

**Szczegółowe wymagania edukacyjne niezbędne  
do uzyskania przez uczniów klas z programem nauczania fizyki  
na poziomie rozszerzonym  
poszczególnych śródrocznych i końcoworocznych ocen klasyfikacyjnych**

Nazwa realizowanego programu: Z fizyką w przyszłość - Program nauczania fizyki dla szkół ponadgimnazjalnych  
kończących się maturą, zakres podstawowy.

Autor: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach. Wydawnictwo: WSiP.

Poniżej przedstawiony został podział wymagań na poszczególne oceny szkolne:

ocena dopuszczająca – wymagania konieczne

ocena dostateczna – wymagania podstawowe

ocena dobra – wymagania rozszerzone

ocena bardzo dobra i celująca – wymagania dopełniające

---

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

## VI. CELE OPERACYJNE, CZYLI PLAN WYNIKOWY

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
<b>1. Opis ruchu postępowego</b>				
1	Elementy działań na wektorach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych,</li> <li>• wymienić cechy wektora,</li> <li>• dodać wektory,</li> <li>• odjąć wektor od wektora,</li> <li>• pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę,</li> <li>• rozłożyć wektor na składowe o dowolnych kierunkach,</li> <li>• obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych,</li> <li>• zapisać równanie wektorowe w postaci równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zilustrować przykładem każdą z cech wektora,</li> <li>• mnożyć wektory skalarnie i wektorowo,</li> <li>• odczytać z wykresu cechy wielkości wektorowej.</li> </ul>	
2	Podstawowe pojęcia i wielkości opisujące ruch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podzielić ruchy na postępowe i obrotowe i objaśnić różnice między nimi,</li> <li>• posługiwać się pojęciami: szybkość średnia i chwilowa, droga, położenie, przemieszczenie, prędkość średnia i chwilowa, przyspieszenie średnie i chwilowe,</li> <li>• obliczać szybkość średnią,</li> <li>• narysować wektor położenia ciała w układzie współrzędnych,</li> <li>• narysować wektor przemieszczenia ciała w układzie współrzędnych,</li> <li>• odróżnić zmianę położenia od przebytej drogi,</li> <li>• podać warunki, przy których wartość przemieszczenia jest równa przebytej drodze,</li> <li>• narysować prędkość chwilową jako wektor styczny do toru w każdym jego punkcie,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować: szybkością średnią i chwilową, przemieszczenie, prędkość średnią i chwilową, przyspieszenie średnie i chwilowe,</li> <li>• skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym, opóźnionym i w ruchu krzywoliniowym.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego,</li> <li>• przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych,</li> <li>• rozróżnić jednostki podstawowe wielkości fizycznych i ich pochodne.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym,</li> <li>• zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego.</li> </ul>		
3	Opis ruchu w jednowymiarowym układzie współrzędnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować ruch prostoliniowy jednostajny,</li> <li>• obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym,</li> <li>• sporządzać wykresy <math>s(t)</math> i <math>v(t)</math> oraz odczytywać z wykresu wielkości fizyczne,</li> <li>• obliczyć drogę przebytą w czasie <math>t</math> ruchem jednostajnie przyspieszonym i opóźnionym,</li> <li>• obliczać szybkość chwilową w ruchach jednostajnie przyspieszonych i opóźnionych,</li> <li>• porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchu po linii prostej i stwierdzić, że w przypadku ruchu przyspieszonego wektory <math>\vec{v}</math> i <math>\vec{a}</math> mają zgodne zwroty, a w przypadku ruchu opóźnionego mają przeciwne zwroty.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych,</li> <li>• sporządzać wykresy tych zależności,</li> <li>• objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym (po linii prostej),</li> <li>• wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po linii prostej,</li> <li>• sporządzać wykresy tych zależności,</li> <li>• zinterpretować pole powierzchni odpowiedniej figury na wykresie <math>v_x(t)</math> jako drogę w dowolnym ruchu,</li> <li>• zmieniać układ odniesienia i opisywać ruch z punktu widzenia obserwatorów w każdym z tych układów.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać zadania dotyczące ruchów jednostajnych i jednostajnie zmiennych,</li> <li>• rozwiązywać problemy dotyczące składania ruchów.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4	Opis ruchu w dwuwymiarowym układzie współrzędnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać rzut poziomy, jako ruch złożony ze spadania swobodnego i ruchu jednostajnego w kierunku poziomym,</li> <li>objaśnić wzory opisujące rzut poziomy,</li> <li>wyrazić szybkość liniową przez okres ruchu i częstotliwość,</li> <li>posługiwać się pojęciem szybkości kątowej,</li> <li>wyrazić szybkość kątową przez okres ruchu i częstotliwość,</li> <li>stosować miarę łukową kąta,</li> <li>zapisać związek pomiędzy szybkością liniową i kątową.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać matematycznie rzut poziomy,</li> <li>obliczyć wartość prędkości chwilowej ciała rzuconego poziomo i ustalić jej kierunek,</li> <li>wyprowadzić związek między szybkością liniową i kątową,</li> <li>przekształcać wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego i zapisać różne postacie tego wzoru.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać zadania dotyczące rzutu poziomego,</li> <li>zapropionować i wykonać doświadczenie pokazujące, że czas spadania ciała rzuconego poziomo z pewnej wysokości jest równy czasowi spadania swobodnego z tej wysokości,</li> <li>rozwiązywać problemy dotyczące ruchu jednostajnego po okręgu.</li> </ul>
<b>2. Siła jako przyczyna zmian ruchu</b>				
1	Klasyfikacja poznanych oddziaływań	<ul style="list-style-type: none"> <li>dokonać klasyfikacji oddziaływań na wymagające bezpośredniego kontaktu i oddziaływania „na odległość”,</li> <li>wymienić „wzajemność” jako cechę wszystkich oddziaływań,</li> <li>objaśnić stwierdzenia: „siła jest miarą oddziaływania”, „o zachowaniu ciała decyduje zawsze siła wypadkowa wszystkich sił działających na to ciało”.</li> </ul>		
2	Zasady dynamiki Newtona	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć treść zasad dynamiki,</li> <li>wskazywać źródło siły i przedmiot jej działania,</li> <li>rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stosować poprawnie zasady dynamiki,</li> <li>posługiwać się pojęciem układu inercjalnego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać problemy, stosując zasady dynamiki.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3	Ogólna postać drugiej zasady dynamiki	<ul style="list-style-type: none"> <li>posługiwać się pojęciem pędu,</li> <li>zapisać i objaśnić ogólną postać II zasady dynamiki,</li> <li>wypowiedzieć zasadę zachowania pędu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znajdować graficznie pęd układu ciał,</li> <li>obliczać wartość pędu układu ciał,</li> <li>stosować ogólną postać II zasady dynamiki,</li> <li>objaśnić pojęcie środka masy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znajdować położenie środka masy układu dwóch ciał,</li> <li>stosować zasadę zachowania pędu do rozwiązywania zadań.</li> </ul>
4	Tarcie	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozdzielić pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego,</li> <li>rozdzielić współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego,</li> <li>zapisać wzory na wartości sił tarcia kinetycznego i statycznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego,</li> <li>sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równoległe do stykających się powierzchni dwóch ciał.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać problemy dynamiczne z uwzględnieniem siły tarcia posuwistego.</li> </ul>
5	Siły w ruchu po okręgu	<ul style="list-style-type: none"> <li>sformułować warunek ruchu jednostajnego po okręgu z punktu widzenia obserwatora w układzie inercyjnym (działanie siły dośrodkowej stanowiącej wypadkową wszystkich sił działających na ciało),</li> <li>objaśnić wzór na wartość siły dośrodkowej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stosować zasady dynamiki do opisu ruchu po okręgu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać problemy dynamiczne dotyczące ruchu po okręgu.</li> </ul>
6	Opis ruchu w układach inercyjnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozdzielić układy inercyjne i nieinercyjne,</li> <li>posługiwać się pojęciem siły bezwładności.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisywać przykłady zagadnień dynamicznych w układach nieinercyjnych (siły bezwładności).</li> </ul>	
<b>3. Praca, moc, energia mechaniczna</b>				
1	Iloczyn skalarny dwóch wektorów	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć iloczyn skalarny dwóch wektorów.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować iloczyn skalarny dwóch wektorów</li> <li>podać cechy iloczynu skalarnego.</li> </ul>	
2	Praca i moc	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczać pracę stałej siły,</li> <li>obliczać moc urządzeń.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować pracę stałej siły jako iloczyn skalarny siły i przemieszczenia,</li> <li>obliczać chwilową moc urządzeń.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać sposób obliczania pracy siły zmiennej.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3	Energia mechaniczna. Rodzaje energii mechanicznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczać energię potencjalną ciała w pobliżu Ziemi,</li> <li>• obliczać energię kinetyczną ciała,</li> <li>• wyprowadzić wzór na energię potencjalną ciała w pobliżu Ziemi, korzystając z definicji pracy,</li> <li>• zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną ciała.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić pojęcia: układ ciał, siły wewnętrzne w układzie ciał, siły zewnętrzne dla układu ciał,</li> <li>• sformułować i objaśnić definicję energii potencjalnej układu ciał,</li> <li>• posługiwać się pojęciem siły zachowawczej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na energię kinetyczną,</li> <li>• rozwiązywać zadania, korzystając ze związków:  <math>\Delta E_m = W_z</math>  <math>\Delta E_p = W_{\text{siły zewn. równoważącej siłę wewn.}}</math>  <math>\Delta E_p = -W_w</math>  <math>\Delta E_k = W_{F_{\text{wyp.}}}</math> </li> </ul>
4	Zasada zachowania energii mechanicznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady zjawisk, w których jest spełniona zasada zachowania energii.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić zasadę zachowania energii,</li> <li>• stosować zasadę zachowania energii i pędu do opisu zderzeń,</li> <li>• stosować zasadę zachowania energii do rozwiązywania zadań.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić zasadę zachowania energii dla układu ciał,</li> <li>• rozwiązywać problemy, w których energia mechaniczna ulega zmianie.</li> </ul>
<b>4. Hydrostatyka</b>				
1	Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować ciśnienie,</li> <li>• objaśnić pojęcie ciśnienia hydrostatycznego,</li> <li>• objaśnić prawo Pascala,</li> <li>• objaśnić prawo naczyń połączonych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polega zjawisko paradoksu hydrostatycznego,</li> <li>• objaśnić zasadę działania urządzeń, w których wykorzystano prawo Pascala,</li> <li>• objaśnić sposób wykorzystania prawa naczyń połączonych do wyznaczania gęstości cieczy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać problemy z hydrostatyki.</li> </ul>
2	Prawo Archimedesesa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić prawo Archimedesesa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić warunki pływania ciał.</li> <li>• rozwiązywać zadania, stosując prawa Archimedesesa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić prawo Archimedesesa.</li> </ul>
3	Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skorzystać z prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy.</li> </ul>		

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
<b>5. Pole grawitacyjne</b>				
1	O odkryciach Kopernika Keplera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić założenia teorii heliocentrycznej,</li> <li>• sformułować i objaśnić treść praw Keplera,</li> <li>• opisać ruchy planet Układu Słonecznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zastosować trzecie prawo Keplera do planet Układu Słonecznego i każdego układu satelitów krążących wokół tego samego ciała .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii.</li> </ul>
2	Prawo powszechnej grawitacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować i objaśnić prawo powszechnej grawitacji,</li> <li>• podać przykłady zjawisk, do opisu których stosuje się prawo grawitacji,</li> <li>• na podstawie prawa grawitacji wykazać, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać sens fizyczny stałej grawitacji,</li> <li>• wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i gęstości.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać oddziaływanie grawitacyjne wewnątrz Ziemi,</li> <li>• omówić różnicę między ciężarem ciała a siłą grawitacji,</li> <li>• przedstawić rozumowanie prowadzące od III prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona,</li> <li>• przygotować prezentację na temat roli Newtona w rozwoju nauki.</li> </ul>
3	Pierwsza prędkość kosmiczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić, że satelita tylko wtedy może krążyć wokół Ziemi po orbicie w kształcie okręgu, gdy siła grawitacji stanowi siłę dośrodkową.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej.</li> </ul>
4	Oddziaływania grawitacyjne w Układzie Słonecznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wie, że dla wszystkich planet Układu Słonecznego siła grawitacji słonecznej jest siłą dośrodkową.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczać (szacować) wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie,</li> <li>• porównywać okresy obiegu planet, znając ich średnie odległości od Słońca,</li> <li>• porównywać wartości prędkości ruchu obiegowego planet Układu Słonecznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchylen tego ruchu od wcześniej przewidywanego mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich.</li> </ul>
5	Natężenie pola grawitacyjnego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie pola grawitacyjnego i linii pola,</li> <li>• przedstawić graficznie pole grawitacyjne,</li> <li>• poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: Od czego zależy wartość</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczać wartość natężenia pola grawitacyjnego,</li> <li>• sporządzić wykres zależności <math>\gamma(r)</math> dla <math>r \geq R</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na wartość natężenia pola grawitacyjnego wewnątrz jednorodnej kuli o danej gęstości</li> <li>• sporządzić wykres zależności <math>\gamma(r)</math> dla <math>r &lt; R</math>,</li> <li>• rozwiązywać problemy, stosując ilościowy opis</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		<p>natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne.</li> </ul>		<p>pola grawitacyjnego,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować wypowiedź na temat „natężenie pola grawitacyjnego a przyspieszenie grawitacyjne”.</li> </ul>
6	Praca w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym</li> <li>• objaśnić wzór na pracę siły pola grawitacyjnego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie wykazujące, że dowolne (statyczne) pole grawitacyjne jest polem zachowawczym.</li> </ul>
7	Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpowiedzieć na pytania: Od czego zależy grawitacyjna energia potencjalna ciała w polu centralnym? Jak zmienia się grawitacyjna energia potencjalna ciała podczas zwiększania jego odległości od Ziemi?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym,</li> <li>• poprawnie wypowiedzieć definicję grawitacyjnej energii potencjalnej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem „minus”,</li> <li>• poprawnie sporządzić i zinterpretować wykres zależności <math>E_p(r)</math>,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego w polach niezachowawczych nie operujemy pojęciem energii potencjalnej.</li> </ul>
8	Druga prędkość kosmiczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej,</li> <li>• obliczyć wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej,</li> <li>• opisać ruch ciała w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej mu prędkości.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat ruchu satelitów w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej im prędkości.</li> </ul>
9	Stany przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady występowania stanu przeciążenia, niedociążenia i nieważkości.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować stan przeciążenia, niedociążenia i nieważkości,</li> <li>• opisać (w układzie inercjalnym i nieinercjalnym) zjawiska występujące</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego stan nieważkości może występować tylko w układach nieinercjalnych,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega zasada równoważności,</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
			w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę.	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat wpływu stanów przeciążenia, niedociążenia i nieważkości na organizm człowieka.</li> </ul>
<b>6. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej</b>				
1	Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać przykład wielkości fizycznej, która jest iloczynem wektorowym dwóch wektorów.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać iloczyn wektorowy dwóch wektorów,</li> <li>podać jego cechy (wartość, kierunek, zwrot).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest antyprzemienne.</li> </ul>
2	Ruch obrotowy bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić wielkości opisujące ruch obrotowy,</li> <li>posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe,</li> <li>stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kątowej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować: szybkość kątową średnią i chwilową, prędkość kątową średnią i chwilową, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe,</li> <li>opisać matematycznie ruch obrotowy: jednostajny, jednostajnie przyspieszony, jednostajnie opóźniony,</li> <li>zapisać i objaśnić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego.</li> </ul>
3	Energia kinetyczna bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym,</li> <li>posługiwać się pojęciem momentu bezwładności.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać definicję momentu bezwładności bryły,</li> <li>obliczać momenty bezwładności brył względem ich osi symetrii,</li> <li>obliczać energię kinetyczną bryły obracającej się wokół osi symetrii.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym,</li> <li>stosować twierdzenie Steinera,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego energie kinetyczne bryły obracającej się z taką samą szybkością kątową wokół różnych osi obrotu (równoległych do osi symetrii bryły) są różne.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4	Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunek zmiany stanu ruchu obrotowego bryły sztywnej,</li> <li>• posługiwać się pojęciem momentu siły,</li> <li>• podać treść zasad dynamiki ruchu obrotowego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować moment siły,</li> <li>• obliczać wartości momentów sił działających na bryłę sztywną, znajdować ich kierunek i zwrot,</li> <li>• znajdować wypadkowy moment sił działających na bryłę.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać zadania, stosując zasady dynamiki ruchu obrotowego.</li> </ul>
5	Moment pędu bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciem momentu pędu,</li> <li>• podać treść zasady zachowania momentu pędu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować moment pędu,</li> <li>• obliczać wartość momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii,</li> <li>• zapisać i objaśnić ogólną postać drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać zadania, stosując zasadę zachowania momentu pędu.</li> </ul>
6	Analogie występujące w opisie ruchu postępowego i obrotowego		<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić analogie występujące w dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego.</li> </ul>	
7	Złożenie ruchu postępowego i obrotowego – toczenie		<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać toczenie bez poślizgu jako złożenie ruchu postępowego bryły i jej ruchu obrotowego wokół środka masy,</li> <li>• opisać toczenie jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu,</li> <li>• znajdować prędkość punktów toczącej się bryły jako wypadkową prędkości jej ruchu postępowego i obrotowego wokół środka masy,</li> <li>• obliczać energię kinetyczną toczącej się bryły,</li> <li>• zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły sztywnej.</li> </ul>	

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
<b>Aneks 1 i Aneks 2. Niepewności pomiarowe. Doświadczenia</b>				
Aneks 1 1–5	<p>Wiadomości wstępne</p> <p>Niepewności pomiarów bezpośrednich (prostych)</p> <p>Niepewności pomiarów pośrednich (złożonych)</p> <p>Graficzne przedstawianie wyników pomiarów wraz z ich niepewnościami</p> <p>Dopasowanie prostej do wyników pomiarów</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich (prostych),</li> <li>wymienić przykłady pomiarów pośrednich (złożonych),</li> <li>odróżnić błędy od niepewności,</li> <li>odróżnić błędy grube od błędów systematycznych,</li> <li>wymienić sposoby eliminowania błędów pomiaru,</li> <li>wskazać źródła występowania niepewności pomiarowych,</li> <li>odczytywać wskazania przyrządów pomiarowych,</li> <li>ocenić dokładność przyrządu,</li> <li>przygotować zestaw doświadczalny wg instrukcji,</li> <li>wykonać samodzielnie kolejne czynności,</li> <li>sporządzić tabelę wyników pomiaru,</li> <li>obliczyć wartości średnie wielkości mierzonych,</li> <li>sporządzić odpowiedni układ współrzędnych (podpisać i wyskalować osie, zaznaczyć jednostki wielkości fizycznych),</li> <li>zaznaczyć w układzie współrzędnych punkty wraz z niepewnościami,</li> <li>zapisać wynik pomiaru w postaci <math>x \pm \Delta x</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć niepewność względną pomiaru,</li> <li>oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą najmniej korzystnego przypadku,</li> <li>przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami,</li> <li>dopasować graficznie prostą do punktów pomiarowych i ocenić trafność tego postępowania,</li> <li>odczytać z dopasowanego graficznie wykresu współczynnik kierunkowy prostej,</li> <li>podać przyczyny ewentualnych błędów systematycznych,</li> <li>zaproponować sposób postępowania pozwalający uniknąć błędów systematycznych,</li> <li>oszacować wielkość błędów systematycznych,</li> <li>ocenić krytycznie, czy otrzymany wynik doświadczenia jest realny,</li> <li>samodzielnie sformułować wnioski wynikające z doświadczenia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dopasować prostą do wyników pomiarów,</li> <li>obliczyć współczynnik kierunkowy prostej dopasowanej do punktów pomiarowych,</li> <li>obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru,</li> <li>obliczyć odchylenie standardowe średniej dla każdej serii pomiarów,</li> <li>podać wynik pomiaru w postaci <math>x \pm \Delta x</math>,</li> <li>ocenić, czy niepewność pomiaru jest niepewnością systematyczną,</li> <li>samodzielnie zaproponować metodę wyznaczenia wielkości fizycznej.</li> </ul>
Aneks 2 1–6	<p>Opisujemy rozkład normalny (rozkład Gaussa)</p> <p>Wyznaczamy wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym</p> <p>Badamy ruch po okręgu</p> <p>Wyznaczamy współczynnik tarcia kinetycznego</p> <p>Sprawdzamy drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego</p> <p>Badamy spadanie swobodne; wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego</p>			

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
-----	--------------	-------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
<b>7. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne</b>				
1	Sprężystość jako makroskopowy efekt mikroskopowych oddziaływań elektromagnetycznych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić różnice między odkształceniami sprężystymi i niesprężystymi,</li> <li>• wymienić stany skupienia, w których nie występuje sprężystość postaci.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na przykładzie rozciąganej sprężyny wyjaśnić proporcjonalność prostą <math>x \sim F_s</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić przyczynę występowania sprężystości postaci ciał stałych.</li> </ul>
2	Ruch drgający harmoniczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie,</li> <li>• wymienić i objaśnić pojęcia służące do opisu ruchu drgającego,</li> <li>• podać cechy ruchu harmonicznego,</li> <li>• zapisać i objaśnić związek siły, pod wpływem której odbywa się ruch harmoniczny, z wychyleniem ciała z położenia równowagi,</li> <li>• podać sens fizyczny współczynnika sprężystości dla sprężyny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki, w których ruch drgający jest ruchem harmonicznym.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić, że ruch drgający harmoniczny jest ruchem niejednostajnie zmiennym.</li> </ul>
3	Matematyczny opis ruchu harmonicznego – Współrzędne: położenia, prędkości i przyspieszenia w ruchu harmonicznym – Okres drgań w ruchu harmonicznym – Energia w ruchu harmonicznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić i omówić wykresy: <math>x(t)</math>, <math>v_x(t)</math>, <math>a_x(t)</math>,</li> <li>• omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym dzięki rozłożeniu ruchu punktu materialnego po okręgu na dwie składowe,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie fazy drgań,</li> <li>• podać i objaśnić wzór na okres drgań harmonicznym,</li> <li>• podać wzory na energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i energię całkowitą ciała drgającego,</li> <li>• sporządzić wykresy zależności: <math>E_p(t)</math>,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie fazy początkowej i zapisać związki <math>x(t)</math>, <math>v_x(t)</math>, <math>a_x(t)</math> i <math>F_x(t)</math> z użyciem tego pojęcia,</li> <li>• wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym,</li> <li>• wyprowadzić wzory na energię potencjalną sprężystości i energię kinetyczną ciała drgającego,</li> <li>• udowodnić, że całkowita energia mechaniczna ciała wykonującego ruch harmoniczny jest stała,</li> <li>• rozwiązywać zadania z wykorzystaniem matematycznego</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
			$E_k(t)$ , $E_c(t)$ , $E_p(x)$ i $E_k(x)$ .	opisu ruchu drgającego.
4	Wahadło matematyczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać definicję wahadła matematycznego,</li> <li>opisać sposób wykorzystania wahadła matematycznego do wyznaczenia przyspieszenia ziemskiego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,</li> <li>wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła matematycznego jest ruchem harmonicznym.</li> </ul>
5	Drgania wymuszone i rezonansowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu mechanicznego,</li> <li>zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzorem i objaśnić pojęcie częstotliwości drgań własnych,</li> <li>wyjaśnić powstawanie drgań wymuszonych.</li> </ul>	
6	Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, na czym polega rozchodzenie się fali mechanicznej,</li> <li>wyjaśnić różnicę między falą poprzeczną i falą podłużną,</li> <li>podać przykłady ośrodków, w których rozchodzą się fale poprzeczne oraz ośrodków, w których rozchodzą się fale podłużne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić fakt, że fala podłużna może się rozchodzić w każdym ośrodku, a fala poprzeczna tylko w ciałach stałych i na powierzchni cieczy,</li> <li>podać definicję fali harmonicznej.</li> </ul>	
7	Wielkości charakteryzujące fale	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić i objaśnić wielkości charakteryzujące fale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stosować w obliczeniach związek między długością fali, częstotliwością, okresem i szybkością rozchodzenia się fali.</li> </ul>	
8	Funkcja falowa fali płaskiej	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić (posługując się funkcją falową) fakt, że wychylenie cząstki ośrodka biorącej udział w ruchu falowym zależy od jej położenia (<math>x</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać wzór na wychylenie cząstki biorącej udział w ruchu falowym (funkcję falową) i objaśnić go,</li> <li>wyjaśnić, co nazywamy fazą fali,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zbadać zależność <math>y(x)</math> – wychylenia cząstki od jej odległości od źródła w ustalonej chwili,</li> <li>zbadać zależność <math>y(t)</math> – wychylenia</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		i od czasu ( $t$ ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykazać, że energia transportowana przez falę jest wprost proporcjonalna do kwadratu amplitudy tej fali.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>od czasu dla wybranej cząstki biorącej udział w ruchu falowym, stosować funkcję falową do obliczania długości fali.</li> </ul>
9	Badanie zależności $y(x)$ dla interferujących fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać zasadę superpozycji fal,</li> <li>wyjaśnić pojęcie przesunięcia fazowego,</li> <li>przedstawić na wykresach wynik interferencji fal przesuniętych w fazie o: <math>\phi_0 = 0^\circ</math>, <math>0^\circ &lt; \phi_0 &lt; 180^\circ</math>, <math>\phi_0 = 180^\circ</math>,</li> <li>podać warunek, przy którym w wyniku interferencji dwóch fal powstaje fala stojąca,</li> <li>opisać falę stojącą (strzałki, węzły).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analizować i wyjaśniać wynik interferencji fal o częstotliwościach <math>\nu_1</math> i <math>\nu_2 = 2\nu_1</math> oraz <math>\nu_1</math> i <math>\nu_2 = 3\nu_1</math>,</li> <li>wyjaśnić pojęcia częstotliwości podstawowej i wyższych harmonicznych,</li> <li>zinterpretować graficznie amplitudę fali w funkcji falowej opisującej falę stojącą,</li> <li>obliczyć odległość między sąsiednimi węzłami lub strzałkami fali stojącej,</li> <li>opisać fale stojące w strunach.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dokonać matematycznie superpozycji dwóch fal przesuniętych w fazie o <math>\phi_0</math> i zinterpretować otrzymaną funkcję falową,</li> <li>dokonać matematycznie superpozycji dwóch fal, w wyniku której powstaje fala stojąca i zinterpretować otrzymaną funkcję falową,</li> <li>rozwiązywać zadania dotyczące fal stojących.</li> </ul>
10	Badanie zależności $y(t)$ dla interferujących fal wysyłanych przez identyczne źródła	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać treść zasady Huygensa,</li> <li>opisać zjawisko dyfrakcji,</li> <li>zdefiniować źródła spójne (źródła fal spójnych),</li> <li>podać warunki wzmocnienia fali i jej wygaszenia w przypadku interferencji fal wysyłanych przez identyczne źródła.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać warunek, przy którym następuje silne ugięcie fali oraz warunek, przy którym zjawisko ugięcia można pominąć,</li> <li>na podstawie funkcji falowej fali powstałej wskutek interferencji dwóch fal wysyłanych przez identyczne źródła uzasadnić fakt, że wynik interferencji w danym punkcie nie zmienia się z czasem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dokonać matematycznie interferencji fal harmonicznnych wysyłanych przez identyczne źródła i wyprowadzić wzory opisujące warunek wzmocnienia fali i warunek wygaszenia fali,</li> <li>rozwiązywać zadania z wykorzystaniem warunków wzmocnienia i wygaszenia fal.</li> </ul>
11	Fale akustyczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać cechy fal akustycznych,</li> <li>podać przykłady szybkości rozchodzenia się fal akustycznych (w powietrzu, wodzie, żelazie).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać różnice między tonami, dźwiękami i szumami.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać zakres natężenia fal akustycznych rejestrowanych przez mózg ludzki.</li> </ul>

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
12	Zjawisko Dopplera	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać zjawisko Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać zjawisko Dopplera w dowolnym przypadku względnego ruchu źródła dźwięku i obserwatora,</li> <li>wyprowadzić wzór na częstotliwość odbieranego dźwięku w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zinterpretować wzór ogólny (dla wszystkich przypadków) na częstotliwość odbieranego dźwięku w przypadku względnego ruchu źródła i obserwatora,</li> <li>rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska Dopplera.</li> </ul>
<b>8. Zjawiska termodynamiczne</b>				
1	Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego,</li> <li>wyjaśnić z punktu widzenia teorii wywieranie przez gaz ciśnienia na ścianki naczynia,</li> <li>wymienić czynniki wpływające na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzór na ciśnienie gazu (podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej),</li> <li>wyrazić wzór na ciśnienie gazu przez różne wielkości fizyczne (liczbę moli, masę pojedynczej cząsteczki, gęstość gazu itp.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym.</li> </ul>
2	Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego,</li> <li>zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać równanie Clapeyrona dla liczby moli <math>n</math> i liczby cząsteczek <math>N</math> (stała Boltzmanna).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyrazić średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek gazu doskonałego przez jego temperaturę <math>T</math> i stałą Boltzmanna.</li> </ul>
3	Szczególne przemiany gazu doskonałego – Przemiana izotermiczna – Przemiana izochoryczna – Przemiana izobaryczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić i opisać przemiany szczególne gazu doskonałego,</li> <li>sformułować prawa dla przemian szczególnych,</li> <li>przeliczyć temperaturę wyrażoną w skali Celsjusza na kelwiny i odwrotnie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>otrzymać z równania Clapeyrona prawa rządzące szczególnymi przemianami gazu doskonałego,</li> <li>sporządzać i interpretować wykresy <math>p(V)</math>, <math>V(T)</math> i <math>p(T)</math>,</li> <li>każdą przemianę szczególną przedstawić w różnych układach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretować prawa gazów z punktu widzenia teorii kinetyczno-molekularnej,</li> <li>posługiwać się pojęciem współczynnika rozszerzalności objętościowej gazu,</li> <li>rozwiązywać problemy przez</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
			współrzędnych.	zastosowanie ilościowego opisu przemian gazu doskonałego.
4	Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować energię wewnętrzną ciała i energię wewnętrzną gazu doskonałego,</li> <li>korzystać z informacji, że energia wewnętrzna danej masy danego gazu doskonałego zależy jedynie od jego temperatury, a zmiana energii wewnętrznej jest związana jedynie ze zmianą temperatury.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego jako funkcję zmiany jego temperatury.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>posługiwać się pojęciem stopni swobody cząsteczek gazu,</li> <li>wyrazić wzór na całkowitą średnią energię kinetyczną cząsteczki (wszystkich rodzajów ruchu) przez liczbę stopni swobody cząsteczek gazów jedno-, dwu- i wieloatomowych.</li> </ul>
5	Pierwsza zasada termodynamiki i jej zastosowanie do przemian gazowych	<ul style="list-style-type: none"> <li>posługiwać się pojęciem ciepła i przekazu ciepła,</li> <li>wypowiedzieć, zapisać i objaśnić pierwszą zasadę termodynamiki,</li> <li>korzystać z informacji, że pierwsza zasada termodynamiki jest zasadą zachowania energii układu,</li> <li>obliczać pracę objętościową na podstawie wykresu <math>p(V)</math> w prostych przypadkach,</li> <li>zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i izobarycznej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretować przemiany gazowe (w tym także adiabatyczną) z punktu widzenia pierwszej zasady termodynamiki.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać problemy ilościowe z zastosowaniem pierwszej zasady termodynamiki do przemian gazowych.</li> </ul>
6	Ciepło właściwe i ciepło molowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozdzielić pojęcia ciepła właściwego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>definiować pojęcie ciepła właściwego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić związek między <math>C_p</math> i <math>C_v</math></li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		i ciepła molowego.	i ciepła molowego substancji, <ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciami ciepła molowego gazu w stałym ciśnieniu i ciepła molowego w stałej objętości i obliczać ich różnicę.</li> </ul>	(różnicę i stosunek), <ul style="list-style-type: none"> <li>• korzystać z informacji, że <math>C_p/C_v</math> zależy od liczby stopni swobody cząsteczek.</li> </ul>
7	Energia wewnętrzna jako funkcja stanu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• korzystać z informacji, że zmiana energii wewnętrznej podczas przejścia gazu między dwoma stanami nie zależy od procesu (tak jak praca i ciepło), tylko od stanu początkowego i końcowego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić znaczenie stwierdzenia, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu gazu (ciała).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać ogólny wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu, słuszny w każdym procesie,</li> <li>• korzystać z powyższego wzoru podczas rozwiązywania problemów ilościowych.</li> </ul>
8	Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać zasadę działania silnika cieplnego,</li> <li>• wymienić przemiany, z których składa się cykl Carnota,</li> <li>• posługiwać się pojęciem sprawności silnika cieplnego,</li> <li>• korzystać z informacji, że nie całe ciepło pobrane ze źródła może być zamienione na pracę.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować sprawność silnika cieplnego,</li> <li>• obliczać sprawność różnych cykli,</li> <li>• sformułować drugą zasadę termodynamiki.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciem entropii układu i zmiany entropii,</li> <li>• korzystać z informacji, że w procesach samorzutnych entropia układu wzrasta.</li> </ul>
9	Przejścia fazowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać procesy: topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji, resublimacji,</li> <li>• odróżniać wrzenie od parowania.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować ciepła przemian fazowych,</li> <li>• sporządzać i interpretować odpowiednie wykresy,</li> <li>• opisywać przemiany energii w przemianach fazowych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać ilościowe problemy dotyczące bilansu cieplnego z uwzględnieniem przemian fazowych.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
10	Para nasycona i para nienasycona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizować wpływ zewnętrznego ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciami pary nasyconej i pary nienasyconej,</li> <li>• korzystać z informacji, że ciśnienie pary nasyconej można zwiększyć jedynie przez wzrost temperatury,</li> <li>• korzystać z informacji, że do pary nienasyconej można w przybliżeniu stosować prawa gazowe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego ciśnienie pary nasyconej ze wzrostem temperatury wzrasta bardziej gwałtownie niż ciśnienie pary nienasyconej.</li> </ul>
11	Rozszerzalność termiczna ciał	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić na przykładach zjawisko rozszerzalności termicznej ciał,</li> <li>• obliczać zmiany objętości odpowiadające zmianom temperatury.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować współczynnik rozszerzalności liniowej ciał stałych oraz objętościowej ciał stałych i cieczy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać (ewentualnie wyprowadzić) związek między współczynnikami rozszerzalności liniowej i objętościowej ciała stałego.</li> </ul>
12	Transport energii przez przewodnictwo i konwekcję	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać zjawiska przewodzenia i konwekcji i podać przykłady praktycznego wykorzystania tych zjawisk,</li> <li>• podać przykłady ciał, które są dobrymi przewodnikami ciepła.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić doświadczenia pozwalające zbadać zjawisko przewodnictwa cieplnego ciał stałych, cieczy i gazów oraz sformułować wnioski wynikające z tych doświadczeń.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić analogie między przewodzeniem ciepła i przewodzeniem prądu elektrycznego,</li> <li>• opisać ilościowo zjawisko przewodnictwa cieplnego.</li> </ul>
<b>9. Pole elektrostatyczne</b>				
1	Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że ciało jest naelektryzowane,</li> <li>• opisać oddziaływanie ciał naelektryzowanych,</li> <li>• zapisać i objaśnić prawo Coulomba,</li> <li>• wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać wartość ładunku elementarnego,</li> <li>• objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka,</li> <li>• rozwiązywać zadania doświadczalne dotyczące elektryzowania ciał.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać zadania z zastosowaniem prawa Coulomba.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać i wyjaśnić sposoby elektryzowania ciał, posługując się zasadą zachowania ładunku.</li> </ul>		
2	Natężenie pola elektrostatycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać sens fizyczny natężenia pola elektrostatycznego w danym punkcie,</li> <li>przedstawić graficznie (za pomocą linii pola) pole centralne i jednorodne,</li> <li>odpowiedzieć na pytanie: „Od czego zależy natężenie pola centralnego w danym punkcie?”,</li> <li>opisać jakościowo (z wykorzystaniem zasady superpozycji pól) pole wytworzone przez wybrane układy ładunków.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć definicję natężenia pola,</li> <li>na podstawie definicji podać jednostkę natężenia pola w układzie SI,</li> <li>obliczać natężenie pola wytworzonego przez ładunek punktowy,</li> <li>obliczyć natężenie pola w różnych punktach symetrycznej odcinka łączącego ładunki tworzące dipol elektryczny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzać wykres <math>E(r)</math> dla pola wytworzonego przez ładunek punktowy,</li> <li>obliczyć natężenie pola wytworzonego przez wybrane układy ładunków.</li> </ul>
3	Naelektryzowany przewodnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić działanie piorunochronu i klatki Faradaya,</li> <li>przedstawić graficznie pole wytworzone przez naelektryzowaną metalową kulkę,</li> <li>opisać jakościowo rozkład ładunku wprowadzonego na przewodnik o dowolnym kształcie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapropionować doświadczalny sposób sprawdzenia rozkładu ładunku wewnątrz i na zewnątrz naładowanego przewodnika.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że linie pola elektrostatycznego są w każdym punkcie prostopadłe do powierzchni naładowanego przewodnika.</li> </ul>
4	Przewodnik w polu elektrostatycznym		<ul style="list-style-type: none"> <li>przedstawić graficznie pole elektrostatyczne wytworzone przez naelektryzowaną kulkę, do której zbliżono metalowy przedmiot.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić fakt, że wewnątrz przewodnika znajdującego się w zewnętrznym polu elektrostatycznym natężenie pola</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
				jest równe zero.
5	Analogie między wielkościami opisującymi pola grawitacyjne i elektrostatyczne		<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną ładunku w elektrostatycznym polu centralnym,</li> <li>• podać definicję potencjału pola elektrostatycznego w danym punkcie,</li> <li>• korzystać z ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym (<math>W = qU</math>) do opisu zjawisk i ich zastosowań.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykorzystać analogie między opisem pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego do zapisania wzorami wielkości opisujących pole elektrostatyczne i pracę przy przemieszczaniu ładunku w tym polu,</li> <li>• wykorzystać definicję potencjału do wyprowadzenia ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym.</li> </ul>
6	Pojemność elektryczna ciała przewodzącego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować pojemność przewodnika i jednostkę pojemności,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: „Od czego zależy pojemność przewodnika?”.</li> </ul>		
7	Kondensator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić pojęcie kondensatora,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: „Od czego i jak zależy pojemność kondensatora płaskiego?”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić znaczenie współczynnika <math>\epsilon_0</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić wpływ dielektryka na pojemność kondensatora,</li> <li>• rozwiązywać zadania dotyczące pojemności kondensatora płaskiego,</li> <li>• rozwiązywać zadania dotyczące łączenia kondensatorów.</li> </ul>
8	Energia naładowanego kondensatora		<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, od czego i jak zależy energia naładowanego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać zadania dotyczące energii kondensatora płaskiego.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
			kondensatora.	
9	Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizować jakościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadku, gdy: <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>\vec{V}_0 = \vec{0}</math></li> <li>– <math>\vec{V}_0 \parallel \vec{E}</math></li> <li>– <math>\vec{V}_0 \perp \vec{E}</math></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać budowę i działanie lampy oscyloskopowej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat zastosowania lampy oscyloskopowej w oscylografach, elektrokardiografach, urządzeniach radarowych itp.</li> </ul>
<b>10. Prąd stały</b>				
1	Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Natężenie prądu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać zjawisko prądu elektrycznego w metalach,</li> <li>• podać definicję natężenia prądu,</li> <li>• sformułować pierwsze prawo Kirchhoffa i stosować je w rozwiązywaniu zadań.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczać ładunek przepływający w obwodzie na podstawie wykresu zależności natężenia prądu od czasu.</li> </ul>	
2	Badanie zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać zależność natężenia prądu od przyłożonego napięcia w przewodnikach metalicznych (gdy można pominąć wpływ temperatury na natężenie prądu),</li> <li>• podać definicję oporu elektrycznego odcinka obwodu i jego jednostki.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać charakterystyki prądowo-napięciowe dla różnych odbiorników,</li> <li>• opisać wpływ temperatury na opór przewodnika metalowego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oszacować współczynnik temperaturowy oporu na podstawie wykresu <math>R(t)</math>,</li> <li>• zaplanować doświadczenie, którego celem jest sporządzenie charakterystyki prądowo-napięciowej odbiornika i wyznaczenie oporu.</li> </ul>
3	Łączenie szeregowe i równoległe odbiorników energii elektrycznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciami: połączenie szeregowe, połączenie równoległe,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzory na opory zastępcze,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego wyznaczanie oporu za pomocą amperomierza</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>opór zastępczy,</li> <li>podać wzory na opór zastępczy odbiorników połączonych szeregowo i równolegle i stosować je w rozwiązywaniu zadań,</li> <li>wyjaśnić rolę bezpieczników w domowej instalacji elektrycznej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczać opór zastępczy dla połączeń mieszanych odbiorników,</li> <li>wykonywać obliczenia konieczne przy zmianie zakresu mierników elektrycznych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i woltomierza jest zawsze obciążone błędem i jak stosować odpowiednie poprawki.</li> </ul>
4	Zależność oporu przewodnika od jego długości i przekroju poprzecznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>przedstawić ilościową zależność oporu elektrycznego przewodnika od jego długości i pola przekroju poprzecznego,</li> <li>podać jednostki i sens fizyczny oporu właściwego materiału,</li> <li>podać przykłady dobrych przewodników prądu elektrycznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zaplanować doświadczenie sprawdzające zależność oporu przewodnika od jego długości i pola przekroju poprzecznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przedstawić rozumowanie doprowadzające do wniosku, jak opór przewodnika zależy od jego długości i pola przekroju poprzecznego.</li> </ul>
5	Praca i moc prądu elektrycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzory na pracę i moc prądu elektrycznego,</li> <li>zapisać wzór na tzw. ciepło Joule'a.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, kiedy wszystkie wzory na pracę i moc prądu są sobie równoważne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać problemy ilościowe dotyczące mocy w odbiornikach połączonych szeregowo i równolegle.</li> </ul>
6	Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać budowę ogniw galwanicznych,</li> <li>wyjaśnić pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować siłę elektromotoryczną ogniwa.</li> </ul>	
7	Prosty obwód zamknięty prądu stałego	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać i wyjaśnić prawo Ohma dla zamkniętego obwodu,</li> <li>zaplanować doświadczenie, którego celem jest obserwacja zależności natężenia prądu w obwodzie od oporu zewnętrznego,</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić prawo Ohma dla zamkniętego obwodu z zasady zachowania energii.</li> </ul>
8	Co wskazuje woltomierz dołączony do	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, jaką wielkość wskazuje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zaplanować doświadczenie, którego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przedstawić na wykresie zależność</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
	źródła siły elektromotorycznej?	woltomierz dołączony do biegunów źródła w obwodzie otwartym i zamkniętym, <ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić różnicę między siłą elektromotoryczną i napięciem pomiędzy biegunami (na podstawie prawa Ohma),</li> <li>• wyjaśnić pojęcie oporu wewnętrznego ogniwa.</li> </ul>	celem jest sporządzenie wykresu zależności napięcia na końcach źródła od natężenia prądu.	$U(I)$ i wyznaczyć z wykresu siłę elektromotoryczną ogniwa i jego opór wewnętrzny.
9	Wzrosty i spadki potencjału w obwodzie zamkniętym. Drugie prawo Kirchhoffa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wypowiedzieć i zapisać drugie prawo Kirchhoffa dla oczka sieci,</li> <li>• wyjaśnić konwencję znaków w zapisie drugiego prawa Kirchhoffa.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• prześledzić wzrosty i spadki potencjału w obwodzie zamkniętym (oczku).</li> </ul>
10	Przykłady stosowania drugiego prawa Kirchhoffa		<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić bilans energii w obwodzie zamkniętym zawierającym tzw. elementy czynne (np. akumulator lub silnik elektryczny).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozwiązywać problemy ilościowe z wykorzystaniem praw Kirchhoffa.</li> </ul>
<b>11. Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm</b>				
1	Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić graficznie pole magnetyczne magnesu trwałego.</li> </ul>		
2	Przewodnik z prądem w polu magnetycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać i wyjaśnić doświadczenie Oersteda.</li> </ul>		

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3	Wektor indukcji magnetycznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać cechy siły elektrodynamicznej,</li> <li>• stosować wzór na wartość siły elektrodynamicznej dla przypadku, gdy <math>\vec{\Delta l} \perp \vec{B}</math>,</li> <li>• podać cechy wektora indukcji magnetycznej i jej jednostkę.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować indukcję magnetyczną,</li> <li>• zdefiniować jednostkę indukcji magnetycznej,</li> <li>• określić wartość, kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej w konkretnych przypadkach.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedyskutować zależność wartości siły elektrodynamicznej od kąta między wektorem <math>\vec{B}</math> i przewodnikiem,</li> <li>• rozwiązywać problemy związane z oddziaływaniem pola magnetycznego na przewodnik z prądem.</li> </ul>
4	Naładowana cząstka w polu magnetycznym. Siła Lorentza. Cyklotron	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać cechy siły Lorentza,</li> <li>• stosować wzór na wartość siły Lorentza dla przypadku, gdy <math>\vec{v} \perp \vec{B}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• określić wartość, kierunek i zwrot siły Lorentza w konkretnych przypadkach,</li> <li>• opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym dla przypadku <math>\vec{v} \perp \vec{B}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedyskutować zależność wartości siły Lorentza od kąta między wektorami <math>\vec{v}</math> i <math>\vec{B}</math>,</li> <li>• przedyskutować ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym w zależności od kąta między wektorami <math>\vec{v}</math> i <math>\vec{B}</math>,</li> <li>• przedstawić zasadę działania cyklotronu i jego zastosowanie,</li> <li>• rozwiązywać problemy związane z oddziaływaniem pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną.</li> </ul>
5	Pole magnetyczne przewodników z prądem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać i przedstawić graficznie pole magnetyczne przewodnika prostoliniowego, przewodnika kołowego i zwojnicy.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać wzajemne oddziaływania przewodników z prądem i podać definicję ampera.</li> </ul>

AUTORZY: Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
6	Silnik elektryczny		<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić zasadę działania silnika elektrycznego.</li> </ul>	
7	Właściwości magnetyczne substancji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady zastosowania ferromagnetyków.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jakościowo opisać właściwości magnetyczne substancji.</li> </ul>	
8	Zjawisko indukcji elektromagnetycznej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, na czym polega zjawisko indukcji elektromagnetycznej i podać warunki jego występowania,</li> <li>• podać przykładowe sposoby wzbudzania prądu indukcyjnego,</li> <li>• objaśnić pojęcie strumienia magnetycznego i podać jego jednostkę,</li> <li>• posługiwać się pojęciem strumienia magnetycznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i przedyskutować wzór na strumień wektora indukcji magnetycznej,</li> <li>• obliczać strumień magnetyczny.</li> </ul>	
9	Siła elektromotoryczna indukcji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpowiedzieć na pytanie: „Od czego zależy siła elektromotoryczna indukcji?”,</li> <li>• poprawnie interpretować prawo indukcji elektromagnetycznej Faradaya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadle do linii pola powstaje napięcie elektryczne,</li> <li>• sporządzać wykresy <math>\Phi(t)</math> i <math>\varepsilon(t)</math>,</li> <li>• poprawnie interpretować wyrażenie na siłę elektromotoryczną indukcji.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na napięcie powstające między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadle do linii pola.</li> </ul>
10	Reguła Lenza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stosować regułę Lenza.</li> </ul>		

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
11	Zjawisko samoindukcji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, na czym polega zjawisko samoindukcji i podać warunki jego występowania,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: „Od czego zależy współczynnik samoindukcji zwojnicy?”,</li> <li>• podać jednostkę indukcyjności.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poprawnie interpretować wyrażenie na siłę elektromotoryczną samoindukcji.</li> </ul>	
12	Prąd zmienny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić wielkości opisujące prąd przemienny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić zasadę działania prądnicy prądu przemiennego,</li> <li>• posługiwać się wielkościami opisującymi prąd przemienny,</li> <li>• obliczać pracę i moc prądu przemiennego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na <math>\varepsilon</math> dla prądnicy prądu przemiennego.</li> </ul>
13	Transformator		<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić zasadę działania transformatora,</li> <li>• podać przykłady zastosowania transformatora,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie ciepła Joule'a.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego przesyłanie energii elektrycznej wiąże się z jej stratami,</li> <li>• przygotować prezentację na temat przesyłania energii elektrycznej na duże odległości.</li> </ul>
<b>12. Optyka</b>				
1	Zjawiska odbicia i załamania światła	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, na czym polega zjawisko odbicia światła,</li> <li>• sformułować i stosować prawo odbicia,</li> <li>• wyjaśnić zjawisko rozpraszania światła,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić związek względnego współczynnika załamania światła na granicy dwóch ośrodków z bezwzględnymi współczynnikami załamania tych ośrodków,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zaplanować i wykonać doświadczenie pokazujące zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia,</li> <li>• wyjaśnić zasadę działania światłowodu i podać przykłady jego zastosowania.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać zjawisko załamania światła,</li> <li>zapisać i objaśnić prawo załamania światła i zdefiniować bezwzględny współczynnik załamania,</li> <li>objaśnić, na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia,</li> <li>wymienić warunki, w których zachodzi całkowite wewnętrzne odbicie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować kąt graniczny,</li> <li>wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia,</li> <li>opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną z wykorzystaniem prawa załamania,</li> <li>opisać przejście światła przez pryzmat z wykorzystaniem prawa załamania.</li> </ul>	
2	Zwierciadła	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić cechy obrazu otrzymanego w zwierciadle płaskim,</li> <li>omówić podział zwierciadeł kulistych na wklęsłe i wypukłe,</li> <li>objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna zwierciadła.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykonać konstrukcję obrazu w zwierciadle płaskim,</li> <li>zapisać równanie zwierciadła i poprawnie z niego korzystać,</li> <li>zapisać i objaśnić wzór na powiększenie obrazu,</li> <li>wykonać konstrukcje obrazów w zwierciadłach kulistych i wymienić ich cechy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>narysować wykres funkcji <math>y(x)</math> dla zwierciadła wklęsłego i podać interpretację tego wykresu,</li> <li>wymienić i omówić praktyczne zastosowania zwierciadeł.</li> </ul>
3	Soczewki	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać rodzaje soczewek,</li> <li>objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna soczewki,</li> <li>objaśnić pojęcie zdolności skupiającej soczewki,</li> <li>obliczać zdolność skupiającą soczewki.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzór informujący, od czego zależy ogniskowa soczewki i poprawnie go zinterpretować,</li> <li>obliczać zdolność skupiającą układów cienkich stykających się soczewek,</li> <li>sporządzać konstrukcje obrazów w soczewkach i wymienić cechy obrazu w każdym przypadku,</li> <li>zapisać i zinterpretować równanie soczewki,</li> <li>objaśnić działanie oka jako</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić zasadę działania lupy,</li> <li>korzystać z równania soczewki do rozwiązywania problemów,</li> <li>rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe związane z praktycznym wykorzystywaniem soczewek,</li> <li>przygotować prezentację na jeden z tematów: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wady wzroku i sposoby ich korygowania,</li> <li>– Zastosowania soczewek i ich układów w przyrządach optycznych,</li> </ul> </li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
			przyrządu optycznego.	– Budowa i zasada działania mikroskopu optycznego.
4	Rozszczepienie światła białego w pryzmacie	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać i wyjaśnić zjawisko rozszczepienia światła białego.</li> </ul>		
<b>13. Dualna natura promieniowania i materii</b>				
1	Fale elektromagnetyczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>omówić widmo fal elektromagnetycznych,</li> <li>podać źródła fal z poszczególnych zakresów długości;</li> <li>omówić zastosowanie fal elektromagnetycznych z poszczególnych zakresów długości.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać powstawanie fal elektromagnetycznych w obwodach LC,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego obwód LC nazywamy obwodem drgań elektrycznych,</li> <li>wskazać analogię drgań elektrycznych w obwodzie LC do drgań mechanicznych,</li> <li>wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu elektromagnetycznego.</li> </ul>
2	Światło jako fala elektromagnetyczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła,</li> <li>opisać zjawisko rozszczepienia światła,</li> <li>opisać zjawiska dyfrakcji i interferencji światła,</li> <li>opisać siatkę dyfrakcyjną i posługiwać się pojęciem stałej siatki,</li> <li>podać przykłady praktycznego wykorzystywania zjawiska polaryzacji.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, na czym polegają zjawiska dyfrakcji i interferencji światła,</li> <li>posługiwać się pojęciem spójności fal,</li> <li>porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i światła białego,</li> <li>zapisać wzór wyrażający zależność położenia prążka <math>n</math>-tego rzędu od długości fali i odległości między szczelinami i poprawnie go</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać problemy z zastosowaniem zależności <math>d \sin \alpha = n \lambda</math>,</li> <li>posługiwać się pojęciem kąta Brewstera.</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
			zinterpretować, <ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić zjawisko polaryzacji światła (jakościowo),</li> <li>• wymienić sposoby polaryzowania światła.</li> </ul>	
3	Zjawisko fotoelektryczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polega zjawisko fotoelektryczne,</li> <li>• posługiwać się pojęciem pracy wyjścia elektronu z metalu,</li> <li>• sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia <math>W</math>,</li> <li>• podać przykłady zastosowania fotokomórki,</li> <li>• zapisać i zinterpretować wzór na energię kwantu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpowiedzieć na pytania:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów?</li> <li>– Od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych z metalu w jednostce czasu?</li> </ul> </li> <li>• wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła,</li> <li>• napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów,</li> <li>• narysować i objaśnić wykres zależności energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości (dla kilku metali).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• narysować i omówić charakterystykę prądowo-napięciową fotokomórki,</li> <li>• omówić doświadczenia dotyczące badania efektu fotoelektrycznego i wynikające z nich wnioski,</li> <li>• rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska fotoelektrycznego,</li> <li>• przygotować prezentację pt. „Narodziny fizyki kwantowej”.</li> </ul>
4	Emisja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe,</li> <li>• rozróżnić widmo emisyjne i absorpcyjne,</li> <li>• opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy,</li> <li>• opisać widma gazów jednoatomowych i par pierwiastków,</li> <li>• opisać szczegółowo widmo atomu wodoru,</li> <li>• objaśnić wzór Balmera,</li> <li>• opisać metodę analizy widmowej,</li> <li>• podać przykłady zastosowania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować i zapisać postulaty Bohra,</li> <li>• obliczyć całkowitą energię elektronu w atomie wodoru,</li> <li>• wyjaśnić, jak powstają serie widmowe (na podstawie modelu Bohra atomu wodoru),</li> <li>• zamienić energię wyrażoną w dżulach na energię wyrażoną w elektronowoltach,</li> <li>• obliczyć długości i częstotliwości fal odpowiadających liniom widzialnej części widma atomu wodoru,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać zgodność wzoru Balmera z modelem Bohra budowy atomu wodoru,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego nie można wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem „rewolucyjnym”,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego model Bohra jest do dziś wykorzystywany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych</li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>analizy widmowej,</li> <li>wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym,</li> <li>posługiwać się pojęciem atomu w stanie podstawowym i w stanie wzbudzonym,</li> <li>wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym,</li> <li>wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić uogólniony wzór Balmera,</li> <li>objaśnić prawo Stefana-Boltzmana,</li> <li>objaśnić prawo Wiena.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyników doświadczalnych,</li> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że światło ma naturę dualną,</li> <li>posługiwać się prawami Stefana-Boltzmana i Wiena.</li> </ul>
5	Promieniowanie rentgenowskie	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać właściwości promieni X,</li> <li>wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać widmo promieniowania rentgenowskiego,</li> <li>wyjaśnić sposób powstawania promieniowania o widmie ciągłym (promieniowania hamowania),</li> <li>wyjaśnić sposób powstawania promieniowania o widmie liniowym (promieniowania charakterystycznego).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, jak powstaje krótkofalowa granica widma promieniowania hamowania <math>\lambda_{\min}</math>,</li> <li>wyprowadzić wzór na <math>\lambda_{\min}</math>,</li> <li>omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach,</li> <li>omówić zjawisko Comptona,</li> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną.</li> </ul>
6	Fale materii	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić wzór na długość fali de Broglie'a.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać treść hipotezy de Broglie'a,</li> <li>zapisać i zinterpretować wzór na długość fali de Broglie'a,</li> <li>obliczyć długość fali de Broglie'a dla elektronu o podanej energii kinetycznej,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych,</li> <li>oszacować długość fal materii dla obiektów mikroskopowych i obiektów makroskopowych,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego właściwości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach),</li> <li>przedstawić problem interpretacji fal materii,</li> <li>omówić zastosowanie falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy),</li> <li>przygotować prezentację na jeden z tematów: <ul style="list-style-type: none"> <li>Interferencja fal materii na dwóch szczelinach,</li> <li>Interferencja pojedynczych</li> </ul> </li> </ul>

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
			falowe obiektów mikroskopowych (cząstek) mogą być zaobserwowane w eksperymentach, a nie obserwuje się właściwości falowych obiektów makroskopowych.	elektronów, – Dualizm kwantowo-falowy w przyrodzie.
<b>14. Modele przewodnictwa elektrycznego</b>				
1	Metale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykład przewodnika, półprzewodnika i izolatora,</li> <li>• omówić zależność właściwości elektrycznych substancji od obecności elektronów swobodnych,</li> <li>• omówić podział ciał na przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury,</li> <li>• opisać budowę półprzewodników samoistnych i półprzewodników domieszkowych,</li> <li>• opisać zastosowanie diody półprzewodnikowej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, dlaczego opór półprzewodników maleje ze wzrostem temperatury,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego domieszkuje się półprzewodniki,</li> <li>• opisać półprzewodniki typu n i typu p,</li> <li>• omówić zjawiska występujące na złączu n-p,</li> <li>• omówić budowę działania diody półprzewodnikowej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat zastosowań półprzewodników.</li> </ul>
2	Półprzewodniki			
3	Ciecze			
<b>Aneks 3. Doświadczenia</b>				
1	Badanie ruchu wahadła	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odczytywać wskazania przyrządów pomiarowych, dokładność przyrządu,</li> <li>• przygotować zestaw doświadczalny według instrukcji,</li> <li>• wykonać samodzielnie kolejne etapy doświadczenia,</li> <li>• sporządzić tabelę wyników pomiaru,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć niepewność względną pomiaru,</li> <li>• oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą najmniej korzystnego przypadku,</li> <li>• przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami,</li> <li>• dopasować graficznie prostą do</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dopasować prostą do wyników pomiarów,</li> <li>• obliczyć współczynnik kierunkowy prostej dopasowanej do punktów pomiarowych,</li> <li>• obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru,</li> <li>• obliczyć odchylenie standardowe</li> </ul>
2	Wyznaczanie ciepła właściwego metalu na podstawie bilansu cieplnego			
3	Wyznaczanie charakterystyk prądowo-napięciowych opornika, żarówki i diody			

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4	Badanie drgań struny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć wartości średnie wielkości mierzonych,</li> <li>• sporządzić odpowiedni układ współrzędnych (podpisać i wyskalować osie, zaznaczyć jednostki wielkości fizycznych),</li> <li>• zaznaczyć w układzie współrzędnych punkty pomiarowe wraz z niepewnościami,</li> <li>• zapisać wynik pomiaru w postaci <math>x \pm \Delta x</math>.</li> </ul>	<p>punktów pomiarowych i ocenić trafność tego postępowania,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• odczytać z dopasowanego graficznie wykresu współczynnik kierunkowy prostej,</li> <li>• podać przyczyny ewentualnych błędów systematycznych,</li> <li>• zaproponować sposób postępowania pozwalający uniknąć błędów systematycznych,</li> <li>• oszacować wielkość błędów systematycznych,</li> <li>• ocenić krytycznie, czy otrzymany wynik doświadczenia jest realny,</li> <li>• samodzielnie sformułować wnioski wynikające z doświadczenia.</li> </ul>	<p>średniej dla każdej serii pomiarów,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• podać wynik pomiaru w postaci <math>x \pm \Delta x</math>,</li> <li>• ocenić, czy niepewność pomiaru jest niepewnością systematyczną,</li> <li>• samodzielnie zaproponować metodę wyznaczenia wielkości fizycznej.</li> </ul>
5	Obserwacja dyfrakcji światła			
6	Badanie zjawiska załamania światła			
7	Badanie obrazów optycznych otrzymanych za pomocą soczewek			

**AUTORZY:** Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach