ciało (posiadające masę) wytwarza w swoim otoczeniu pole grawitacyjne,
- na podstawie prawa grawitacji potrafi wykazać, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N.

## ***Pierwsza prędkość kosmiczna, oddziaływania grawitacyjne w Układzie Słonecznym***

Uczeń

- potrafi uzasadnić, że satelita może tylko wtedy krążyć wokół Ziemi po orbicie w kształcie okręgu, gdy siła grawitacji stanowi siłę dośrodkową,
- wie, co nazywamy pierwszą prędkością kosmiczną i jaka jest jej wartość,
- potrafi wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej,
- wie, że dla wszystkich planet Układu Słonecznego siła grawitacji słonecznej jest siłą dośrodkową,

- wie, że badania ruchu ciał niebieskich i odchyłeń tego ruchu od wcześniej przewidywanego, mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich.
- poprawnie wypowiada definicję natężenia pola grawitacyjnego,
- wie, od czego zależy wartość natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie,
- potrafi matematycznie opisać rzut pionowy w dół,
- potrafi matematycznie opisać rzut pionowy w górę,
- potrafi matematycznie opisać rzut poziomy,
- potrafi matematycznie opisać rzut ukośny,
- potrafi podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły centralnego pola grawitacyjnego,
- rozumie i poprawnie wypowiada definicję grawitacyjnej energii potencjalnej,
- wie, od czego zależy energia potencjalna ciał w polu centralnym,
- wie, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem "minus",
- poprawnie sporządza i interpretuje wykres zależności  $E_p(r)$ ,
- poprawnie wypowiada definicję potencjału grawitacyjnego,
- wie, od czego i jak zależy potencjał centralnego pola grawitacyjnego,
- potrafi wyprowadzić i prawidłowo zinterpretować wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej,
- wie, dlaczego przyspieszenie ziemskie w różnych szerokościach geograficznych jest różne.

## Elementy szczególnej teorii względności

### ***Ruch w różnych układach odniesienia***

Uczeń

- wie, 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,
- potrafi 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  $v \ll c$ ),
- potrafi obliczyć wartość przemieszczenia i szybkość ciała w powyższym przypadku,
- wie, że związki między przemieszczeniami i prędkościami w różnych układach odniesienia to transformacje Galileusza,

- wie, że gdy  $v \ll c$  zjawiska zachodzące równocześnie w jednym układzie odniesienia, są równoczesne także w innych układach odniesienia,
- potrafi stosować transformacje Galileusza.

Maksymalna szybkość przekazu informacji w przyrodzie. Założenia szczególnej teorii względności. Efekty relatywistyczne

Uczeń

- wie, że dla szybkości bliskich szybkości światła w próżni, nie można korzystać z transformacji Galileusza,
- wie, że szybkość światła  $c$  jest jednakowa dla wszystkich obserwatorów niezależnie od ich ruchu oraz ruchu źródła światła,
- potrafi wykazać, że przy założeniu niezależności szybkości światła od układu odniesienia, czas upływający między dwoma tymi samymi zdarzeniami w różnych układach odniesienia jest różny,
- wie, że zgodnie ze szczególną teorią względności Einsteina w różnych układach odniesienia czas płynie inaczej,
- wie, że dla ruchu z szybkością bliską  $c$  nie obowiązuje zwykły wzór na energię kinetyczną.

### ***Ograniczenia dla związków przyczynowych, obserwacje astronomiczne jako obraz historii kosmosu***

Uczeń

- wie, że  $c$  jest największą, graniczną szybkością przekazywania informacji w przyrodzie,
- potrafi wyjaśnić, dla czego skutek może wystąpić w określonym czasie po zaistnieniu przy czynie,
- potrafi podać przykłady tego zjawiska,
- wie, co to jest rok świetlny,
- potrafi uzasadnić fakt, że obserwacje astronomiczne dają nam informacje o stanie obiektów przed milionami lub miliardami lat.

### ***Czas w różnych układach odniesienia***

Uczeń

- potrafi wyjaśnić 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,
- potrafi (na przykładzie) wyprowadzić związek między czasem upływającym w dwóch różnych układach odniesienia, z których jeden porusza się ze stałą szybkością, bliską  $c$  względem drugiego układu,
- potrafi przedstawić przykład skutków różnego upływu czasu w różnych układach odniesienia.

## **Równoważność masy i energii. Układy złożone i energia wiązania**

Uczeń

- potrafi wyjaśnić, z czego wynika ujemna wartość energii potencjalnej układu ciał przyciągających się wzajemnie,
- wie, co nazywamy energią wiązania układu,
- potrafi podać przykłady układów związanych,
- potrafi uzasadnić, że nadanie ciału drugiej prędkości kosmicznej odpowiada dostarczeniu układowi Ziemia-ciało energii wiązania tego układu,
- potrafi rozwiązywać problemy dotyczące obliczania energii wiązania układów.

## **Wzór Einsteina na energię spoczynkową. Pojęcie deficytu masy. Świetność i upadek prawa zachowania masy**

Uczeń

- potrafi uzasadnić, że całkowita energia układu związanego jest mniejsza od sumy energii rozdzielonych składników układu,
- wie, że masa układu związanego jest mniejsza od sumy mas jego składników,
- wie, co nazywamy deficytem masy,
- potrafi objaśnić, dlaczego przy łączeniu składników w układ związany uwalnia się część energii spoczynkowej tych składników,
- wie, że wszystkie źródła energii używane przez ludzkość pochodzą z energii spoczynkowej jakichś ciał,
- potrafi wyjaśnić ten fakt na przykładach.

## **Hydrostatyka**

Uczeń

- potrafi zdefiniować ciśnienie, zna jednostkę ciśnienia,
- poda i objaśni pojęcie ciśnienia hydrostatycznego
- umie się posługiwać pojęciem ciśnienia hydrostatycznego przy opisie zjawisk i rozwiązywaniu problemów,
- rozumie zjawisko paradoksu hydrostatycznego,

- potrafi objaśnić prawo Pascala i zasadę działania urządzeń, w których to prawo wykorzystano,
- potrafi objaśnić prawo naczyń połączonych i wykorzystać je do wyznaczania gęstości cieczy,
- poda i objaśni prawo Archimedesesa,
- potrafi objaśnić warunki pływania ciał,
- potrafi wykorzystać prawo Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy.

## **Fizyka cząsteczkowa i termodynamika**

### **Mikroskopowe modele ciał makroskopowych.**

#### ***Gazy jako układy prawie swobodnych cząsteczek***

Uczeń

- potrafi wymienić właściwości gazów,
- potrafi objaśnić pojęcie gazu doskonałego,
- potrafi wyjaśnić, na czym polega zjawisko dyfuzji.

#### ***Ciecze jako układy oddziałujących z sobą cząsteczek***

Uczeń

- potrafi wymienić właściwości cieczy,
- potrafi opisać skutki działania sił międzycząsteczkowych,
- potrafi wyjaśnić zjawiska menisku.

#### ***Przemiany gazu doskonałego***

Uczeń

- rozumie i potrafi opisać założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazów,
- potrafi zapisać i objaśnić podstawowy wzór na ciśnienie gazu,
- potrafi zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego,



- potrafi zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona,
- potrafi wykorzystywać powyższe zależności do rozwiązywania zadań,
- potrafi sporządzać i interpretować wykresy, np.  $p(V)$ ,  $p(T)$ ,  $V(T)$
- potrafi wykorzystać równanie stanu gazu doskonałego i równanie Clapeyrona do opisu przemian gazowych,
- potrafi się posługiwać pojęciami ciepła właściwego i ciepła molowego,
- potrafi obliczać pracę objętościową i ciepło w różnych przemianach gazu doskonałego.

### **Zasady termodynamiki**

Uczeń

- rozumie, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu,
- potrafi rozwiązywać problemy związane z wykorzystaniem pierwszej zasady termodynamiki,
- wie, co to znaczy, że proces jest odwracalny lub nieodwracalny,
- potrafi opisać cykl Carnota,
- potrafi obliczać sprawności silników cieplnych i skuteczności chłodzenia,
- rozumie i potrafi objaśnić statystyczną interpretację drugiej zasady termodynamiki,
- potrafi wymienić ograniczenia modelu gazu doskonałego w porównaniu z gazami rzeczywistymi (równanie van der Waalsa).

### **Przejścia fazowe**

Uczeń

- potrafi opisać zjawiska: topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji, resublimacji, wrzenia i skraplania w temperaturze wrzenia,
- potrafi zdefiniować wielkości fizyczne opisujące te procesy,
- potrafi sporządzać i interpretować odpowiednie wykresy,
- potrafi opisać przemiany energii w tych zjawiskach,
- potrafi rozwiązywać problemy dotyczące tych zjawisk.

## **Elektrostatyka**

## Oddziaływania elektrostatyczne

Uczeń

- wie, że istnieją dwa rodzaje ładunków elektrycznych,
- wie, że ładunek elektronu jest ładunkiem elementarnym,
- po trafi opisać sposoby elektryzowania ciał,
- wie, że ładunki oddziałują wzajemnie,
- wie, że oddziaływania grawitacyjne między naładowanymi cząstkami mikroświata np. elektronami, są pomijalnie małe w porównaniu z oddziaływaniami elektrostatycznymi,
- rozumie pojęcie pola elektrostatycznego,
- potrafi zapisać i objaśnić prawo Coulomba
- rozumie pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka,
- potrafi wypowiedzieć prawo zachowania ładunku i wykorzystać je do objaśniania zjawisk elektryzowania ciał,
- poprawnie wypowiada definicję natężenia pola elektrostatycznego,
- wie, od czego zależy wartość natężenia centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie i potrafi sporządzić wykres  $E(r)$ ,
- potrafi korzystać z zasady superpozycji pól,
- wie, co nazywamy dipolem elektrycznym,
- wie, co to jest pole jednorodne,
- potrafi obliczyć siłę działającą na ładunek w polu jednorodnym,
- potrafi obliczyć pracę siły pola jednorodnego i centralnego przy przesuwaniu ładunku,
- poprawnie wypowiada definicję energii potencjalnej elektrostatycznej,
- potrafi obliczyć energię potencjalną cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym,
- potrafi sporządzać wykresy zależności  $E_p(r)$  dla układu ładunków punktowych,
- wie, co to jest potencjał pola elektrostatycznego, zna jednostkę,
- wie, od czego i jak zależy potencjał centralnego pola elektrostatycznego,
- potrafi sporządzić wykresy zależności  $V(r)$ ,
- potrafi zapisać i objaśnić wzór ogólny na pracę wykonaną przy przesuwaniu ładunku przez siłę dowolnego pola elektrostatycznego,

- potrafi przeanalizować ruch cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym,
- potrafi objaśnić zasadę działania i zastosowania oscyloskopu,
- potrafi zdefiniować pojemność przewodnika, zna jednostkę, wie, od czego zależy pojemność przewodnika,
- wie, co to jest kondensator,
- wie, od czego i jak zależy pojemność kondensatora płaskiego,
- potrafi objaśnić związki pomiędzy ładunkami, napięciami i pojemnościami kondensatorów w łączeniu szeregowym i równoległym,
- wie, od czego i jak zależy energia naładowanego kondensatora.

## Prąd elektryczny

### ***Prąd stały***

Uczeń

- rozumie mechanizm przepływu prądu elektrycznego w przewodnikach,
- potrafi zdefiniować pojęcie natężenia prądu i jego jednostkę,
- poda pierwsze prawo Kirchhoffa i potrafi się nim posługiwać,
- potrafi się posługiwać pojęciami pracy, mocy prądu i napięcia elektrycznego,
- poda prawo Ohma i potrafi się nim posługiwać,
- potrafi zdefiniować opór elektryczny odcinka obwodu,
- potrafi objaśnić mikroskopowy model przepływu prądu w metalach,
- wie, od czego zależy opór elektryczny przewodnika,
- potrafi podać związki między napięciami, natężeniami i oporami w łączeniu szeregowym i równoległym odbiorników,
- wie, co nazywamy siłą elektromotoryczną źródła energii elektrycznej,
- potrafi zapisać i objaśnić prawo Ohma dla całego obwodu,
- wie, co wskazuje woltomierz dołączony do biegunów źródła siły elektromotorycznej,
- potrafi stosować do rozwiązywania zadań drugie prawo Kirchhoffa,
- potrafi objaśnić związki pomiędzy  $E$ ,  $I$ ,  $r$  w przypadku łączenia ogniw o jednakowych siłach elektromotorycznych i oporach wewnętrznych,

- potrafi opisać możliwości wykorzystania właściwości elektrycznych ciał.

## Magnetyzm

Uczeń

- potrafi przedstawić graficznie pole magnetyczne magnesu trwałego,
- wie, że w polu magnetycznym na poruszającą się cząstkę naładowaną działa siła Lorentza,
- potrafi zapisać wyrażenie na siłę Lorentza i definicję wektora indukcji magnetycznej,
- potrafi zdefiniować jednostkę indukcji magnetycznej,
- potrafi przedyskutować zależność wartości siły Lorentza od kąta między wektorami  $B$  i  $v$ ,
- potrafi opisać i wyjaśnić doświadczenie Oersteda,
- potrafi opisać pole magnetyczne przewodnika prostoliniowego i zwojnicy,
- potrafi określić wartość, kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej w konkretnych przypadkach,
- potrafi objaśnić zasadę działania silnika elektrycznego,
- potrafi opisać oddziaływania wzajemne przewodników z prądem i podać definicję ampera,
- potrafi jakościowo opisać właściwości magnetyczne substancji.

## Indukcja elektromagnetyczna

### ***Prąd zmienny***

Uczeń

- potrafi objaśnić, na czym polega zjawisko indukcji elektromagnetycznej i podać warunki jego występowania,
- poprawnie interpretuje prawo Faradaya indukcji elektromagnetycznej,
- potrafi sporządzać wykresy  $\Phi(t)$  i  $E(t)$
- potrafi objaśnić, na czym polega zjawisko samoindukcji i podać warunki jego występowania,
- poprawnie interpretuje wyrażenie na siłę elektromotoryczną samoindukcji,
- podaje definicję i jednostkę współczynnika samoindukcji obwodu,

- wie, od czego zależy i w jakich jednostkach się wyraża współczynnik samoindukcji zwojnicy,
- potrafi objaśnić zasadę działania prądnicy prądu przemiennego,
- potrafi się posługiwać wielkościami opisującymi prąd przemienny tj. natężeniem i napięciem skutecznym oraz pracą i mocą prądu przemiennego,
- potrafi objaśnić rolę zwojnicy i kondensatora w obwodzie prądu zmiennego,
- potrafi się posługiwać pojęciami zawady, oporu omowego, indukcyjnego i pojemnościowego,
- potrafi objaśnić, na czym polega rezonans napięć w obwodzie prądu zmiennego,
- potrafi objaśnić zasadę działania transformatora i zna jego praktyczne zastosowania.

### ***Pole elektromagnetyczne***

Uczeń

- wie, co to jest obwód drgający,
- potrafi objaśnić zjawiska zachodzące w takim obwodzie,
- potrafi podać i objaśnić wzór na okres drgań obwodu LC,
- wie, że obwód drgający jest źródłem fal elektromagnetycznych i potrafi objaśnić, dlaczego tak jest,
- potrafi opisać zjawisko rezonansu elektromagnetycznego dwóch obwodów drgających i zasadę detekcji fal elektromagnetycznych,
- potrafi wymienić inne źródła fal elektromagnetycznych i sposoby ich wykrywania,
- potrafi wymienić własności fal elektromagnetycznych,
- potrafi objaśnić występowanie w przyrodzie stałych i zmiennych pól elektromagnetycznych,
- potrafi wymienić niektóre zastosowania pól elektromagnetycznych.

### ***Ruch drgający***

Uczeń

- potrafi wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie,
- potrafi wymienić i zdefiniować pojęcia służące do opisu ruchu drgającego,

- wie, że ruch harmoniczny odbywa się pod wpływem siły proporcjonalnej do wychylenia i zwróconej w stronę położenia równowagi,
- potrafi obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyśpieszenia i siły w ruchu harmonicznym, rozkładając ruch punktu materialnego po okręgu na dwa ruchy składowe,
- potrafi sporządzić i objaśnić wykresy zależności współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu,
- potrafi wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym,
- potrafi obliczać pracę i energię w ruchu harmonicznym,
- potrafi wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu,
- potrafi podać przykłady wykorzystania właściwości sprężystych ciał.

## Fale

Uczeń

- potrafi wyjaśnić, na czym polega rozchodzenie się fali mechanicznej,
- potrafi objaśnić wielkości charakteryzujące fale,
- potrafi podać przykład fali poprzecznej i podłużnej,
- potrafi zinterpretować funkcję falową dla fali płaskiej,
- potrafi matematycznie opisać interferencję dwóch fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach,
- potrafi opisać fale stojące,
- rozumie pojęcie spójności fal,
- potrafi objaśnić zasadę Huygensa,
- potrafi wyprowadzić warunki wzmocnienia i wygaszania w przypadku interferencji fal harmonicznnych wysyłanych przez identyczne źródła,
- potrafi zdefiniować wielkości opisujące fale akustyczne,
- potrafi wyjaśnić, na czym polega zjawisko Dopplera,
- potrafi objaśnić, co nazywamy falą elektromagnetyczną,
- potrafi wymienić rodzaje fal elektromagnetycznych,
- potrafi wymienić praktyczne zastosowania fal elektromagnetycznych o różnych zakresach długości.

## Transport energii

Uczeń

- potrafi objaśnić transport energii mechanicznej,
- potrafi objaśnić transport energii wewnętrznej: dobre i złe przewodniki ciepła,
- potrafi objaśnić transport energii elektrycznej,
- potrafi objaśnić analogie między przewodzeniem ciepła i prądu elektrycznego,
- potrafi wymienić czynniki, od których zależy ilość energii przenoszonej przez falę,
- potrafi opisać transport energii przez fale.

## Światło i jego rola w przyrodzie

### ***Wiadomości wstępne. Zjawisko odbicia i załamania światła***

Uczeń

- potrafi objaśnić, na czym polega zjawisko odbicia światła,
- potrafi sformułować i objaśnić prawo odbicia,
- potrafi wyjaśnić i poprzeć przykładami zjawisko rozpraszania,
- potrafi objaśnić, na czym polega zjawisko załamania światła,
- potrafi zapisać i objaśnić prawo załamania światła i zdefiniować bezwzględny współczynnik załamania,
- potrafi zapisać i objaśnić związek względnego współczynnika załamania światła na granicy dwóch ośrodków z bezwzględnymi współczynnikami załamania tych ośrodków.

### ***Całkowite wewnętrzne odbicie***

Uczeń

- potrafi objaśnić, na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia,
- potrafi wymienić warunki, w których zachodzi całkowite wewnętrzne odbicie,

- potrafi wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.

### **Zwierciadła płaskie. Zwierciadła kuliste**

Uczeń

- potrafi wyjaśnić, co nazywamy zwierciadłem płaskim,
- potrafi wykonać konstrukcję obrazu w zwierciadle płaskim,
- potrafi wymienić cechy obrazu otrzymanego w zwierciadle płaskim,
- potrafi wyjaśnić, co nazywamy zwierciadłem kulistym; wklęsłym i wypukłym,
- potrafi wyjaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna,
- potrafi zapisać i zinterpretować równanie zwierciadła,
- potrafi prawidłowo korzystać z równania zwierciadła,
- potrafi na rysować wykres funkcji  $y(x)$  dla zwierciadła wklęsłego i podać interpretację tego wykresu,
- potrafi zapisać i objaśnić wzór na powiększenie obrazu,
- potrafi wykonać konstrukcje obrazów w zwierciadłach kulistych,
- potrafi wymienić cechy obrazu w każdym przypadku,
- potrafi wymienić i omówić praktyczne zastosowania zwierciadeł.

### **Płytką równoległościenną i pryzmat**

Uczeń

- potrafi opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną, korzystając z prawa załamania,
- potrafi przedstawić praktyczny przykład przechodzenia światła przez płytkę równoległościenną,
- potrafi opisać przejście światła przez pryzmat, korzystając z prawa załamania,
- potrafi podać możliwości praktycznego wykorzystania odchylenia światła przez pryzmat.

### **Soczewki**

Uczeń



- potrafi opisać rodzaje soczewek,
- potrafi objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna,
- potrafi zapisać wzór informujący od czego zależy ogniskowa soczewki i poprawnie go zinterpretować,
- wie, co nazywamy zdolnością skupiającą soczewki,
- potrafi obliczać zdolność skupiającą soczewki,
- potrafi obliczać zdolność skupiającą układów cienkich, stykających się soczewek.

### ***Obrazy w soczewkach***

Uczeń

- potrafi sporządzać konstrukcje obrazów w soczewkach,
- potrafi wymienić cechy obrazu w każdym przypadku,
- potrafi zapisać i zinterpretować równanie soczewki,
- potrafi wykorzystywać równanie soczewki do rozwiązywania problemów.

### ***Przyrządy optyczne***

Uczeń

- potrafi objaśnić działanie oka, jako przyrządu optycznego,
- potrafi wyjaśnić, na czym polegają wady krótko- i dalekowzroczności oraz zna sposoby ich korygowania,
- potrafi objaśnić zasadę działania lupy,
- potrafi zinterpretować wzór na powiększenie obrazu oglądanego przez lupę,
- wie, że do uzyskiwania dużych powiększeń służy mikroskop,
- potrafi opisać budowę i zasadę działania mikroskopu jako układu obiektywu i okularu,
- potrafi zinterpretować przybliżony wzór na powiększenie uzyskiwane w mikroskopie,
- potrafi rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe, związane z praktycznym wykorzystywaniem soczewek.

### **Rozszczepienie światła białego w pryzmacie**

Uczeń

- wie, że w ośrodku materialnym (czyli poza próżnią) światło o różnych barwach (częstotliwościach) rozchodzi się z różnymi szybkościami,
- potrafi uzasadnić, że światło o różnych barwach ma w danym ośrodku inny współczynnik załamania,
- potrafi objaśnić zjawisko rozszczepienia światła białego jako skutek zależności współczynnika załamania od barwy światła,
- wie, że przy przejściu z jednego ośrodka do drugiego częstotliwość światła nie ulega zmianie,
- potrafi uzasadnić zmianę długości fali przy przejściu światła z jednego ośrodka do drugiego,
- potrafi wyjaśnić powstawanie barw przedmiotów w świetle odbitym i barw ciał przezroczystych.

### **Korpuskularno-falowa natura światła, zjawiska kwantowe. Dyfrakcja i interferencja światła**

Uczeń

- potrafi wyjaśnić, na czym polegają zjawiska dyfrakcji i interferencji światła,
- wie, co to jest siatka dyfrakcyjna,
- potrafi wyjaśnić obraz otrzymany na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i białego,
- potrafi zapisać wzór wyrażający zależność położenia prążka n-tego rzędu od długości fali i odległości między szczelinami i potrafi go zinterpretować.

### **Zjawisko polaryzacji światła**

Uczeń

- potrafi objaśnić zjawisko polaryzacji światła (jakościowo),
- potrafi wymienić sposoby polaryzowania światła,
- potrafi podać przykłady praktycznego wykorzystywania zjawiska polaryzacji.

### **Zjawisko fotoelektryczne. Kwantowy model światła**

Uczeń

- potrafi wyjaśnić, na czym polega zjawisko fotoelektryczne,

- potrafi objaśnić zasadę działania fotokomórki,
- wie, od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów,
- wie, od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych w jednostce czasu,
- wie, że wymienionych faktów doświadczalnych nie można wytłumaczyć, posługując się falową teorią światła,
- wie, że pojęcie kwantu energii wprowadził do fizyki Planck,
- wie, że wyjaśnienie efektu fotoelektrycznego podał Einstein,
- potrafi wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła,
- potrafi zapisać i zinterpretować wzór na energię kwantu,
- wie, co to jest praca wyjścia elektronu z metalu,
- potrafi sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia  $W$ ,
- potrafi napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów,
- potrafi na rysować i objaśnić wykres zależności energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości dla kilku metali.

### ***Model Bohra budowy atomu wodoru***

Uczeń

- wie, jakie ciała wysyłają promieniowanie o widmie ciągłym,
- wie, że pierwiastki w stanie gazowym, pobudzone do świecenia wysyłają widmo liniowe (dyskretne),
- potrafi wyjaśnić, dlaczego nie można było wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej,
- potrafi wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem "rewolucyjnym",
- potrafi sformułować i zapisać postulaty Bohra (wie, że promienie dozwolonych orbit i energia elektronu w atomie wodoru są skwantowane),
- wie, że całkowita energia elektronu w atomie wodoru jest ujemna,
- potrafi obliczyć całkowitą energię elektronu w atomie wodoru,
- wie, co to znaczy, że atom jest w stanie podstawowym,
- wie, co to znaczy, że atom jest w stanie wzbudzonym,
- potrafi wykazać zgodność wzoru Balmera z modelem Bohra budowy atomu wodoru,
- potrafi wyjaśnić, jak powstają serie widmowe, korzystając z modelu Bohra atomu wodoru,

- potrafi zamienić energię wyrażoną w dżulach na energię wyrażoną w elektronowoltach,
- wie, że model Bohra został zastąpiony przez nową teorię - mechanikę kwantową,
- wie, że model Bohra jest do dziś wykorzystywany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych wyników doświadczalnych, gdyż stanowi dobre przybliżenie wyników uzyskiwanych na gruncie mechaniki kwantowej.

### ***Analiza spektralna***

Uczeń

- wie, że każdy pierwiastek w stanie gazowym po budzonym do świecenia wysyła charakterystyczne dla siebie widmo liniowe.
- wie, na czym polega analiza spektralna,
- wie, że spektroskop służy do badania widm,
- wie, co to są widma absorpcyjne i emisyjne,
- wie, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym,

### ***Laser i jego zastosowania***

Uczeń

- wie, czym różni się światło laserowe od światła wysyłanego przez inne Źródła,
- potrafi wymienić zastosowania lasera.

### ***Właściwości optyczne ciał***

Uczeń

- wie, dla czego fala elektromagnetyczna nie może się rozchodzić (jest pochłaniana) w przewodnikach,
- potrafi wyjaśnić, dlaczego tylko niektóre ciała są przezroczyste,
- potrafi wymienić niektóre zastosowania ciekłych kryształów.

## **Fizyka jądrowa i jej zastosowanie**

## **Promieniotwórczość naturalna. Jądro atomu i jego budowa**

Uczeń

- wie, że niektóre pierwiastki samorzutnie emitują promieniowanie zwane promieniowaniem jądrowym,
- potrafi wymienić rodzaje tego promieniowania i podać ich główne właściwości,
- potrafi opisać historyczne doświadczenie Rutherforda i płynące z niego wnioski,
- wie, z jakich składników zbudowane jest jądro atomowe,
- potrafi opisać jądro pierwiastka za pomocą liczby porządkowej (atomowej) i masowej,
- potrafi opisać cząstki elementarne, uwzględniając ich masę i ładunek,
- wie, że między składnikami jądra działają krótkozasięgowe siły jądrowe,
- potrafi objaśnić przyczynę rozpadania się ciężkich jąder,
- wie, że jądro, podobnie jak atom, może się znajdować w różnych stanach energetycznych a przechodzenie ze stanu wzbudzonego do podstawowego wiąże się z emisją promieniowania g.

## **Izotopy i prawo rozpadu**

Uczeń

- potrafi wyjaśnić, czym różnią się między sobą izotopy danego pierwiastka,
- potrafi wyjaśnić, na czym polega rozpad,
- potrafi zapisać ogólne schematy rozpadów  $\alpha$  i  $\beta$  oraz objaśnić je, posługując się regułami przesunięć Soddy'ego i Fajansa,
- potrafi zapisać i objaśnić prawo rozpadu promieniotwórczego,
- potrafi objaśnić pojęcia: stała rozpadu i czas połowicznego rozpadu,
- potrafi zinterpretować wykres zależności  $N(t)$ , liczby jąder danego izotopu w próbce, od czasu,
- potrafi skorzystać, w razie potrzeby, ze związku między stałą rozpadu i czasem połowicznego rozpadu,
- potrafi objaśnić metodę datowania za pomocą izotopu  $^{14}\text{C}$ .

## **Deficyt masy w fizyce jądrowej**

Uczeń

- potrafi wyjaśnić pojęcia deficytu masy i energii wiązania w fizyce jądrowej, wykorzystując wiedzę na temat energii wiązania układów,
- wie, że energie wiązania jąder są znacznie większe od energii wiązania innych układów,
- potrafi zinterpretować "najważniejszy wykres świata" tzn. wykres zależności energii wiązania przypadającej na jeden nukleon w jądrze, od liczby nukleonów w nim zawartych,
- wie, że rozumienie faktów ilustrowanych przez ten wykres jest konieczne do wyjaśnienia pochodzenia energii jądrowej.

### **Reakcje jądrowe**

Uczeń

- wie, że przemiany jąder, następujące w wyniku zderzeń nazywamy reakcjami jądrowymi,
- potrafi za pisać reakcję jądrową, uwzględniając zasadę zachowania ładunku i liczby nukleonów,
- potrafi wyjaśnić, dlaczego może nie dojść do zderzenia cząstki naładowanej (lub jądra) z innym jądrem,
- potrafi obliczyć najmniejszą odległość, na którą zbliży się dodatnio naładowana cząstka do jądra atomu.

### **Reakcje rozszczepienia. Bilans energii**

Uczeń

- potrafi wyjaśnić, na czym polega reakcja rozszczepienia jądra,
- potrafi sporządzić bilans energii w reakcji rozszczepienia,
- potrafi wyjaśnić, jaką reakcję nazywamy egzoenergetyczną a jaką endoenergetyczną,
- potrafi wyjaśnić, co to znaczy, że reakcja jest łańcuchowa.

### **Źródła energii słonecznej. Skład i stan materii gwiazdowej. Procesy zachodzące na Słońcu**

Uczeń

- wie, że z badań widma słonecznego wynika, iż wodór jest głównym składnikiem materii słonecznej,
- potrafi wyjaśnić, co to znaczy, że materia słoneczna jest w stanie plazmy,
- potrafi wyjaśnić, na czym polega reakcja fuzji jądrowej, czyli reakcja termojądrowa i rozumie, dlaczego warunkiem jej zachodzenia jest wysoka temperatura,
- potrafi wyjaśnić, skąd pochodzi energia wyzwolana w reakcjach termojądrowych,

- wie, jakie cząstki nazywamy pozytonami,
- potrafi objaśnić, na czym polega zjawisko anihilacji.

***Energetyka jądrowa. Reaktory a broń jądrowa. Kontrolowana reakcja rozszczepienia. Reaktory. Reakcja niekontrolowana. Bomba atomowa. Bomba wodorowa. Perspektywy fuzji kontrolowanej***

Uczeń

- potrafi opisać budowę i zasadę działania reaktora jądrowego,
- potrafi wymienić główne zalety i zagrożenia związane z wykorzystaniem energii jądrowej do celów pokojowych,
- wie, że bomba atomowa to urządzenie, w którym zachodzi niekontrolowana reakcja łańcuchowa,
- wie, że bomba wodorowa to urządzenie, w którym zachodzi gwałtowna fuzja jądrowa,
- wie, że dotąd nie udało się zbudować urządzenia do pokojowego wykorzystania fuzji jądrowej.

***Promieniotwórczość, jej zastosowania i zagrożenia. Wpływ promieniowania na tkankę biologiczną. Zastosowania medyczne***

Uczeń

- wie, że promieniowanie jądrowe niszczy komórki żywe i powoduje zmiany genetyczne,
- potrafi podać przykłady wykorzystania promieniowania jądrowego w diagnostyce i terapii medycznej.

## **Podsumowanie wiadomości o oddziaływaniach w przyrodzie**

Uczeń

- potrafi wymienić i opisać wszystkie rodzaje poznanych oddziaływań,
- potrafi zilustrować każdy rodzaj oddziaływań przykładem zjawiska, w którym to oddziaływanie odgrywa istotną rolę,
- wie, że o oddziaływaniach świadczą ich skutki,
- wie, że skutki oddziaływań mogą być statyczne i dynamiczne,
- potrafi podać przykłady skutków statycznych i dynamicznych różnych oddziaływań,
- wie, że oddziaływania grawitacyjne między naładowanymi cząstkami mikro -świata, np. elektronami, są pomijalnie małe w porównaniu z oddziaływaniami elektrostatycznymi,

- wie, że oddziaływania elektromagnetyczne to oddziaływania między poruszającymi się cząstkami naładowanymi (m.in. wiązania chemiczne),
- wie, że siły sprężystości, siły tarcia oraz siły hamujące ruch ciał stałych w cieczach wynikają z oddziaływań elektromagnetycznych między cząsteczkami ciał,
- dostrzega analogie i różnice oddziaływań grawitacyjnych i elektrostatycznych.

## Budowa i ewolucja wszechświata

***Cząstki elementarne a historia Wszech świata. Skład materii stabilnej i cząstki nietrwałe. Skład materii w wysokich temperaturach, przemiany i równowaga***

Uczeń

- potrafi wyjaśnić pojęcie elementarności cząstki,
- potrafi wyjaśnić pojęcie stabilności cząstki,
- wie, że wszystkie cząstki o niezerowej masie dzielimy na hadrony i leptony, potrafi podać przykłady,
- wie, że hadrony składają się z kwarków,
- potrafi wyjaśnić, dlaczego hadronów nie można rozłożyć na pojedyncze kwarki,
- wie, jak zbudowana jest plazma i w jakich warunkach można ją uzyskać,
- wie, co to jest i w jakich warunkach występuje plazma kwarkowo-gluonowa,
- potrafi wyjaśnić zmiany stanu materii przy wzroście temperatury.

## ***Obserwacyjne podstawy kosmologii***

Uczeń

- potrafi podać definicję parseka,
- potrafi wyjaśnić sposób obliczania odległości gwiazdy za pomocą pomiaru paralaksy,
- wie, że zmiany jasności cefeid wykorzystuje się do obliczania odległości tych gwiazd,
- potrafi podać kilka kolejnych obiektów w hierarchii Wszechświata,
- wie, że pierwszą planetę pozasłoneczną odkrył Aleksander Wolszczan.



## **Rozszerzający się Wszechświat**

Uczeń

- potrafi wymienić obserwacje, jakie doprowadziły do odkrycia prawa Hubble'a,
- potrafi zapisać i zinterpretować prawo Hubble'a,
- potrafi objaśnić, jak na podstawie prawa Hubble'a można obliczyć odległości galaktyk od Ziemi,
- potrafi objaśnić, jak na podstawie prawa Hubble'a wnioskujemy, że galaktyki oddalają się od siebie,
- potrafi wymienić argumenty na rzecz idei rozszerzającego się i stygnącego Wszechświata.

## **Promieniowanie tła jako relikty czasów przed powstaniem atomów**

Uczeń

- wie, że odkryto promieniowanie elektromagnetyczne, zwane promieniowaniem relikowym, które potwierdza teorię rozszerzającego się Wszechświata,
- potrafi objaśnić, dlaczego odkrycie promieniowania relikowego potwierdza teorię rozszerzającego się Wszechświata.

## **Szybkość rozszerzania się Wszechświata i gęstość materii. Ciemna materia. Wszechświat zamknięty czy otwarty?**

Uczeń

- wie, że o szybkości rozszerzania się Wszechświata decyduje gęstość materii,
- potrafi objaśnić, w jaki sposób losy Wszechświata zależą od gęstości materii,
- wie, jaka jest szacunkowa gęstość Wszechświata widocznego w porównaniu z gęstością krytyczną,
- wie o istnieniu ciemnej materii,
- potrafi opisać metodę Bohdana Paczyńskiego znajdowania obiektów ciemnej materii,
- potrafi omówić znaczenie odkrycia niezerowej masy neutrina dla oceny ilości ciemnej materii,
- potrafi podać inne hipotezy związane z istnieniem ciemnej materii,
- wie, że rozszerzający się Wszechświat jest efektem Wielkiego Wybuchu,
- potrafi podać hipotezy dotyczące przeszłości i przyszłości Wszechświata.

## **Modele powstawania galaktyk i ich układów. Ewolucja gwiazd**

Uczeń

- potrafi wymienić procesy fizyczne, które do prowadziły do powstania galaktyk i ich gromad.

## **Jedność mikro- i makroświata**

### ***Fale materii. Dowody eksperymentalne falowych cech cząstek. Dualizm korpuskularno-falowy. Kwantowy opis ruchu cząstek***

Uczeń

- wie, że klasyczne prawa fizyki nie stosują się do mikroświata, ale do świata dostępnego naszym zmysłom stanowią wystarczające przybliżenie praw fizyki kwantowej,
- wie, że prawa fizyki kwantowej w chwili obecnej najlepiej opisują funkcjonowanie całego Wszechświata.

### ***Zjawiska interferencyjne w rozpraszaniu cząstek***

Uczeń

- potrafi podać hipotezę de Broglie'a fal materii,
- potrafi uzasadnić, dlaczego dla ciał makroskopowych nie obserwujemy zjawisk falowych,
- potrafi uzasadnić, dlaczego dla cząstek elementarnych powinno się obserwować zjawiska falowe,
- potrafi opisać ideę doświadczenia, potwierdzającego hipotezę de Broglie'a,
- potrafi opisać, jak wykorzystuje się własności falowe cząstek do badania struktury kryształów.

### ***Pomiar makroskopowy w fizyce a pomiary w mikroświecie kwantowym. Niepewności pomiarowe a zasada nieoznaczoności. Wpływ pomiaru w mikroświecie na stan obiektu. Fizyka makroskopowa jako granica fizyki układów kwantowych***

Uczeń

- wie, że dokonywanie pomiaru w makroświecie nie wpływa na stan obiektu,
- potrafi podać przykłady braku wpływu pomiaru w makroświecie na stan obiektu,
- wie, że pomiar w mikroświecie wpływa na stan obiektu,

- potrafi podać przykład wpływu pomiaru w mikroświecie na stan obiektu,
- potrafi uzasadnić wpływ długości fali odpowiadającej cząstce rozproszonej na obiekcie mikroskopowym na możliwość określenia położenia i pędu tego obiektu,
- potrafi sformułować i zinterpretować zasadę (relację) nieoznaczoności Heisenberga,
- wie, jak fizycy sprawdzają, czy dla danego zjawiska opis klasyczny jest wystarczający,
- na podstawie przykładów potrafi uzasadnić, że opis kwantowy jest istotny dla pojedynczych obiektów mikroskopowych a pomijalny dla układów składających się z wielkiej liczby tych obiektów,