Wymagania na
maturę z fizyki rozszerzonej
w roku 2023 i 2024

Co wypadło z wymagań/podstawy programowej

Opracowano na podstawie podstawy programowej (Formuła 2023)

https://cke.gov.pl/images/_EGZAMIN_MATURALNY_OD_2015/Formula_2023/podstawa_programowa/fizyka.pdf

oraz Aneksu

https://cke.gov.pl/images/_EGZAMIN_MATURALNY_OD_2023/Informatory/2023/Aneks_2023_2024_fizyka_EM_F23.pdf

dr Małgorzata Wawrzyniak-Adamczewska
Poznań, 7 września 2022 roku

UWAGA!

→ tematyka, która została wykluczona jest oznaczona **różowym** tłem

→ dodatkowe zmiany w aneksie w porównaniu z podstawą programową oznaczone są tłem **zielonym**

→ Na maturze z fizyki rozszerzonej **obowiązują** wymagania **z zakresu podstawowego oraz rozszerzonego** podstawy!

Zakres podstawowy - wymagania szczegółowe

Cele kształcenia – wymagania ogólne

I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

Wymagania przekrojowe. Uczeń:

1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności I podwielokrotności;
2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;
3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik;
4) przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem;
5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne;
6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla

zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi;
7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;
8) rozpoznaje zależność rosnącą bądź ma lejącą na podstawie danych z tabeli lub na podstawie wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie wykresu;
9) dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; interpretuje nachylenie tej prostej i punkty przecięcia z osiami;
10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia, korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;
11) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń;
12) wyznacza średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzanego;
13) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności;
14) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;
15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;
16) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii;
17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki

Mechanika. Uczeń/Zdający:

1) rozróżnia pojęcia: położenie, tor i droga;
2) posługuje się do opisu ruchów wielkościami wektorowymi: przemieszczenie, prędkość i przyspieszenie wraz z ich jednostkami;
3) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości oraz drogi od czasu;

4) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami okresu, częstotliwości i prędkości liniowej wraz z ich jednostkami;
5) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie;
6) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;
7) rozróżnia opory ruchu (opory ośrodka i tarcie); omawia rolę tarcia na wybranych przykładach;
8) wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu;
9) rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne; posługuje się pojęciem siły bezwładności;
10) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń;
11) doświadczalnie:
a) demonstruje działanie siły bezwładności, m.in: na przykładzie pojazdów gwałtownie hamujących,
b) bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu

Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał;
2) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej; oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi;
3) opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia oraz podaje warunki i przykłady jego występowania;
4) opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej i roku świetlnego;
5) opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk).

Drgania. Uczeń/Zdający:

1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką;
2) analizuje ruch drgający pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy oraz okresu drgań; podaje przykłady takiego ruchu;
3) analizuje przemiany energii w ruchu drgającym;
4) opisuje drgania wymuszone i drgania słabo tłumione; ilustruje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;
5) doświadczalnie:
a) demonstruje niezależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od amplitudy;
b) bada zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od jego masy;
c) demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego.

Termodynamika. Uczeń/Zdający:

1) opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy;
2) odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy;
3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;
4) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego;
5) posługuje się pojęciem wartości energetycznej paliw i żywności;
6) wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi;
7) opisuje zjawisko dyfuzji jako skutek chaotycznego ruchu cząsteczek;
8) doświadczalnie:
a) wyznacza ciepło właściwe metalu, posługując się bilansem cieplnym,

b) demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych

Elektrostatyka. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się zasadą zachowania ładunku;
2) oblicza wartość siły wzajemnego odziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba;
3) posługuje się pojęciem pola elektrycznego; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; opisuje pole jednorodne;
4) opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach i znikanie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya);
5) opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne oraz jako urządzenie magazynujące energię;
6) doświadczalnie:
a) ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,
b) demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora
(np.: lampa błyskowa, przeskok iskry)

Prąd elektryczny. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego oraz mocy wraz z ich jednostkami;
2) rozróżnia metale i półprzewodniki; omawia zależność oporu od temperatury dla metali i półprzewodników;
3) stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma);
4) stosuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku;
5) opisuje sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego; wyjaśnia funkcję bezpieczników różnicowych i przewodu uziemiającego;
6) wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń;
7) opisuje zasadę dodawania napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo i jej

związek z zasadą zachowania energii;
8) opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku oraz jako źródła światła;
9) opisuje tranzystor jako trójelektrodowy, półprzewodnikowy element wzmacniający sygnały elektryczne;
10) doświadczalnie:
a) demonstruje I prawo Kirchhoffa,
b) bada dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo,
c) demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródło światła.

Magnetyzm. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica);
2) opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki z prądem i poruszające się cząstki naładowane; omawia rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym;
3) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jej związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy lub zmianą natężenia prądu w elektromagnesie; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy;
4) opisuje cechy prądu przemiennego;
5) opisuje zasadę działania transformatora oraz podaje przykłady jego zastosowania;
6) doświadczalnie:
a) ilustruje układ linii pola magnetycznego,
b) demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie

Fale i optyka. Uczeń/Zdający:

1) opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych;
2) opisuje jakościowo dyfrakcję fali na szczelinie;
3) stosuje zasadę superpozycji fal; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal; opisuje zjawisko interferencji fal i przestrzenny obraz interferencji;
4) analizuje efekt Dopplera dla fal w przypadku, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala; podaje przykłady występowania tego zjawiska;
5) opisuje zjawiska jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia;
6) rozróżnia fale poprzeczne i podłużne; opisuje światło jako falę elektromagnetyczną; opisuje polaryzację światła wynikającą z poprzecznego charakteru fali;
7) opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal o różnych częstotliwościach;
8) opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie;
9) doświadczalnie:
a) obserwuje wygaszanie światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione prostopadle,
b) demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku.

Fizyka atomowa. Uczeń/Zdający:

1) analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury;
2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; wyjaśnia pojęcie fotonu oraz jego energii;
3) opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów;
4) interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu;
5) opisuje zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej

Fizyka jądrowa. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się pojęciami: pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron do opisu składu materii; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej;
2) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku;
3) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta;
4) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje powstawanie promieniowania gamma;
5) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu;
6) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciami energii wiązania i deficytu masy; oblicza te wielkości dla dowolnego izotopu;
7) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe;
8) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;
9) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu 235U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
10) opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej;
11) opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach;
12) opisuje elementy ewolucji gwiazd; omawia supernowe i czarne dziury.

Zakres rozszerzony - wymagania szczegółowe

Cele kształcenia – wymagania ogólne

I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

Wymagania przekrojowe. Uczeń:

1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności I podwielokrotności;
2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;
3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik;
4) przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem;
5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);
6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla

zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi;
7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;
8) rozpoznaje zależność rosnącą bądź malejącą na podstawie danych z tabeli lub na podstawie wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie wykresu;
9) dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; interpretuje nachylenie tej prostej i punkty przecięcia z osiami;
10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia, korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji;
11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;
12) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń;
13) rozróżnia błędy przypadkowe i systematyczne;
14) wyznacza średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzanego;
15) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych i złożonych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności; uwzględnia niepewności podczas sporządzania wykresów;
16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;
17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki;
18) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii;
19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;
20) tworzy modele fizyczne lub matematyczne wybranych zjawisk i opisuje ich założenia; ilustruje prawa i zależności fizyczne z wykorzystaniem tych założeń.

Mechanika. Uczeń/Zdający:

1) opisuje ruch względem różnych układów odniesienia;
2) rozróżnia pojęcia położenie, tor i droga;
3) opisuje ruchy postępowe, posługując się wielkościami wektorowymi: przemieszczeniem, prędkością i przyspieszeniem wraz z ich jednostkami;
4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości
i przyspieszenia oraz drogi od czasu;
5) sporządza i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;
6) wyznacza położenie, wartość prędkości, wartość przyspieszenia
i drogę w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w postaci tabel i wykresów;
7) opisuje ruchy złożone jako sumę ruchów prostych; analizuje rzut poziomy jako przykład ruchu dwuwymiarowego;
8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej oraz przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami;
9) stosuje do obliczeń związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym;
10) wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu;
11) opisuje ruch niejednostajny po okręgu;
12) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie;
13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;
14) posługuje się pojęciem pędu i jego jednostką; interpretuje II zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu i popędem siły;
15) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał;
16) rozróżnia i analizuje zderzenia sprężyste i niesprężyste;
17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na

wybranych przykładach;
18) rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne; omawia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych; posługuje się pojęciem siły bezwładności;
19) stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza);
20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń;
21) posługuje się pojęciem sprawności urządzeń mechanicznych;
22) interpretuje pole pod wykresem zależności siły od drogi i pole pod wykresem zależności mocy od czasu jako wykonaną pracę;
23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej;
24) posługuje się pojęciem ciśnienia hydrostatycznego i stosuje je do obliczeń; analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych;
25) stosuje do obliczeń prawo Archimedesa i objaśnia warunki pływania ciał;
26) doświadczalnie:
a) demonstruje działanie siły bezwładności, m.in: na przykładzie pojazdów gwałtownie hamujących,
b) bada zderzenia ciał oraz wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał,korzystając z zasady zachowania pędu,
c) bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu,
d) wyznacza wartość współczynnika tarcia na podstawie analizy ruchu ciała na równi.

Mechanika bryły sztywnej. Uczeń/Zdający:

1) wyznacza położenie środka masy układu ciał;
2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi;
3) stosuje warunki statyki bryły sztywnej; posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką;
4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; posługuje się pojęciami przyspieszenia

kątowego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami;
5) oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy;
6) posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego
i bryły; stosuje do obliczeń związek między momentem pędu
i prędkością kątową;
7) stosuje zasadę zachowania momentu pędu;
8) doświadczalnie:
a) demonstruje zasadę zachowania momentu pędu,
b) bada ruch ciał o różnych momentach bezwładności.

Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał;
2) stosuje do obliczeń związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem;
3) analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców;
4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi;
5) interpretuje III prawo Keplera jako konsekwencję prawa powszechnego ciążenia; stosuje do obliczeń III prawo Keplera dla orbit kołowych;
6) interpretuje II prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu;
7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu orbitalnego; posługuje się pojęciem drugiej prędkości kosmicznej (prędkości ucieczki);
8) opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia oraz podaje warunki i przykłady jego

występowania;
9) opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej, roku świetlnego i parseka;
10) opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk); stosuje do obliczeń prawo Hubble'a

Drgania. Uczeń/Zdający:

1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką;
2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego; podaje przykłady takich ruchów;
3) opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy, częstości kołowej i przesunięcia fazowego; rozróżnia drgania o fazach zgodnych lub przeciwnych;
4) analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym oraz interpretuje wykresy tych zależności;
5) stosuje do obliczeń zależność okresu małych drgań wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie od ich parametrów;
6) oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii;
7) opisuje drgania wymuszone i drgania słabo tłumione; ilustruje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;
8) doświadczalnie:
a) demonstruje niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy,
b) bada zależność okresu drgań od długości wahadła,
c) bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny,
d) demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego,
e) wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

Termodynamika. Uczeń/Zdający:

1) opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy;
2) rozróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy;
3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;
4) opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej;
5) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego;
6) opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych;
7) posługuje się pojęciem wartości energetycznej paliw i żywności;
8) wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi;
9) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów;
10) posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego;
11) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego;
12) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego;
13) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;
14) posługuje się pojęciem ciepła molowego gazu; interpretuje związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego;
15) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych;
16) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych;

17) interpretuje drugą zasadę termodynamiki, podaje przykłady zjawisk odwracalnych i nieodwracalnych;
18) opisuje zjawisko dyfuzji; posługuje się pojęciem fluktuacji, opisuje ruchy Browna;
19) doświadczalnie:
a) demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych,
b) bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym,
c) demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej.

Elektrostatyka. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się zasadą zachowania ładunku;
2) oblicza wartość siły wzajemnego odziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba;
3) posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; interpretuje zagęszczenie linii pola jako miarę natężenia pola; rozróżnia pole centralne i pole jednorodne;
4) analizuje natężenie pola wytwarzanego przez układ ładunków punktowych i oblicza jego wartość;
5) opisuje pole na zewnątrz sferycznie symetrycznego układu ładunków;
6) opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya), duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika;
7) analizuje ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym;
8) analizuje pracę jako zmianę energii potencjalnej podczas przemieszczenia ładunku w polu elektrycznym; posługuje się pojęciem potencjału pola i jego jednostką;
9) oblicza zmianę energii ładunku w polu centralnym i jednorodnym;
10) opisuje ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego;
11) posługuje się pojęciem pojemności kondensatora i jej jednostką; posługuje się zależnością pojemności kondensatora płaskiego od jego wymiarów; oblicza energię zmagazynowaną w kondensatorze;

12) opisuje polaryzację dielektryków w polu zewnętrznym i ich wpływ na pojemność kondensatora; oblicza pojemność kondensatora, uwzględniając stałą dielektryczną;
13) doświadczalnie:
a) ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,
b) demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np.: lampa błyskowa, przeskok iskry).

Prąd elektryczny. Uczeń/Zdający:

1) opisuje przewodnictwo w metalach, elektrolitach i gazach; wyjaśnia procesy jonizacji w gazach, wskazuje rolę promieniowania, wysokiej temperatury i dużego natężenia pola;
2) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego oraz mocy wraz z ich jednostkami;
3) analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką;
4) rozróżnia metale i półprzewodniki. oisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników;
5) stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma);
6) analizuje charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma);
7) posługuje się pojęciami oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej jako cechami źródła;
8) stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule'a-Lenza) z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem;
9) wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń;
10) interpretuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku;
11) opisuje sieć domową jako przykład obwodu rozgałęzionego; wyjaśnia funkcję bezpieczników różnicowych i przewodu uziemiającego;
12) analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i

odbiorników energii (II prawo Kirchhoffa);
13) posługuje się pojęciem oporu zastępczego; oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle;
14) opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie w prostownikach oraz jako źródła światła;
15) opisuje tranzystor jako trójelektrodowy, półprzewodnikowy element wzmacniający sygnały elektryczne;
16) doświadczalnie:
a) demonstruje I prawo Kirchhoffa,
b) bada dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo,
c) demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła,
d) bada charakterystykę prądowo-napięciową żarówki.

Magnetyzm. Uczeń/Zdający:

1) posługuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica);
2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła Lorentza, siła elektrodynamiczna); opisuje rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym;
3) analizuje tor cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym;
4) rysuje siły działające na pętlę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym; na podstawie tego rysunku omawia zasadę działania silnika elektrycznego;
5) stosuje do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika i długiej zwojnicy;
6) analizuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych; posługuje

się definicją ampera;
7) opisuje jakościowo podstawowe właściwości oraz zastosowania ferromagnetyków;
8) oblicza strumień pola magnetycznego przez powierzchnię, stosuje jednostkę strumienia;
9) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej; stosuje regułę Lenza; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy;
10) oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia;
11) opisuje jakościowo zjawisko samoindukcji;
12) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego;
13) opisuje zasadę działania transformatora; przedstawia uproszczony model transformatora, w którym przekładnia napięciowa i przekładnia prądowa zależą tylko od liczb zwojów; opisuje zastosowania transformatorów;
14) opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych;
15) doświadczalnie:
a) ilustruje układ linii pola magnetycznego,
b) demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie.

Fale i optyka. Uczeń/Zdający:

1) analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych;
2) posługuje się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką (W/m2) oraz proporcjonalnością do kwadratu amplitudy;
3) opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła;
4) opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych

częstotliwościach;
5) opisuje światło laserowe jako skolimowaną wiązkę światła monochromatycznego o zgodnej fazie;
6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka; oblicza kąt graniczny;
7) opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia;
8) opisuje jakościowo związek pomiędzy dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny i długością fali;
9) analizuje zdolność rozdzielczą przyrządów optycznych w kontekście zjawiska dyfrakcji;
10) stosuje zasadę superpozycji fal; wyjaśnia zjawisko interferencji fal; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal;
11) analizuje jakościowo zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy;
12) opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami;
13) analizuje efekt Dopplera dla fal w przypadku, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala; podaje przykłady występowania tego zjawiska;
14) rozróżnia fale poprzeczne i podłużne; opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane;
15) opisuje jakościowo zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu;
16) opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje do obliczeń związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali;
17) opisuje jakościowo zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania; stosuje do obliczeń pojęcie zdolności skupiającej wraz z jej jednostką;
18) rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki; stosuje do obliczeń równanie soczewki;
19) opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie: miraże, czerwony kolor zachodzącego słońca, zjawisko Tyndalla;

20) doświadczalnie:

a) obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle,

b) obserwuje zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie,

c) obserwuje zjawisko interferencji fal,

d) demonstruje rozpraszanie światła w ośrodku,

e) wyznacza wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego,

f) bada związek między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu.

Fizyka atomowa. Uczeń/Zdający:

1) analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury;

2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii;

3) opisuje powstawanie promieniowania rentgenowskiego jako promieniowania hamowania; oblicza krótkofalową granicę widma promieniowania rentgenowskiego;

4) rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu;

5) analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widm atomowych wodoru; posługuje się wzorem Rydberga; oblicza różnice energii pomiędzy poziomami energetycznymi w atomie wodoru

6) posługuje się pojęciem pędu fotonu; stosuje zasadę zachowania energii i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji przez swobodne atomy; opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła;

7) opisuje zjawiska jonizacji, fotoelektryczne i fotochemiczne, jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej;

8) opisuje jakościowo obraz dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na kryształach;

9) opisuje zjawiska dyfrakcji oraz interferencji elektronów i innych cząstek; oblicza długość fali de Broglie'a poruszających się cząstek;
10) doświadczalnie: obserwuje widma atomowe za pomocą siatki dyfrakcyjnej

Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa. Uczeń/Zdający:

1) wskazuje niezależność prędkości światła w próżni od prędkości źródła i prędkości obserwatora; opisuje względność równoczesności;
2) posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; posługuje się pojęciem energii spoczynkowej;
3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej;
4) wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu energii i informacji;
5) posługuje się pojęciami: pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej;
6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku;
7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciem energii wiązania;
8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania;
9) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta ($\beta+$, $\beta-$);
10) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje powstawanie promieniowania gamma;
11) opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych;
12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; opisuje zasadę datowania substancji na podstawie węgla 14C;
13) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe;
14) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;

15) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu 235U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
16) opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej;
17) opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach;
18) opisuje elementy ewolucji gwiazd; omawia supernowe i czarne dziury;
19) opisuje kreację lub anihilację par cząstka-antycząstka; stosuje zasady zachowania energii i pędu oraz zasadę zachowania ładunku do analizy kreacji lub anihilacji pary elektron-pozyton.