

### III. TREŚCI KSZTAŁCENIA

Część I. Treści kształcenia zawarte w pierwszym tomie podręcznika *Z fizyką w przyszłość*.

#### 1. Opis ruchu postępowego

- Elementy działań na wektorach
- Podstawowe pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch
- Opis ruchu w jednowymiarowym układzie współrzędnych
- Opis ruchu w dwuwymiarowym układzie współrzędnych

#### 2. Siła jako przyczyna zmian ruchu

- Klasyfikacja poznanych oddziaływań
- Zasady dynamiki Newtona
- Ogólna postać drugiej zasady dynamiki
- Zasada zachowania pędu dla układu ciał
- Tarcie
- Siły w ruchu po okręgu
- Opis ruchu w układach nieinercjalnych

#### 3. Praca, moc, energia mechaniczna

- Iloczyn skalarny dwóch wektorów
- Praca i moc
- Energia mechaniczna. Rodzaje energii mechanicznej
- Zasada zachowania energii mechanicznej

#### 4. Zjawiska hydrostatyczne

- Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala
- Prawo Archimedesesa
- Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości

#### 5. Pole grawitacyjne

- O odkryciach Kopernika i Keplera
- Prawo powszechnej grawitacji
- Pierwsza prędkość kosmiczna
- Oddziaływania grawitacyjne w Układzie Słonecznym
- Natężenie pola grawitacyjnego
- Praca w polu grawitacyjnym
- Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym
- Druga prędkość kosmiczna
- Stan przeciążenia. Stany niedociążenia i nieważkości

#### 6. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej

- Iloczyn wektorowy dwóch wektorów
- Ruch obrotowy bryły sztywnej
- Energia kinetyczna bryły sztywnej
- Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły
- Moment pędu bryły sztywnej

- Analogie występujące w opisie ruchu postępowego i obrotowego
- Złożenie ruchu postępowego i obrotowego – toczenie

### **Aneks 1. Niepewności pomiarowe**

- Wiadomości wstępne
- Niepewności pomiarów bezpośrednich (prostych)
- Niepewności pomiarów pośrednich (złożonych)
- Graficzne przedstawienie wyników pomiarów wraz z ich niepewnościami
- Dopasowanie prostej do wyników pomiarów

### **Aneks 2. Doświadczenia**

- Opisujemy rozkład normalny
- Wyznaczamy wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym
- Badamy ruch po okręgu
- Wyznaczamy współczynnik tarcia kinetycznego za pomocą równi pochyłej
- Sprawdzamy drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego
- Wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego

Część II . Treści kształcenia zawarte w drugim tomie podręcznika *Z fizyką w przyszłość*

### **7. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne**

- Sprężystość jako makroskopowy efekt mikroskopowych oddziaływań elektromagnetycznych
- Ruch drgający harmoniczny
  - Matematyczny opis ruchu harmonicznego
  - Okres drgań w ruchu harmonicznym
  - Energia w ruchu harmonicznym
- Wahadło matematyczne
- Drgania wymuszone i rezonansowe
- Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne
- Wielkości charakteryzujące fale
- Funkcja falowa dla fali płaskiej.
- Interferencja fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach
- Zasada Huygensa
- Zjawisko dyfrakcji
- Interferencja fal harmonicznyc wysyłanych przez identyczne źródła
- Fale akustyczne
- Zjawisko Dopplera

### **8. Zjawiska termodynamiczne**

- Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym
- Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona
- Przemiany gazu doskonałego
  - Przemiana izotermiczna
  - Przemiana izochoryczna
  - Przemiana izobaryczna
- Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody

- Pierwsza zasada termodynamiki i jej zastosowanie do przemian gazowych
- Ciepło właściwe i molowe
- Energia wewnętrzna jako funkcja stanu
- Silniki cieplne. Cykl Carnota. Druga zasada termodynamiki
- Przejścia fazowe
- Para nasycona i nienasycona
- Rozszerzalność termiczna ciał
- Transport energii przez przewodzenie i konwekcję

## 9. Pole elektryczne

- Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych
- Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku
- Natężenie pola elektrostatycznego
- Zasada superpozycji natężeń pól
- Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika. Przewodnik w polu elektrycznym
- Praca w polu elektrostatycznym jednorodnym i centralnym
- Pojemność elektryczna ciała przewodzącego. Kondensator
- Pojemność kondensatora płaskiego
- Energia naładowanego kondensatora
- Ruch cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym

## 10. Prąd stały

- Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Natężenie prądu. Pierwsze prawo Kirchhoffa
- Badanie zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu
- Łączenie szeregowe i równoległe odbiorników energii elektrycznej
- Od czego zależy opór przewodnika?
- Praca i moc prądu elektrycznego
- Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej
- Prosty obwód zamknięty. Prawo Ohma dla obwodu. Co wskazuje woltomierz dołączony do biegunów źródła siły elektromotorycznej?
- Drugie prawo Kirchhoffa

## 11. Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm

- Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnezu
- Przewodnik z prądem w polu magnetycznym
- Wektor indukcji magnetycznej
- Naładowana cząstka w polu magnetycznym. Siła Lorentza. Cyklotron
- Pole magnetyczne przewodników z prądem
- Silnik elektryczny
- Właściwości magnetyczne substancji
- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej
  - Strumień wektora indukcji magnetycznej
  - Siła elektromotoryczna indukcji
  - Reguła Lenza
- Zjawisko samoindukcji
- Prąd zmienny

- Transformator

## **12. Optyka**

- Zjawiska odbicia i załamania światła
- Zwierciadła płaskie i zwierciadła kuliste
- Soczewki i obrazy otrzymywane przy użyciu soczewek
- Rozszczepienie światła białego w pryzmacie

## **13. Dualna natura promieniowania elektromagnetycznego i materii**

- Fale elektromagnetyczne
  - Obwód LC
  - Wytwarzanie fal elektromagnetycznych
  - Zastosowanie fal elektromagnetycznych
- Światło jako fala elektromagnetyczna
  - Pomiar wartości prędkości światła
  - Dyfrakcja i interferencja światła. Siatka dyfrakcyjna
  - Polaryzacja światła
- Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne
- Emisja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego
- Promieniowanie rentgenowskie
- Fale materii

## **14. Modele przewodnictwa elektrycznego**

- Metale. Półprzewodniki. Ciecze

## **Aneks. Doświadczenia**

- Pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny
- Wyznaczanie ciepła właściwego cieczy lub ciała stałego
- Badanie kształtu linii pola elektrycznego
- Badanie kształtu linii pola magnetycznego
- Wyznaczanie współczynnika załamania światła
- Wyznaczanie powiększenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki
- Znajdowanie charakterystyk prądowo-napięciowych opornika, żarówki i diody półprzewodnikowej.

## IV. OGÓLNY ROZKŁAD MATERIAŁU

### Propozycja przydziału godzin na poszczególne działy

#### Część 1

Nr	Dział fizyki	Liczba godzin przeznaczonych na			
		nowe treści	rozwiązywanie zadań	powtórzenie, sprawdzenie	łącznie
1	Opis ruchu postępowego	14	2	2	18
2	Siła jako przyczyna zmian ruchu	11	2	2	15
3	Praca, moc, energia mechaniczna	7	2	2	11
4	Zjawiska hydrostatyczne	5	–	2	7
5	Pole grawitacyjne	9	2	2	13
6	Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej	9	2	2	13
7	Niepewności pomiarowe	5	–	–	5
8	Doświadczenia	8	–	–	8
	Całkowita liczba godzin	68	10	12	90

#### Część 2

Nr	Dział fizyki	Liczba godzin przeznaczonych na			
		nowe treści	rozwiązywanie zadań	powtórzenie, sprawdzenie	łącznie
1	Ruch harmoniczny i fale mechaniczne	17	2	2	21
2	Zjawiska termodynamiczne	18	2	2	22
3	Pole elektryczne	16	2	2	20
4	Prąd stały	10	2	2	14
5	Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm	22	4	4	30
6	Optyka	6	2	2	10
7	Dualna natura promieniowania elektromagnetycznego i materii	15	2	2	19
8	Modele przewodnictwa elektrycznego	4	–	2	6
9	Doświadczenia	8	–	–	8
	Całkowita liczba godzin	116	16	18	150

## V. SZCZEGÓŁOWY ROZKŁAD MATERIAŁU

### 1. Opis ruchu postępowego – 18 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Elementy działań na wektorach	2
2. Podstawowe pojęcia i wielkości fizyczne opisujące ruch	3
3. Opis ruchu w jednowymiarowym układzie współrzędnych	6
4. Opis ruchu w dwuwymiarowym układzie współrzędnych	3
5. Rozwiązywanie zadań	2
6. Powtórzenie wiadomości	1
7. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

### 2. Siła jako przyczyna zmian ruchu – 15 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Klasyfikacja poznanych oddziaływań	1
2. Zasady dynamiki Newtona	3
3. Ogólna postać drugiej zasady dynamiki	1
4. Zasada zachowania pędu dla układu ciał	2
5. Tarcie	1
6. Siły w ruchu po okręgu	1
7. Opis ruchu w układach nieinercjalnych	2
8. Rozwiązywanie zadań	2
9. Powtórzenie wiadomości	1
10. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

### 3. Praca, moc, energia mechaniczna – 11 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Iloczyn skalarny dwóch wektorów	1
2. Praca i moc	2
3. Energia mechaniczna. Rodzaje energii mechanicznej	2
4. Zasada zachowania energii mechanicznej	2
5. Rozwiązywanie zadań	2
6. Powtórzenie wiadomości	1
7. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

#### 4. Zjawiska hydrostatyczne – 7 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala	1
2. Prawo Archimedesesa	1
3. Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości	1
4. Rozwiązywanie zadań	2
5. Powtórzenie wiadomości	1
6. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

#### 5. Pole grawitacyjne – 13 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. O odkryciach Kopernika i Keplera	1
2. Prawo powszechnej grawitacji	1
3. Pierwsza prędkość kosmiczna	1
4. Oddziaływania grawitacyjne w Układzie Słonecznym	1
5. Natężenie pola grawitacyjnego	1
6. Praca w polu grawitacyjnym	1
7. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	1
8. Druga prędkość kosmiczna	1
9. Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia	1
10. Rozwiązywanie zadań	2
11. Powtórzenie wiadomości	1
12. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

#### 6. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej – 13 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	1
2. Ruch obrotowy bryły sztywnej	2
3. Energia kinetyczna bryły sztywnej	1
4. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	2
5. Moment pędu bryły sztywnej	1
6. Analogie występujące w opisie ruchu postępowego i obrotowego	1
7. Złożenie ruchu postępowego i obrotowego – toczenie	1
8. Rozwiązywanie zadań	2
9. Powtórzenie wiadomości	1
10. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

### Aneks 1. Niepewności pomiarowe – 5 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Wiadomości wstępne. Niepewności pomiarów bezpośrednich (prostych)	1
2. Niepewności pomiarów pośrednich (złożonych)	2
3. Graficzne przedstawianie wyników pomiarów wraz z ich niepewnościami	1
4. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów	1

### Aneks 2. Doświadczenia – 8 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Opisujemy rozkład normalny	1
2. Wyznaczamy wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym	2
3. Badamy ruch po okręgu	1
4. Wyznaczamy współczynnik tarcia kinetycznego za pomocą równi pochyłej	1
5. Sprawdzamy drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego	2
6. Wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego	1

### 7. Ruch harmoniczny (drgania) i fale mechaniczne – 21 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Sprężystość jako makroskopowy efekt mikroskopowych oddziaływań elektromagnetycznych	1
2. Ruch drgający harmoniczny <ul style="list-style-type: none"><li>– Matematyczny opis ruchu harmonicznego</li><li>– Okres drgań w ruchu harmonicznym</li><li>– Energia w ruchu harmonicznym</li></ul>	2 1 1
3. Wahadło matematyczne	2
4. Drgania wymuszone i rezonansowe	1
5. Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne. Wielkości charakteryzujące fale	1
6. Funkcja falowa dla fali płaskiej	2
7. Interferencja fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach	2
8. Zasada Huygensa. Zjawisko dyfrakcji	1
9. Interferencja fal harmonicznyc wysyłanych przez identyczne źródła	1
10. Fale akustyczne	1
11. Zjawisko Dopplera	1
12. Rozwiązywanie zadań	2
13. Powtórzenie wiadomości	1
14. Sprawdzenie wiedzy i umiejętności	1



## 8. Zjawiska termodynamiczne – 22 godziny

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym	1
2. Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona	1
3. Przemiany gazu doskonałego – Przemiana izotermiczna – Przemiana izochoryczna – Przemiana izobaryczna	2
4. Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	1
5. Pierwsza zasada termodynamiki i jej zastosowanie do przemian gazowych	3
6. Ciepło właściwe i molowe	1
7. Energia wewnętrzna jako funkcja stanu	1
8. Silniki cieplne. Cykl Carnota. Druga zasada termodynamiki	3
9. Przejścia fazowe	2
10. Para nasycona i nienasycona	1
11. Rozszerzalność termiczna ciał	1
12. Transport energii przez przewodzenie i konwekcję	1
13. Rozwiązywanie zadań	2
14. Powtórzenie wiadomości	1
15. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

## 9. Pole elektryczne – 20 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych	1
2. Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku	2
3. Natężenie pola elektrostatycznego	2
4. Zasada superpozycji natężeń pól	1
5. Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika. Przewodnik w polu elektrycznym	1
6. Praca w polu elektrostatycznym jednorodnym i centralnym	4
7. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego. Kondensator	2
8. Pojemność kondensatora płaskiego	1
9. Energia naładowanego kondensatora	1
10. Ruch cząstki naładowanej w polu elektrycznym	1
11. Rozwiązywanie zadań	2
12. Powtórzenie wiadomości	1
13. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

## 10. Prąd stały – 14 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Natężenie prądu. Pierwsze prawo Kirchhoffa	1
2. Badanie zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu	2
3. Łączenie szeregowe i równoległe odbiorników energii elektrycznej	1
4. Od czego zależy opór przewodnika?	1
5. Praca i moc prądu elektrycznego	1
6. Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej	1
7. Prosty obwód zamknięty. Prawo Ohma dla obwodu. Co wskazuje woltomierz dołączony do biegunów źródła siły elektromotorycznej?	2
8. Drugie prawo Kirchhoffa	1
9. Rozwiązywanie zadań	2
10. Powtórzenie wiadomości	1
11. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

## 11. Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm – 30 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu	1
2. Przewodnik z prądem w polu magnetycznym	1
3. Wektor indukcji magnetycznej	2
4. Naładowana cząstka w polu magnetycznym. Siła Lorentza. Cyklotron	3
5. Pole magnetyczne przewodników z prądem	2
6. Silnik elektryczny	1
7. Właściwości magnetyczne substancji	2
8. Rozwiązywanie zadań z działu <i>Pole magnetyczne</i>	2
9. Powtórzenie wiadomości z działu <i>Pole magnetyczne</i>	1
10. Sprawdzian wiedzy i umiejętności z działu <i>Pole magnetyczne</i>	1
11. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej – Strumień wektora indukcji magnetycznej – Siła elektromotoryczna indukcji – Reguła Lenza	5
12. Zjawisko samoindukcji	1
13. Prąd zmienny	2
14. Transformator	2
15. Rozwiązywanie zadań z działu <i>Elektromagnetyzm</i>	2
16. Powtórzenie wiadomości z działu <i>Elektromagnetyzm</i>	1
17. Sprawdzian wiedzy i umiejętności z działu <i>Elektromagnetyzm</i>	1

## 12. Optyka – 10 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Zjawiska odbicia i załamania światła	2
2. Zwierciadła płaskie i zwierciadła kuliste	1
3. Soczewki i obrazy otrzymywane przy użyciu soczewek	2
4. Rozszczepienie światła białego w pryzmacie	1
5. Rozwiązywanie zadań	2
6. Powtórzenie wiadomości	1
7. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

## 13. Dualna natura promieniowania elektromagnetycznego i materii – 19 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Fale elektromagnetyczne – Obwód LC – Wytwarzanie fal elektromagnetycznych – Zastosowanie fal elektromagnetycznych	3
2. Światło jako fala elektromagnetyczna – Pomiar wartości prędkości światła – Dyfrakcja i interferencja światła. Siatka dyfrakcyjna – Polaryzacja światła	5
3. Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne	2
4. Emisja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego	2
5. Promieniowanie rentgenowskie	2
6. Fale materii	1
7. Rozwiązywanie zadań	2
8. Powtórzenie wiadomości	1
9. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

## 14. Modele przewodnictwa elektrycznego – 6 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Metale. Półprzewodniki. Ciecze	4
2. Powtórzenie wiadomości	1
3. Sprawdzian wiedzy i umiejętności	1

## Aneks. Doświadczenia – 8 godzin

Temat	Liczba godzin lekcyjnych
1. Pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny	1
2. Wyznaczanie ciepła właściwego cieczy lub ciała stałego	1
3. Badanie kształtu linii pola elektrostatycznego	1
4. Badanie kształtu linii pola magnetycznego	1
5. Wyznaczanie współczynnika załamania światła	1
6. Wyznaczania powiększenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki	1
7. Znajdowanie charakterystyk prądowo-napięciowych opornika, żarówki i diody półprzewodnikowej	2

## VI. CELE OPERACYJNE, CZYLI PLAN WYNIKOWY (CZ. 1)

### 1. Opis ruchu postępowego

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

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
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> <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>	<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</li> <li>• 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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3	<p><b>Opis ruchu w jednowymiarowym układzie współrzędnych</b></p>	<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 przeciwny 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>

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>• zaproponować 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>



## 2. Siła jako przyczyna zmian ruchu

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
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>
3	Ogólna postać drugiej zasady dynamiki Newtona	<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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4	Tarcie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozróżnić pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego,</li> <li>• rozróżnić 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>• rozróżnić układy inercjalne i nieinercjalne,</li> <li>• posługiwać się pojęciem siły bezwładności.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• potrafi opisywać przykłady zagadnień dynamicznych w układach nieinercyjnych (siły bezwładności).</li> </ul>	

### 3. Praca, moc, energia mechaniczna

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
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>
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. równoważące siłę wewn.}}</math>  <math>\Delta E_p = -W_{\text{wf}}</math>  <math>\Delta E_k = W_{\text{Fwyp.}}</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>

#### 4. Hydrostatyka

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	Cisnienie 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 wyznaczenia 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 wyznaczenia gęstości	<ul style="list-style-type: none"> <li>skorzystać z prawa Archimedesesa do wyznaczenia gęstości ciał stałych i cieczy.</li> </ul>		

## 5. Pole grawitacyjne

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	O odkryciach Kopernika i 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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
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 odchyłeń 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 natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne.</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 pola grawitacyjnego,</li> <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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
7	<b>Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym</b>	<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	<b>Druga prędkość kosmiczna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić wzór 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	<b>Stany przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia</b>	<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 w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę.</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> <li>przygotować prezentację na temat wpływu stanów przeciążenia, niedociążenia i nieważkości na organizm człowieka.</li> </ul>

## 6. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
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 i 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 kątaowa średnia i chwilowa, prędkość kątaowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątaowe średnie i chwilowe,</li> <li>• stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kątaowej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować: szybkość kątaową średnią i chwilową, prędkość kątaową średnią i chwilową, przyspieszenie kątaowe 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 kątaowego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątaowego.</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 kątaową wokół różnych osi obrotu (równoległych do osi symetrii bryły) są różne.</li> </ul>



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4	<b>Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły sztywnej.</b>	<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	<b>Moment pędu bryły sztywnej</b>	<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	<b>Analogie występujące w opisie ruchu postępowego obrotowego</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić analogie występujące w dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego.</li> </ul>	

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
7	Złożenie ruchu postępowego i obrotowego – toczenie		<p>Uczeń potrafi:</p> <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>	

## Aneks 1 i Aneks 2. Niepewności pomiarowe. Doświadczenia

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
Aneks 1 1-5	<p>Wiedomości 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> <p>Opisujemy rozkład normalny</p> <p>Wyznaczamy wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym</p> <p>Badamy ruch po okręgu</p> <p>Wyznaczamy współczynnik tarcia kinetycznego za pomocą równi pochyłej</p> <p>Sprawdzamy drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego</p> <p>Wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego</p>	<p>Uczeń potrafi:</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 oś, 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>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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>Wyznaczamy wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym</p> <p>Badamy ruch po okręgu</p> <p>Wyznaczamy współczynnik tarcia kinetycznego za pomocą równi pochyłej</p> <p>Sprawdzamy drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego</p> <p>Wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego</p>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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>

## PLAN WYNIKOWY (CZ. 2)

### 7. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	Sprężystość jako makroskopowy efekt mikroskopowych oddziaływań elektromagnetycznych	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić różnicę 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 prostą proporcjonalność <math>x \sim F_s</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić przyczynę występowania sprężystości postaci ciał stałych</li> </ul>
2-5	Ruch drgający harmoniczny – matematyczny opis ruchu harmonicznego – okres drgań w ruchu harmonicznym – energia w ruchu harmonicznym	<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> <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>podać warunki, w których ruch drgający jest ruchem harmonicznym,</li> <li>obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym, rozkładając ruch punktu materialnego po okręgu na dwie składowe,</li> <li>wyjaśnić pojęcie fazy drgań,</li> <li>podać i objaśnić wzór na okres drgań harmonicznych,</li> <li>podać wzory na energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą ciała drgającego,</li> <li>sporządzić wykresy zależności: <math>E_p(t)</math>, <math>E_k(t)</math>, <math>E_c(t)</math>, <math>E_p(x)</math> i <math>E_k(x)</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić, że ruch drgający harmoniczny jest ruchem niejednostajnie zmiennym,</li> <li>wyjaśnić pojęcie fazy początkowej; 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 opisu ruchu drgającego.</li> </ul>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
6-7	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 wyznaczania przyspieszenia ziemskiego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na okres wahadła matematycznego,</li> <li>wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła matematycznego jest ruchem harmonicznym.</li> </ul>
8	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>	
9	Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne. Wielkości charakteryzujące fale	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, na czym polega rozchodzenie się fali mechanicznej,</li> <li>wyjaśnić różnicę między falą poprzeczną i podłużną,</li> <li>podać przykłady ośrodków, w których rozchodzą się fale poprzeczne oraz ośrodków, w których rozchodzą się fale podłużne,</li> <li>wymienić i objaśnić wielkości charakteryzujące fale.</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> <li>stosować w obliczeniach związek między długością fali, częstotliwością, okresem i szybkością rozchodzenia się fali.</li> </ul>	

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
10–11	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> i od czasu <math>(t)</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> <li>wykazać, że energia transportowana przez falę jest wprost proporcjonalna do kwadratu amplitudy tej 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 od czasu dla wybranej cząstki biorącej udział w ruchu falowym,</li> <li>stosować funkcję falową do obliczania długości fali.</li> </ul>
12–13	Interferencja 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>\varphi_0 = 0^\circ</math>, <math>0^\circ &lt; \varphi_0 &lt; 180^\circ</math>, <math>\varphi_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>\varphi_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>
14	Zasada Huygensa. Zjawisko dyfrakcji	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać treść zasady Huygensa,</li> <li>opisać zjawisko dyfrakcji.</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> </ul>	

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
15	<b>Interferencja fal harmonicznyc wysyłanych przez identyczne źródła</b>	<ul style="list-style-type: none"> <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>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 harmonicznyc wysyłanych przez identyczne źródła i wyprowadzić wzory opisujące warunek wzmocnienia fali i wygaszenia fali,</li> <li>rozwiązywać zadania z wykorzystaniem warunków wzmocnienia i wygaszenia fal.</li> </ul>
16	<b>Fale akustyczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać cechy fal akustycznych,</li> <li>podać przykłady szybkości rozchodzenia się fal akustycznych (powietrze, woda, żelazo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać różnicę między tonami, dźwiękami i szumami.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać zakres natężenia fali akustycznej rejestrowanej przez ludzki mózg.</li> </ul>
17	<b>Zjawisko Dopplera</b>	<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>



## 8. Zjawiska termodynamiczne

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
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>ewentualnie 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 Boltzmannna).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyrazić średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczki gazy doskonałego przez jego temperaturę <math>T</math> i stałą Boltzmannna.</li> </ul>
3-4	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>sporządzić 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 współrzędnych.</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, stosując ilościowy opis przemian gazu doskonałego.</li> </ul>



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
5	Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować energię wewnętrzną ciała i 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>
6–8	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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
9	Ciepło właściwe i ciepło molowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozróżniać pojęcia ciepła właściwego i ciepła molowego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>definiować pojęcie ciepła właściwego i ciepła molowego substancji,</li> <li>posługiwać się pojęciami ciepła molowego gazu w stałym ciśnieniu i stałej objętości i obliczać ich różnicę.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić związek między <math>C_p</math> i <math>C_v</math> (różnicę i stosunek),</li> <li>skorzystać z informacji, że <math>C_p/C_v</math> zależy od liczby stopni swobody cząsteczek.</li> </ul>
10	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>
11–13	Silniki cieplne. Odwrotny 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>
14–15	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>sporządzić 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 ciepłego z uwzględnieniem przemian fazowych.</li> </ul>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
16	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 pary nienasycone w przybliżeniu stosują się do praw gazowych.</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>
17	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>
18	Transport energii przez przewodzenie 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>

## 9. Pole elektryczne

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych. Prawo Coulomba	<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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać wartość ładunku elementarnego,</li> <li>objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać zadania, stosując prawo Coulomba.</li> </ul>
2-3	Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku,</li> <li>opisać i wyjaśnić sposoby elektryzowania ciał, postępując się zasadą zachowania ładunku.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązywać zadania doświadczalne dotyczące elektryzowania ciał.</li> </ul>	
4-5	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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć definicję natężenia pola,</li> <li>korzystając z definicji podać jednostkę natężenia pola w SI,</li> <li>obliczać natężenie pola wytworzonego przez ładunek punktowy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzić wykres <math>E(r)</math> dla pola wytworzonego przez ładunek punktowy.</li> </ul>
6	Zasada superpozycji natężeń pól	<ul style="list-style-type: none"> <li>korzystając z zasady superpozycji pól, opisać jakościowo pole wytworzone przez wybrane układy ładunków.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć natężenie pola w różnych punktach symetrycznej odcinka łączącego ładunki tworzące dipol elektryczny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć natężenie pola wytworzonego przez wybrane układy ładunków.</li> </ul>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
7	Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika. Przewodnik w polu elektrostatycznym	<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 w przewodzonego 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> <li>przedstawić graficznie pole elektrostatyczne wytworzone przez naelektryzowaną kulkę, do której zbliżono przedmiot metalowy.</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> <li>uzasadnić fakt, że wewnątrz przewodnika znajdującego się w zewnętrznym polu elektrostatycznym natężenie pola jest równe zero</li> </ul>
8–11	Praca w polu elektrostatycznym jednorodnym i centralnym		<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 elektrostatycznego do zapisań 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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
12–15	Pojemność elektryczna ciała przewodzącego. Kondensator płaskiego Energia naładowanego kondensatora	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować pojemność przewodnika i jednostkę pojemności,</li> <li>odpowiedzieć na pytanie: od czego zależy pojemność przewodnika?</li> <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> <li>objaśnić, od czego i jak zależy energia naładowanego kondensatora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić wpływ dielektryka na pojemność kondensatora,</li> <li>rozwiązywać zadania dotyczące pojemności i energii kondensatora płaskiego,</li> <li>rozwiązywać zadania dotyczące łączenia kondensatorów.</li> </ul>
16	Ruch cząstki naładowanej w polu elektrycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>analizować jakościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadku:  <math>\vec{v}_0 = 0</math>,  <math>\vec{v}_0 \parallel \vec{E}</math>,  <math>\vec{v}_0 \perp \vec{E}</math></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>

## 10. Prąd stały

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	Prąd elektryczny jako przepływ ładunku. Pierwsze prawo Kirchhoffa	<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>	
2-3	Badania 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>
4	Łączenie szeregowo i równoległe odbiorników	<ul style="list-style-type: none"> <li>posługiwać się pojęciami: połączenie szeregowo, połączenie równoległe, opór zastępczy,</li> <li>podać wzory na opór zastępczy odbiorników połączonych szeregowo i równoległe, i stosować je w rozwiązywaniu zadań,</li> <li>wyjaśnić rolę bezpieczników w domowej instalacji elektrycznej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzory na opory zastępcze,</li> <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>wyjaśnić, dlaczego wyznaczenie oporu za pomocą amperomierza i woltomierza jest zawsze obarczone błędem i jak stosować odpowiednie poprawki.</li> </ul>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
5	Od czego zależy opór przewodnika?	<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 przekroju poprzecznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić rozumowanie doprowadzające do wniosku, jak opór przewodnika zależy od jego długości i przekroju.</li> </ul>
6	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>
7	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>	



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
8-9	prosty obwód zamknięty. Prawo Ohma dla obwodu. Co wskazuje woltomierz dołączony do biegunów źródła siły elektromotorycznej?	<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> <li>• wyjaśnić, jaką wielkość wskazuje woltomierz dołączony do biegunów źródła w obwodzie otwartym i zamkniętym,</li> <li>• wyjaśnić różnicę między siłą elektromotoryczną i napięciem pomiędzy biegunami (na podstawie prawa Ohma),</li> <li>• wyjaśnić pojęcie oporu wewnętrznego ogniwa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zaplanować doświadczenie, którego celem jest sporządzenie wykresu zależności napięcia na końcach źródła od natężenia prądu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić prawo Ohma dla zamkniętego obwodu z zasady zachowania energii,</li> <li>• przedstawić na wykresie zależność <math>U(I)</math> i wyznaczyć z wykresu siłę elektromotoryczną ogniwa i jego opór wewnętrzny.</li> </ul>
10	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>• przedstawić bilans energii w obwodzie zamkniętym zawierającym tzw. elementy czynne (np. akumulator lub silnik elektryczny).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prześledzić wzrosty i spadki potencjału w obwodzie zamkniętym (oczku),</li> <li>• rozwiązywać problemy ilościowe z wykorzystaniem praw Kirchhoffa.</li> </ul>

## 11. Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1–10	<p>Magnesy trwałe. Pole magnetyczne magnesu</p> <p>Przewodnik z prądem w polu magnetycznym</p> <p>Wektor indukcji magnetycznej</p> <p>Naładowana cząstka w polu magnetycznym. Siła Lorentza.</p> <p>Cyklotron</p> <p>Pole magnetyczne przewodników z prądem</p> <p>Silnik elektryczny</p> <p>Właściwości magnetyczne substancji</p>	<p>Uczeń potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić graficznie pole magnetyczne magnesu trwałego,</li> <li>• opisać i przedstawić graficznie pole magnetyczne przewodnika prostoliniowego, kołowej pętli i zwojnicy,</li> <li>• podać cechy wektora indukcji magnetycznej <math>\vec{B}</math> i jej jednostkę,</li> <li>• opisać i wyjaśnić doświadczenie Oersteda,</li> <li>• podać cechy siły elektrodynamicznej,</li> <li>• podać cechy siły Lorentza,</li> <li>• stosować wzór na wartość siły Lorentza dla przypadku <math>\vec{B} \perp \vec{v}</math>,</li> <li>• stosować wzór na wartość siły elektrodynamicznej dla przypadku gdy <math>\vec{B} \perp \Delta \vec{l}</math>,</li> <li>• objaśnić pojęcie strumienia magnetycznego i podać jego jednostkę,</li> <li>• podać przykłady zastosowania ferromagnetyków.</li> </ul>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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 i siły Lorentza w konkretnych przypadkach,</li> <li>• opisać ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym dla przypadku <math>\vec{B} \perp \vec{v}</math>,</li> <li>• objaśnić zasadę działania silnika elektrycznego,</li> <li>• jakościowo opisać właściwości magnetyczne substancji.</li> </ul>	<p>Uczeń potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przedyskutować zależność wartości siły Lorentza od kąta między wektorami <math>\vec{B}</math> i <math>\vec{v}</math>,</li> <li>• przedyskutować zależność wartości siły elektrodynamicznej od kąta między wektorem <math>\vec{B}</math> i przewodnikiem,</li> <li>• opisać oddziaływania wzajemne przewodników z prądem i podać definicję ampera,</li> <li>• przedyskutować ruch naładowanej cząstki w polu magnetycznym w zależności od kąta między wektorami <math>\vec{B}</math> i <math>\vec{v}</math>,</li> <li>• przedstawić zasadę działania i zastosowanie cyklotronu,</li> <li>• rozwiązywać problemy związane z oddziaływaniem pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną i przewodnik z prądem.</li> </ul>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
11-14	<p>Zjawisko indukcji elektromagnetycznej</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prąd indukcyjny</li> <li>- Siła elektromotoryczna indukcji</li> <li>- Reguła Lenza</li> </ul> <p>Zjawisko samoindukcji</p> <p>Prąd zmienny</p> <p>Transformator</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, na czym polega zjawisko indukcji elektromagnetycznej i podać warunki jego występowania,</li> <li>• podać przykładowe sposoby wzbudzenia prądu indukcyjnego,</li> <li>• stosować regułę Lenza,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: od czego zależy siła elektromotoryczna indukcji?</li> <li>• posługiwać się pojęciem strumienia magnetycznego,</li> <li>• poprawnie interpretować prawo Faradaya indukcji elektromagnetycznej,</li> <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> <li>• wymienić wielkości opisujące prąd przemienny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i przedyskutować wzór na strumień wektora indukcji magnetycznej,</li> <li>• obliczać strumień magnetyczny</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadłe do linii pola powstaje napięcie,</li> <li>• sporządzać wykresy <math>\Phi(t)</math> i <math>\mathcal{E}(t)</math>,</li> <li>• poprawnie interpretować wyrażenie na siłę elektromotoryczną indukcji i samoindukcji,</li> <li>• objaśnić zasadę działania prądu przemiennego,</li> <li>• posługiwać się wielkościami opisującymi prąd przemienny,</li> <li>• obliczać pracę i moc prądu przemiennego,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie ciepła Joule'a</li> <li>• objaśnić zasadę działania transformatora,</li> <li>• podać przykłady zastosowania transformatora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na napięcie powstające między końcami przewodnika poruszającego się w polu magnetycznym prostopadłe do linii pola,</li> <li>• wyprowadzić wzór na <math>\mathcal{E}</math> dla prądu przemiennego,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego przesyłane energii elektrycznej wiąże się z jej stratami,</li> <li>• przygotować prezentację na temat przesyłania energii elektrycznej na duże odległości.</li> </ul>

## 12. Optyka

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1-2	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,</li> <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>• zapisać i objaśnić związek względnego współczynnika załamania światła na granicy dwóch ośrodków z bezwzględnymi współczynnikami załamania tych ośrodków,</li> <li>• zdefiniować kąt graniczny,</li> <li>• wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.</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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3-6	<p>Zwierciadła płaskie i kuliste                      Płytką równoległościenną i pryzmat (uzupełnienie)                      Soczewki. Obrazy otrzymywane w soczewkach                      Rozszczepienie światła białego w pryzmacie</p>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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,</li> <li>opisać rodzaje soczewek,</li> <li>objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna,</li> <li>objaśnić pojęcie zdolności skupiającej soczewki,</li> <li>obliczać zdolność skupiającą soczewki,</li> <li>opisać i wyjaśnić zjawisko rozszczepienia światła białego.</li> </ul>	<p>Uczeń potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną, korzystając z prawa załamania,</li> <li>opisać przejście światła przez pryzmat, korzystając z prawa załamania,</li> <li>wykonać konstrukcję obrazu w zwierciadle płaskim,</li> <li>zapisać równanie zwierciadła i prawidłowo 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> <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>sporządzić konstrukcje obrazów w soczewkach i wymienić cechy obrazu w każdym przypadku,</li> <li>zapisać i zinterpretować równanie soczewki,</li> <li>objaśnić działanie oka jako przyrządu optycznego.</li> </ul>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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> <li>objaśnić zasadę działania lupy,</li> <li>korzystać z równania soczewki do rozwiązywania problemów,</li> <li>rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe, związane z praktycznym wykorzystaniem 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> <li>budowa i zasada działania mikroskopu optycznego.</li> </ul> </li> </ul>

### 13. Dualna natura promieniowania elektromagnetycznego i materii

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1-2	<p>Fale elektromagnetyczne</p> <p>Światło jako fala elektromagnetyczna:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pomiar wartości prędkości światła</li> <li>- doświadczenie Younga</li> <li>- dyfrakcja i interferencja światła. Siatka dyfrakcyjna</li> <li>- polaryzacja światła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić widmo fal elektromagnetycznych,</li> <li>• podać źródła fal z poszczególnych zakresów długości omówić ich zastosowania,</li> <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 białego,</li> <li>• zapisać wzór wyrażający zależność położenia prążka <math>n</math>-tego rzędu od długości fali i odległości między szczelinami i poprawnie go zinterpretować</li> <li>• objaśnić zjawisko polaryzacji światła (jakościowo),</li> <li>• wymienić sposoby polaryzowania światła.</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> <li>• rozwiązywać problemy z zastosowaniem zależności <math>d \sin \alpha = n \lambda</math>.</li> <li>• posługiwać się pojęciem kąta Brewstera.</li> </ul>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
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 fotoelektryczny i wynikające z nich wnioski,</li> <li>rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska fotoelektrycznego,</li> <li>przygotować prezentację „Narodziny fizyki kwantowej”.</li> </ul>



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4-5	<b>Emisja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego</b>	<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 analizy widmowej</li> <li>• wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym</li> <li>• posługiwać się pojęciem atomu w stanie podstawowym i 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>• sformułować i zapisać postulaty Bohra,</li> <li>• obliczyć całkowitą energię elektronu w atomie wodoru,</li> <li>• wyjaśnić, jak powstają serie widmowe, korzystając z 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> <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>• 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 wyników doświadczalnych,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy że światło ma naturę dualną,</li> <li>• posługiwać się prawami Stefana-Boltzmana i Wiena.</li> </ul>



Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
6	<b>Promieniowanie rentgenowskie</b>	<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_{\text{min}}</math></li> <li>wyprowadzić wzór na <math>\lambda_{\text{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>

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
7	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 makroskopowych i makroskopowych,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego właściwości falowe obiektów makroskopowych (cząstek) mogą być zaobserwowane w eksperymentach, a nie obserwuje się właściwości falowych obiektów makroskopowych.</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 temat:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– interferencja fal materii na dwóch szczelinach.</li> <li>– interferencja pojedynczych elektronów (np. korzystając z animacji i symulacji zamieszczonych w multimedialnej obudowie pod ręcznika),</li> </ul> </li> <li>• przygotować prezentację pt. „Dualizm kwantowo-falowy w przyrodzie”.</li> </ul>

#### 14. Modele przewodnictwa elektrycznego

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1-4	Półprzewodniki	<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 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 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>

### Aneks 3. Doświadczenia

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1-7	<p>1. Pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny</p> <p>2. Wyznaczanie ciepła właściwego cieczy lub ciała stałego</p> <p>3. Badanie kształtu linii pola elektrycznego</p> <p>4. Badanie kształtu linii pola magnetycznego</p> <p>5. Wyznaczanie współczynnika załamania światła</p> <p>6. Wyznaczanie powiększenia obrazu otrzymanego za pomocą soczewki</p> <p>7. Znajdowanie charakterystyk prądowo-napięciowych opornika, żarówki i diody półprzewodnikowej</p>	<p>Uczeń potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• odczytywać wskazania przyrządów pomiarowych, 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>• porządzić odpowiedni układ współrzędnych (podpisać i wyskalować oś, 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>	<p>Uczeń potrafi:</p> <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 wniosek wynikające z doświadczenia.</li> </ul>	<p>Uczeń potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dopasować prostą do wyników pomiarów,</li> <li>• obliczyć współczynnik kierunkowy prostej</li> <li>• dopasować do punktów pomiarowych, 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>