

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 harmonicznnych 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">– Matematyczny opis ruchu harmonicznego– Okres drgań w ruchu harmonicznym– Energia w ruchu harmonicznym	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 harmonicznnych 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"> • podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych, • wymienić cechy wektora, • dodać wektory, • odjąć wektor od wektora, • pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę, • rozłożyć wektor na składowe o dowolnych kierunkach, • obliczyć współrzędne wektora w dowolnym układzie współrzędnych, • zapisać równanie wektorowe w postaci równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych. 	<ul style="list-style-type: none"> • zilustrować przykładem każdą z cech wektora, • mnożyć wektory skalarnie i wektorowo, • odczytać z wykresu cechy wielkości wektorowej. 	

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"> • podzielić ruchy na postępowe i obrotowe i objaśnić różnice między nimi, • posługiwać się pojęciami: szybkość średnia i chwilowa, droga, położenie, przemieszczenie, prędkość średnia i chwilowa, przyspieszenie średnie i chwilowe, • obliczać szybkość średnią, • narysować wektor położenia ciała w układzie współrzędnych, • narysować wektor przemieszczenia ciała w układzie współrzędnych, • odróżnić zmianę położenia od przebytej drogi, • podać warunki, przy których wartość przemieszczenia jest równa przebytej drodze, • narysować prędkość chwilową jako wektor styczny do toru w każdym jego punkcie, • objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym, • zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować: szybkością średnią i chwilową, przemieszczenie, prędkość średnią i chwilową, przyspieszenie średnie i chwilowe, • skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym, opóźnionym i w ruchu krzywoliniowym. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego, • przeprowadzić dyskusję problemu przyspieszenia w ruchach zmiennych krzywoliniowych, • rozróżnić jednostki podstawowe wielkości fizycznych i ich pochodne.

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

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"> • opisać rzut poziomy, jako ruch złożony ze spadania swobodnego i ruchu jednostajnego w kierunku poziomym, • objaśnić wzory opisujące rzut poziomy, • wyrazić szybkość liniową przez okres ruchu i częstotliwość, • posługiwać się pojęciem szybkości kątowej, • wyrazić szybkość kątową przez okres ruchu i częstotliwość, • stosować miarę łukową kąta, • zapisać związek pomiędzy szybkością liniową i kątową. 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać matematycznie rzut poziomy, • obliczyć wartość prędkości chwilowej ciała rzuconego poziomo i ustalić jej kierunek, • wyprowadzić związek między szybkością liniową i kątową, • przekształcać wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego i zapisać różne postacie tego wzoru. 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania dotyczące rzutu poziomego, • zaproponować i wykonać doświadczenie pokazujące, że czas spadania ciała rzuconego poziomo z pewnej wysokości jest równy czasowi spadania swobodnego z tej wysokości, • rozwiązywać problemy dotyczące ruchu jednostajnego po okręgu.

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"> dokonać klasyfikacji oddziaływań na wymagające bezpośredniego kontaktu i oddziaływania „na odległość”, wymienić „wzajemność” jako cechę wszystkich oddziaływań, objaśnić stwierdzenia: „siła jest miarą oddziaływania”, „o zachowaniu ciała decyduje zawsze siła wypadkowa wszystkich sił działających na to ciało”. 		
2	Zasady dynamiki Newtona	<ul style="list-style-type: none"> wypowiedzieć treść zasad dynamiki, wskazywać źródło siły i przedmiot jej działania, rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał. 	<ul style="list-style-type: none"> stosować poprawnie zasady dynamiki, posługiwać się pojęciem układu inercjalnego. 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać problemy, stosując zasady dynamiki.
3	Ogólna postać drugiej zasady dynamiki Newtona	<ul style="list-style-type: none"> posługiwać się pojęciem pędu, zapisać i objaśnić ogólną postać II zasady dynamiki, wypowiedzieć zasadę zachowania pędu. 	<ul style="list-style-type: none"> znajdować graficznie pęd układu ciał, obliczać wartość pędu układu ciał, stosować ogólną postać II zasady dynamiki, objaśnić pojęcie środka masy. 	<ul style="list-style-type: none"> znajdować położenie środka masy układu dwóch ciał, stosować zasadę zachowania pędu do rozwiązywania zadań.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4	Tarcie	<ul style="list-style-type: none"> rozróżnić pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego, rozróżnić współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego, zapisać wzory na wartości sił tarcia kinetycznego i statycznego. 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego, sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równoległe do stykających się powierzchni dwóch ciał. 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać problemy dynamiczne z uwzględnieniem siły tarcia posuwistego.
5	Siły w ruchu po okręgu	<ul style="list-style-type: none"> sformułować warunek ruchu jednostajnego po okręgu z punktu widzenia obserwatora w układzie inercyjnym (działanie siły dośrodkowej stanowiącej wypadkową wszystkich sił działających na ciało), objaśnić wzór na wartość siły dośrodkowej. 	<ul style="list-style-type: none"> stosować zasady dynamiki do opisu ruchu po okręgu. 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać problemy dynamiczne dotyczące ruchu po okręgu.
6	Opis ruchu w układach inercyjnych	<ul style="list-style-type: none"> rozróżnić układy inercyjne i nieinercyjne, posługiwać się pojęciem siły bezwładności. 	<ul style="list-style-type: none"> potrafi opisywać przykłady zagadnień dynamicznych w układach nieinercyjnych (siły bezwładności). 	

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"> • obliczyć iloczyn skalarny dwóch wektorów. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować iloczyn skalarny dwóch wektorów • podać cechy iloczynu skalarnego. 	
2	Praca i moc	<ul style="list-style-type: none"> • obliczać pracę stałej siły, • obliczać moc urządzeń. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować pracę stałej siły jako iloczyn skalarny siły i przemieszczenia, • obliczać chwilową moc urządzeń. 	<ul style="list-style-type: none"> • podać sposób obliczania pracy siły zmiennej.
3	Energia mechaniczna. Rodzaje energii mechanicznej	<ul style="list-style-type: none"> • obliczać energię potencjalną ciała w pobliżu Ziemi, • obliczać energię kinetyczną ciała, • wyprowadzić wzór na energię potencjalną ciała w pobliżu Ziemi, korzystając z definicji pracy, • zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną ciała. 	<ul style="list-style-type: none"> • objaśnić pojęcia: układ ciał, siły wewnętrzne w układzie ciał, siły zewnętrzne dla układu ciał, • sformułować i objaśnić definicję energii potencjalnej układu ciał, • posługiwać się pojęciem siły zachowawczej. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na energię kinetyczną. • rozwiązywać zadania, korzystając ze związków: $\Delta E_m = W_z,$ $\Delta E_p = W_{\text{siły zewn. równoważającej siłę wewn.}}$ $\Delta E_p = -W_{w'}$ $\Delta E_k = W_{\text{Fwyp.}}$
4	Zasada zachowania energii mechanicznej	<ul style="list-style-type: none"> • podać przykłady zjawisk, w których jest spełniona zasada zachowania energii. 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić zasadę zachowania energii, • stosować zasadę zachowania energii i pędu do opisu zderzeń, • stosować zasadę zachowania energii do rozwiązywania zadań. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić zasadę zachowania energii dla układu ciał, • rozwiązywać problemy, w których energia mechaniczna ulega zmianie.

4. Hydrostatyka

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	Ciśnienie hydrostatyczne. Prawo Pascala	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować ciśnienie, • objaśnić pojęcie ciśnienia hydrostatycznego, • objaśnić prawo Pascala, • objaśnić prawo naczyń połączonych. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega zjawisko paradoksu hydrostatycznego, • objaśnić zasadę działania urządzeń, w których wykorzystano prawo Pascala, • objaśnić sposób wykorzystania prawa naczyń połączonych do wyznaczania gęstości cieczy. 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać problemy z hydrostatyki.
2	Prawo Archimedesesa	<ul style="list-style-type: none"> • podać i objaśnić prawo Archimedesesa. 	<ul style="list-style-type: none"> • objaśnić warunki pływania ciał. • rozwiązywać zadania, stosując prawo Archimedesesa. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić prawo Archimedesesa.
3	Zastosowanie prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości	<ul style="list-style-type: none"> • skorzystać z prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy. 		

5. Pole grawitacyjne

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1	O odkryciach Kopernika Keplera	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić założenia teorii heliocentrycznej • sformułować i objaśnić treść praw Keplera • opisać ruchy planet Układu Słonecznego. 	<ul style="list-style-type: none"> • zastosować trzecie prawo Keplera do planet Układu Słonecznego i każdego układu satelitów krążących wokół tego samego ciała . 	<ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii.
2	Prawo powszechnej grawitacji	<ul style="list-style-type: none"> • sformułować i objaśnić prawo powszechnej grawitacji, • podać przykłady zjawisk, do opisu których stosuje się prawo grawitacji, • na podstawie prawa grawitacji wykazać, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N. 	<ul style="list-style-type: none"> • podać sens fizyczny stałej grawitacji, • wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i gęstości. 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać oddziaływanie grawitacyjne wewnątrz Ziemi, • omówić różnicę między ciężarem ciała a siłą grawitacji, • przedstawić rozumowanie prowadzące od III prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona, • przygotować prezentację na temat roli Newtona w rozwoju nauki.
3	Pierwsza prędkość kosmiczna	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi. 	<ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić, że satelita tylko wtedy może krążyć wokół Ziemi po orbicie w kształcie okręgu, gdy siła grawitacji stanowi siłę dośrodkową. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej.

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"> wie, że dla wszystkich planet Układu Słonecznego siła grawitacji słonecznej jest siłą dośrodkową. 	<ul style="list-style-type: none"> obliczać (szacować) wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie, porównywać okresy obiegu planet, znając ich średnie odległości od Słońca, porównywać wartości prędkości ruchu obiegowego planet Układu Słonecznego. 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchyień tego ruchu od wcześniej przewidywanego, mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich.
5	Natężenie pola grawitacyjnego	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić pojęcie pola grawitacyjnego i linii pola, przedstawić graficznie pole grawitacyjne, poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego, odpowiedzieć na pytanie: Od czego zależy wartość natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?, wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne. 	<ul style="list-style-type: none"> obliczać wartość natężenia pola grawitacyjnego, sporządzić wykres zależności $\gamma(r)$ dla $r \geq R$. 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzór na wartość natężenia pola grawitacyjnego wewnątrz jednorodnej kuli o danej gęstości sporządzić wykres zależności $\gamma(r)$ dla $r < R$, rozwiązywać problemy, stosując ilościowy opis pola grawitacyjnego, przygotować wypowiedź na temat „natężenie pola grawitacyjnego a przyspieszenie grawitacyjne”.
6	Praca w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym. 	<ul style="list-style-type: none"> podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym objaśnić wzór na pracę siły pola grawitacyjnego. 	<ul style="list-style-type: none"> przeprowadzić rozumowanie wykazujące, że dowolne (statyczne) pole grawitacyjne jest polem zachowawczym.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
7	Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> • 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? 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym, • poprawnie wypowiedzieć definicję grawitacyjnej energii potencjalnej. 	<ul style="list-style-type: none"> • wykazać, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem „minus”, • poprawnie sporządzić i zinterpretować wykres zależności $E_p(r)$, • wyjaśnić, dlaczego w polach niezachowawczych nie operujemy pojęciem energii potencjalnej.
8	Druga prędkość kosmiczna	<ul style="list-style-type: none"> • objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej, • obliczyć wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej, • opisać ruch ciała w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej mu prędkości. 	<ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację na temat ruchu satelitów w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej im prędkości.
9	Stany przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia	<ul style="list-style-type: none"> • podać przykłady występowania stanu przeciążenia, niedociążenia i nieważkości. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować stan przeciążenia, niedociążenia i nieważkości, • opisać (w układzie inercyjnym i nieinercyjnym) zjawiska występujące w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego stan nieważkości może występować tylko w układach nieinercyjnych, • wyjaśnić, na czym polega zasada równoważności, • przygotować prezentację na temat wpływu stanów przeciążenia, niedociążenia i nieważkości na organizm człowieka.

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"> • podać przykład wielkości fizycznej, która jest iloczynem wektorowym dwóch wektorów. 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać iloczyn wektorowy dwóch wektorów, • podać jego cechy (wartość • kierunek, zwrot). 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest antyprzemienny.
2	Ruch obrotowy bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> • wymienić wielkości opisujące ruch obrotowy, • posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe, • stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kątowej. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować: szybkość kątową średnią i chwilową, prędkość kątową średnią i chwilową, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe, • opisać matematycznie ruch obrotowy: jednostajny, jednostajnie przyspieszony, jednostajnie opóźniony, • zapisać i objaśnić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego.
3	Energia kinetyczna bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym • posługiwać się pojęciem momentu bezwładności. 	<ul style="list-style-type: none"> • podać definicję momentu bezwładności bryły, • obliczać momenty bezwładności brył względem ich osi symetrii, • obliczać energię kinetyczną bryły obracającej się wokół osi symetrii. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym, • stosować twierdzenie Steinera, • wyjaśnić, dlaczego energie kinetyczne bryły obracającej się z taką samą szybkością kątową wokół różnych osi obrotu (równoległych do osi symetrii bryły) są różne.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4	Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	<ul style="list-style-type: none"> • podać warunek zmiany stanu ruchu obrotowego bryły sztywnej, • posługiwać się pojęciem momentu siły, • podać treść zasad dynamiki ruchu obrotowego. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować moment siły, • obliczać wartości momentów sił działających na bryłę sztywną, znajdować ich kierunek i zwrot, • znajdować wypadkowy moment sił działających na bryłę. 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania, stosując zasady dynamiki ruchu obrotowego.
5	Moment pędu bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciem momentu pędu, • podać treść zasady zachowania momentu pędu. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować moment pędu, • obliczać wartość momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii, • zapisać i objaśnić ogólną postać drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego. 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania, stosując zasadę zachowania momentu pędu.
6	Analogie występujące w opisie ruchu postępowego obrotowego		<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić analogie występujące w dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego. 	

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
7	Złożenie ruchu postępowego i obrotowego – toczenie		<ul style="list-style-type: none"> • opisać toczenie bez poślizgu, jako złożenie ruchu postępowego bryły i jej ruchu obrotowego wokół środka masy, • opisać toczenie jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu, • znajdować prędkość punktów toczącej się bryły jako wypadkową prędkości jej ruchu postępowego i obrotowego wokół środka masy, • obliczać energię kinetyczną toczącej się bryły, • zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły sztywnej. 	

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>Wiadomości wstępne</p> <p>Niepewności pomiarów bezpośrednich (prostych)</p> <p>Niepewności pomiarów pośrednich (złożonych)</p> <p>Graficzne przedstawianie wyników pomiarów wraz z ich niepewnościami</p> <p>Dopasowanie prostej do wyników pomiarów</p>	<ul style="list-style-type: none"> wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich (prostych), wymienić przykłady pomiarów pośrednich (złożonych), odróżnić błędy od niepewności odróżnić błędy grube od błędów systematycznych, wymienić sposoby eliminowania błędów pomiaru, wskazać źródła występowania niepewności pomiarowych, odczytywać wskazania przyrządów pomiarowych, ocenić dokładność przyrządu przygotować zestaw doświadczalny wg instrukcji, wykonać samodzielnie kolejne czynności, sporządzić tabelę wyników pomiaru, obliczyć wartości średnie wielkości mierzonych, sporządzić odpowiedni układ współrzędnych (podpisać i wyskalować osie, zaznaczyć jednostki wielkości fizycznych), zaznaczyć w układzie współrzędnych punkty wraz z niepewnościami, zapisać wynik pomiaru w postaci $x \pm \Delta x$. 	<ul style="list-style-type: none"> obliczyć niepewność względną pomiaru, oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą najmniej korzystnego przypadku, przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami, dopasować graficznie prostą do punktów pomiarowych i ocenić trafność tego postępowania, odczytać z dopasowanego graficznie wykresu współczynnik kierunkowy prostej, podać przyczyny ewentualnych błędów systematycznych, zaproponować sposób postępowania pozwalający uniknąć błędów systematycznych, oszacować wielkość błędów systematycznych, ocenić krytycznie, czy otrzymany wynik doświadczenia jest realny, samodzielnie sformułować wnioski wynikające z doświadczenia. 	<ul style="list-style-type: none"> dopasować prostą do wyników pomiarów, obliczyć współczynnik kierunkowy prostej dopasowanej do punktów pomiarowych, obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, obliczyć odchylenie standardowe średniej dla każdej serii pomiarów, podać wynik pomiaru w postaci $x \pm \Delta x$, ocenić, czy niepewność pomiaru jest niepewnością systematyczną, samodzielnie zaproponować metodę wyznaczenia wielkości fizycznej.
Aneks 2 1–6	<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>			

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"> • wyjaśnić różnicę między odkształceniami sprężystymi i niesprężystymi • wymienić stany skupienia, w których nie występuje sprężystość postaci 	<ul style="list-style-type: none"> • na przykładzie rozciąganej sprężyny wyjaśnić prostą proporcjonalność $x \sim F_s$ 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić przyczynę występowania sprężystości postaci ciał stałych
2–5	Ruch drgający harmoniczny – matematyczny opis ruchu harmonicznego – okres drgań w ruchu harmonicznym – energia w ruchu harmonicznym	<ul style="list-style-type: none"> • wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie, • wymienić i objaśnić pojęcia służące do opisu ruchu drgającego, • podać cechy ruchu harmonicznego, • zapisać i objaśnić związek siły, pod wpływem której odbywa się ruch harmoniczny, z wychyleniem ciała z położenia równowagi, • podać sens fizyczny współczynnika sprężystości dla sprężyny, • sporządzić i omówić wykresy: $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$, • omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny. 	<ul style="list-style-type: none"> • podać warunki, w których ruch drgający jest ruchem harmonicznym, • obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym, rozkładając ruch punktu materialnego po okręgu na dwie składowe, • wyjaśnić pojęcie fazy drgań, • podać i objaśnić wzór na okres drgań harmonicznym, • podać wzory na energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą ciała drgającego, • sporządzić wykresy zależności: $E_p(t)$, $E_k(t)$, $E_c(t)$, $E_p(x)$ i $E_k(x)$. 	<ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić, że ruch drgający harmoniczny jest ruchem niejednostajnie zmiennym, • wyjaśnić pojęcie fazy początkowej, zapisać związki $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$ i $F_x(t)$ z użyciem tego pojęcia, • wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym, • wyprowadzić wzory na energię potencjalną sprężystości i energię kinetyczną ciała drgającego, • udowodnić, że całkowita energia mechaniczna ciała wykonującego ruch harmoniczny jest stała, • rozwiązywać zadania z wykorzystaniem matematycznego opisu ruchu drgającego.

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"> • zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, 	<ul style="list-style-type: none"> • podać definicję wahadła matematycznego, • opisać sposób wykorzystania wahadła matematycznego do wyznaczania przyspieszenia ziemskiego. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić wzór na okres wahadła matematycznego, • wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła matematycznego jest ruchem harmonicznym.
8	Drgania wymuszone i rezonansowe	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu mechanicznego, • zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego. 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzorem i objaśnić pojęcie częstotliwości drgań własnych, • wyjaśnić powstawanie drgań wymuszonych. 	
9	Pojęcie fali. Fale podłużne i poprzeczne. Wielkości charakteryzujące fale	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega rozchodzenie się fali mechanicznej, • wyjaśnić różnicę między falą poprzeczną i podłużną, • podać przykłady ośrodków, w których rozchodzą się fale poprzeczne oraz ośrodków, w których rozchodzą się fale podłużne, • wymienić i objaśnić wielkości charakteryzujące fale. 	<ul style="list-style-type: none"> • uzasadnić fakt, że fala podłużna może się rozchodzić w każdym ośrodku, a fala poprzeczna tylko w ciałach stałych i na powierzchni cieczy, • podać definicję fali harmonicznej, • stosować w obliczeniach związek między długością fali, częstotliwością, okresem i szybkością rozchodzenia się fali. 	

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"> uzasadnić (posługując się funkcją falową) fakt, że wychylenie cząstki ośrodka biorącej udział w ruchu falowym zależy od jej położenia (x) i od czasu (t). 	<ul style="list-style-type: none"> podać wzór na wychylenie cząstki biorącej udział w ruchu falowym (funkcję falową) i objaśnić go, wyjaśnić, co nazywamy fazą fali, wykazać, że energia transportowana przez falę jest wprost proporcjonalna do kwadratu amplitudy tej fali. 	<ul style="list-style-type: none"> z badać zależność $y(x)$ wychylenia cząstki od jej odległości od źródła w ustalonej chwili, z badać zależność $y(t)$ wychylenia od czasu dla wybranej cząstki biorącej udział w ruchu falowym, stosować funkcję falową do obliczania długości fali.
12–13	Interferencja fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach	<ul style="list-style-type: none"> podać zasadę superpozycji fal, wyjaśnić pojęcie przesunięcia fazowego, przedstawić na wykresach wynik interferencji fal przesuniętych w fazie o $\varphi_0 = 0^\circ$, $0^\circ < \varphi_0 < 180^\circ$, $\varphi_0 = 180^\circ$, podać warunek, przy którym w wyniku interferencji dwóch fal powstaje fala stojąca, opisać falę stojącą (strzałki, węzły). 	<ul style="list-style-type: none"> analizować i wyjaśniać wynik interferencji fal o częstotliwościach ν_1 i $\nu_2 = 2\nu_1$ oraz ν_1 i $\nu_2 = 3\nu_1$, wyjaśnić pojęcia częstotliwości podstawowej i wyższych harmonicznnych, zinterpretować graficznie amplitudę fali w funkcji falowej opisującej falę stojącą, obliczyć odległość między sąsiednimi węzłami lub strzałkami fali stojącej, opisać fale stojące w strunach. 	<ul style="list-style-type: none"> dokonać matematycznie superpozycji dwóch fal przesuniętych w fazie o φ_0 i zinterpretować otrzymaną funkcję falową, dokonać matematycznie superpozycji dwóch fal, w wyniku której powstaje fala stojąca i zinterpretować otrzymaną funkcję falową, rozwiązywać zadania dotyczące fal stojących.
14	Zasada Huygensa. Zjawisko dyfrakcji	<ul style="list-style-type: none"> podać treść zasady Huygensa, opisać zjawisko dyfrakcji. 	<ul style="list-style-type: none"> podać warunek, przy którym następuje silne ugięcie fali oraz warunek, przy którym zjawisko ugięcia można pominąć. 	

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
15	Interferencja fal harmonicznch wysyłanych przez identyczne źródła	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować źródła spójne (źródła fal spójnych) podać warunki wzmocnienia fali i jej wygaszenia w przypadku interferencji fal wysyłanych przez identyczne źródła. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> dokonać matematycznie interferencji fal harmonicznch wysyłanych przez identyczne źródła i wyprowadzić wzory opisujące warunek wzmocnienia fali i wygaszenia fali, rozwiązywać zadania z wykorzystaniem warunków wzmocnienia i wygaszenia fal.
16	Fale akustyczne	<ul style="list-style-type: none"> podać cechy fal akustycznych, podać przykłady szybkości rozchodzenia się fal akustycznych (powietrze, woda, żelazo) 	<ul style="list-style-type: none"> opisać różnicę między tonami, dźwiękami i szumami. 	<ul style="list-style-type: none"> opisać zakres natężenia fali akustycznej rejestrowanej przez ludzki mózg.
17	Zjawisko Dopplera	<ul style="list-style-type: none"> opisać zjawisko Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora. 	<ul style="list-style-type: none"> opisać zjawisko Dopplera w dowolnym przypadku względnego ruchu źródła dźwięku i obserwatora, wyprowadzić wzór na częstotliwość odbieranego dźwięku w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora. 	<ul style="list-style-type: none"> zinterpretować wzór ogólny (dla wszystkich przypadków) na częstotliwość odbieranego dźwięku w przypadku względnego ruchu źródła i obserwatora, rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska Dopplera.

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"> opisać założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego, wyjaśnić z punktu widzenia teorii wywieranie przez gaz ciśnienia na ścianki naczynia, wymienić czynniki wpływające na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym. 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać wzór na ciśnienie gazu (podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej), wyrazić wzór na ciśnienie gazu przez różne wielkości fizyczne (liczbę moli, masę pojedynczej cząsteczki, gęstość gazu itp.). 	<ul style="list-style-type: none"> ewentualnie wyprowadzić wzór na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym.
2	Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona	<ul style="list-style-type: none"> zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego, zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona. 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać równanie Clapeyrona dla liczby moli n i liczby cząsteczek N (stała Boltzmann). 	<ul style="list-style-type: none"> wyrazić średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczki gazu doskonałego przez jego temperaturę T i stałą Boltzmann.
3–4	Przemiany gazu doskonałego – przemiana izotermiczna – przemiana izochoryczna – przemiana izobaryczna	<ul style="list-style-type: none"> wymienić i opisać przemiany szczególne gazu doskonałego, sformułować prawa dla przemian szczególnych, przeliczyć temperaturę wyrażoną w skali Celsjusza na kelwiny i odwrotnie. 	<ul style="list-style-type: none"> otrzymać z równania Clapeyrona prawa rządzące szczególnymi przemianami gazu doskonałego, sporządzać i interpretować wykresy $p(V)$, $V(T)$ i $p(T)$, każdą przemianę szczególną przedstawić w różnych układach współrzędnych. 	<ul style="list-style-type: none"> interpretować prawa gazów z punktu widzenia teorii kinetyczno-molekularnej, posługiwać się pojęciem współczynnika rozszerzalności objętościowej gazu, rozwiązywać problemy, stosując ilościowy opis przemian gazu doskonałego.

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"> zdefiniować energię wewnętrzną ciała i gazu doskonałego, 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. 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego jako funkcję zmiany jego temperatury. 	<ul style="list-style-type: none"> posługiwać się pojęciem stopni swobody cząsteczek gazu, wyrazić wzór na całkowitą średnią energię kinetyczną cząsteczki (wszystkich rodzajów ruchu) przez liczbę stopni swobody cząsteczek gazów jedno-, dwu- i wieloatomowych.
6–8	Pierwsza zasada termodynamiki i jej zastosowanie do przemian gazowych	<ul style="list-style-type: none"> posługiwać się pojęciem ciepła i przekazu ciepła, wypowiedzieć, zapisać i objaśnić pierwszą zasadę termodynamiki, korzystać z informacji, że pierwsza zasada termodynamiki jest zasadą zachowania energii układu, obliczać pracę objętościową na podstawie wykresu $p(V)$ w prostych przypadkach, zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i izobarycznej. 	<ul style="list-style-type: none"> interpretować przemiany gazowe (w tym także adiabatyczną) z punktu widzenia pierwszej zasady termodynamiki. 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać problemy ilościowe z zastosowaniem pierwszej zasady termodynamiki do przemian gazowych.

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"> rozróżniać pojęcia ciepła właściwego i ciepła molowego. 	<ul style="list-style-type: none"> definiować pojęcie ciepła właściwego i ciepła molowego substancji, posługiwać się pojęciami ciepła molowego gazu w stałym ciśnieniu i stałej objętości i obliczać ich różnicę. 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić związek między C_p i C_v (różnicę i stosunek), skorzystać z informacji, że C_p/C_v zależy od liczby stopni swobody cząsteczek.
10	Energia wewnętrzna jako funkcja stanu	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić znaczenie stwierdzenia, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu gazu (ciała). 	<ul style="list-style-type: none"> zapisać ogólny wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu, słuszny w każdym procesie, korzystać z powyższego wzoru podczas rozwiązywania problemów ilościowych.
11–13	Silniki cieplne. Odwrotny cykl Carnota	<ul style="list-style-type: none"> opisać zasadę działania silnika cieplnego, wymienić przemiany, z których składa się cykl Carnota, posługiwać się pojęciem sprawności silnika cieplnego, korzystać z informacji, że nie całe ciepło pobrane ze źródła może być zamienione na pracę. 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować sprawność silnika cieplnego, obliczać sprawność różnych cykli, sformułować drugą zasadę termodynamiki. 	<ul style="list-style-type: none"> posługiwać się pojęciem entropii układu i zmiany entropii, korzystać z informacji, że w procesach samorzutnych entropia układu wzrasta.
14–15	Przejścia fazowe	<ul style="list-style-type: none"> opisać procesy: topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji, resublimacji, odróżniać wrzenie od parowania. 	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować ciepła przemian fazowych, sporządzać i interpretować odpowiednie wykresy, opisywać przemiany energii w przemianach fazowych. 	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązywać ilościowe problemy dotyczące bilansu cieplnego z uwzględnieniem przemian fazowych.

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"> • analizować wpływ zewnętrznego ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy. 	<ul style="list-style-type: none"> • posługiwać się pojęciami pary nasyconej i pary nienasyconej, • korzystać z informacji, że ciśnienie pary nasyconej można zwiększyć jedynie przez wzrost temperatury, • korzystać z informacji, że pary nienasycone w przybliżeniu stosują się do praw gazowych. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego ciśnienie pary nasyconej ze wzrostem temperatury wzrasta bardziej gwałtownie niż ciśnienie pary nienasyconej.
17	Rozszerzalność termiczna ciał	<ul style="list-style-type: none"> • omówić na przykładach zjawisko rozszerzalności termicznej ciał, • obliczać zmiany objętości odpowiadające zmianom temperatury. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować współczynnik rozszerzalności liniowej ciał stałych oraz objętościowej ciał stałych i cieczy. 	<ul style="list-style-type: none"> • podać (ewentualnie wyprowadzić) związek między współczynnikami rozszerzalności liniowej i objętościowej ciała stałego.
18	Transport energii przez przewodzenie i konwekcję	<ul style="list-style-type: none"> • opisać zjawiska przewodzenia i konwekcji i podać przykłady praktycznego wykorzystania tych zjawisk, • podać przykłady ciał, które są dobrymi przewodnikami ciepła. 	<ul style="list-style-type: none"> • omówić doświadczenia pozwalające zbadać zjawisko przewodnictwa cieplnego ciał stałych, cieczy i gazów oraz sformułować wnioski wynikające z tych doświadczeń. 	<ul style="list-style-type: none"> • objaśnić analogie między przewodzeniem ciepła i przewodzeniem prądu elektrycznego, • opisać ilościowo zjawisko przewodnictwa cieplnego.

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"> • wyjaśnić, co to znaczy, że ciało jest naelektryzowane, • opisać oddziaływanie ciał naelektryzowanych, • zapisać i objaśnić prawo Coulomba, 	<ul style="list-style-type: none"> • podać wartość ładunku elementarnego, • objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka. 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania, stosując prawo Coulomba.
2–3	Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku	<ul style="list-style-type: none"> • wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku, • opisać i wyjaśnić sposoby elektryzowania ciał, posługując się zasadą zachowania ładunku. 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać zadania doświadczalne dotyczące elektryzowania ciał. 	
4–5	Natężenie pola elektrostatycznego	<ul style="list-style-type: none"> • podać sens fizyczny natężenia pola elektrostatycznego w danym punkcie, • przedstawić graficznie (za pomocą linii pola) pole centralne i jednorodne, • odpowiedzieć na pytanie: od czego zależy natężenie pola centralnego w danym punkcie? 	<ul style="list-style-type: none"> • wypowiedzieć definicję natężenia pola, • korzystając z definicji podać jednostkę natężenia pola w SI, • obliczać natężenie pola wytworzonego przez ładunek punktowy. 	<ul style="list-style-type: none"> • sporządzać wykres $E(r)$ dla pola wytworzonego przez ładunek punktowy.
6	Zasada superpozycji natężeń pól	<ul style="list-style-type: none"> • korzystając z zasady superpozycji pól, opisać jakościowo pole wytworzone przez wybrane układy ładunków. 	<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć natężenie pola w różnych punktach symetralnej odcinka łączącego ładunki tworzące dipol elektryczny. 	<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć natężenie pola wytworzonego przez wybrane układy ładunków.

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"> • wyjaśnić działanie piorunochronu i klatki Faraday'a, • przedstawić graficznie pole wytworzone przez naelektryzowaną metalową kulkę, • opisać jakościowo rozkład ładunku wprowadzonego na przewodnik o dowolnym kształcie. 	<ul style="list-style-type: none"> • zaproponować doświadczalny sposób sprawdzenia rozkładu ładunku wewnątrz i na zewnątrz naładowanego przewodnika, • przedstawić graficznie pole elektrostatyczne wytworzone przez naelektryzowaną kulkę, do której zbliżono przedmiot metalowy. 	<ul style="list-style-type: none"> • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że linie pola elektrostatycznego są w każdym punkcie prostopadłe do powierzchni naładowanego przewodnika, • uzasadnić fakt, że wewnątrz przewodnika znajdującego się w zewnętrznym polu elektrostatycznym natężenie pola jest równe zero
8–11	Praca w polu elektrostatycznym jednorodnym i centralnym		<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną ładunku w elektrostatycznym polu centralnym, • podać definicję potencjału pola elektrostatycznego w danym punkcie, • korzystać z ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym ($W = qU$) do opisu zjawisk i ich zastosowań. 	<ul style="list-style-type: none"> • wykorzystać analogie między opisem pola grawitacyjnego i elektrostatycznego do zapisania wzorami wielkości opisujących pole elektrostatyczne i pracę przy przemieszczaniu ładunku w tym polu, • wykorzystać definicję potencjału do wyprowadzenia ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
12–15	<p>Pojemność elektryczna ciała przewodzącego. Kondensator</p> <p>Pojemność kondensatora płaskiego</p> <p>Energia naładowanego kondensatora</p>	<ul style="list-style-type: none"> zdefiniować pojemność przewodnika i jednostkę pojemności, odpowiedzieć na pytanie: od czego zależy pojemność przewodnika? objaśnić pojęcie kondensatora, odpowiedzieć na pytanie: od czego i jak zależy pojemność kondensatora płaskiego? 	<ul style="list-style-type: none"> objaśnić znaczenie współczynnika ϵ_0, objaśnić, od czego i jak zależy energia naładowanego kondensatora. 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić wpływ dielektryka na pojemność kondensatora, rozwiązywać zadania dotyczące pojemności i energii kondensatora płaskiego, rozwiązywać zadania dotyczące łączenia kondensatorów.
16	Ruch cząstki naładowanej w polu elektrycznym	<ul style="list-style-type: none"> analizować jakościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadku: $\vec{v}_0 = 0$, $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$, $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$ 	<ul style="list-style-type: none"> opisać budowę i działanie lampy oscyloskopowej. 	<ul style="list-style-type: none"> przygotować prezentację na temat zastosowania lampy oscyloskopowej w oscylografach, elektrokardiografach, urządzeniach radarowych itp.

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"> opisać zjawisko prądu elektrycznego w metalach, podać definicję natężenia prądu, sformułować pierwsze prawo Kirchhoffa i stosować je w rozwiązywaniu zadań. 	<ul style="list-style-type: none"> obliczać ładunek przepływający w obwodzie na podstawie wykresu zależności natężenia prądu od czasu. 	
2-3	Badania zależności natężenia prądu od napięcia dla odcinka obwodu	<ul style="list-style-type: none"> podać zależność natężenia prądu od przyłożonego napięcia w przewodnikach metalicznych (gdy można pominąć wpływ temperatury na natężenie prądu), podać definicję oporu elektrycznego odcinka obwodu i jego jednostki. 	<ul style="list-style-type: none"> opisać charakterystyki prądowo-napięciowe dla różnych odbiorników, opisać wpływ temperatury na opór przewodnika metalowego. 	<ul style="list-style-type: none"> oszacować współczynnik temperaturowy oporu na podstawie wykresu $R(t)$, zaplanować doświadczenie, którego celem jest sporządzenie charakterystyki prądowo-napięciowej odbiornika i wyznaczenie oporu.
4	Łączenie szeregowe i równoległe odbiorników	<ul style="list-style-type: none"> posługiwać się pojęciami: połączenie szeregowe, połączenie równoległe, opór zastępczy, podać wzory na opór zastępczy odbiorników połączonych szeregowo i równoległe, i stosować je w rozwiązywaniu zadań, wyjaśnić rolę bezpieczników w domowej instalacji elektrycznej. 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić wzory na opory zastępcze, obliczać opór zastępczy dla połączeń mieszanych odbiorników, wykonywać obliczenia konieczne przy zmianie zakresu mierników elektrycznych. 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, dlaczego wyznaczanie oporu za pomocą amperomierza i woltomierza jest zawsze obarczone błędem i jak stosować odpowiednie poprawki.

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"> • przedstawić ilościową zależność oporu elektrycznego przewodnika od jego długości i pola przekroju poprzecznego, • podać jednostki i sens fizyczny oporu właściwego materiału, • podać przykłady dobrych przewodników prądu elektrycznego. 	<ul style="list-style-type: none"> • zaplanować doświadczenie sprawdzające zależność oporu przewodnika od jego długości i przekroju poprzecznego. 	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić rozumowanie doprowadzające do wniosku, jak opór przewodnika zależy od jego długości i przekroju.
6	Praca i moc prądu elektrycznego	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać wzory na pracę i moc prądu elektrycznego, • zapisać wzór na tzw. ciepło Joule'a 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, kiedy wszystkie wzory na pracę i moc prądu są sobie równoważne. 	<ul style="list-style-type: none"> • rozwiązywać problemy ilościowe dotyczące mocy w odbiornikach połączonych szeregowo i równolegle.
7	Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej	<ul style="list-style-type: none"> • opisać budowę ogniw galwanicznych, • wyjaśnić pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa. 	<ul style="list-style-type: none"> • zdefiniować siłę elektromotoryczną ogniwa. 	

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"> • podać i wyjaśnić prawo Ohma dla zamkniętego obwodu, • zaplanować doświadczenie, którego celem jest obserwacja zależności natężenia prądu w obwodzie od oporu zewnętrznego, • wyjaśnić, jaką wielkość wskazuje woltomierz dołączony do biegunów źródła w obwodzie otwartym i zamkniętym, • wyjaśnić różnicę między siłą elektromotoryczną i napięciem pomiędzy biegunami (na podstawie prawa Ohma), • wyjaśnić pojęcie oporu wewnętrznego ogniwa. 	<ul style="list-style-type: none"> • zaplanować doświadczenie, którego celem jest sporządzenie wykresu zależności napięcia na końcach źródła od natężenia prądu. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyprowadzić prawo Ohma dla zamkniętego obwodu z zasady zachowania energii, • przedstawić na wykresie zależność $U(I)$ i wyznaczyć z wykresu siłę elektromotoryczną ogniwa i jego opór wewnętrzny.
10	Drugie prawo Kirchhoffa	<ul style="list-style-type: none"> • wypowiedzieć i zapisać drugie prawo Kirchhoffa dla oczka sieci, • wyjaśnić konwencję znaków w zapisie drugiego prawa Kirchhoffa. 	<ul style="list-style-type: none"> • przedstawić bilans energii w obwodzie zamkniętym zawierającym tzw. elementy czynne (np. akumulator lub silnik elektryczny). 	<ul style="list-style-type: none"> • prześledzić wzrosty i spadki potencjału w obwodzie zamkniętym (oczku), • rozwiązywać problemy ilościowe z wykorzystaniem praw Kirchhoffa.

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

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

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"> • objaśnić, na czym polega zjawisko odbicia światła, • sformułować i stosować prawo odbicia, • wyjaśnić zjawisko rozpraszania, • opisać zjawisko załamania światła, • zapisać i objaśnić prawo załamania światła i zdefiniować bezwzględny współczynnik załamania, • objaśnić na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, • wymienić warunki, w których zachodzi całkowite wewnętrzne odbicie. 	<ul style="list-style-type: none"> • zapisać i objaśnić związek względnego współczynnika załamania światła na granicy dwóch ośrodków z bezwzględnymi współczynnikami załamania tych ośrodków, • zdefiniować kąt graniczny, • wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia. 	<ul style="list-style-type: none"> • zaplanować i wykonać doświadczenie pokazujące zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, • wyjaśnić zasadę działania światłowodu i podać przykłady jego zastosowania.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3–6	Zwierciadła płaskie i kuliste Płytką równoległościenną i pryzmat (uzupełnienie) Soczewki. Obrazy otrzymywane w soczewkach Rozszczepienie światła białego w pryzmacie	<ul style="list-style-type: none"> wymienić cechy obrazu otrzymanego w zwierciadle płaskim, omówić podział zwierciadeł kulistych na wklęsłe i wypukłe, objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna, opisać rodzaje soczewek, objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna, objaśnić pojęcie zdolności skupiającej soczewki, obliczać zdolność skupiającą soczewki, opisać i wyjaśnić zjawisko rozszczepienia światła białego. 	<ul style="list-style-type: none"> opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną, korzystając z prawa załamania, opisać przejście światła przez pryzmat, korzystając z prawa załamania, wykonać konstrukcję obrazu w zwierciadle płaskim, zapisać równanie zwierciadła i prawidłowo z niego korzystać, zapisać i objaśnić wzór na powiększenie obrazu, wykonać konstrukcje obrazów w zwierciadłach kulistych i wymienić ich cechy. zapisać wzór informujący od czego zależy ogniskowa soczewki i poprawnie go zinterpretować, obliczać zdolność skupiającą układów cienkich, stykających się soczewek, sporządzać konstrukcje obrazów w soczewkach i wymienić cechy obrazu w każdym przypadku, zapisać i zinterpretować równanie soczewki, objaśnić działanie oka jako przyrządu optycznego. 	<ul style="list-style-type: none"> narysować wykres funkcji $y(x)$ dla zwierciadła wklęsłego i podać interpretację tego wykresu, wymienić i omówić praktyczne zastosowania zwierciadeł, objaśnić zasadę działania lupy, korzystać z równania soczewki do rozwiązywania problemów, rozwiązywać problemy jakościowe i ilościowe, związane z praktycznym wykorzystywaniem soczewek, przygotować prezentację na jeden z tematów: <ul style="list-style-type: none"> wady wzroku i sposoby ich korygowania, zastosowania soczewek i ich układów w przyrządach optycznych budowa i zasada działania mikroskopu optycznego.

13. Dualna natura promieniowania elektromagnetycznego i materii

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
1-2	Fale elektromagnetyczne Światło jako fala elektromagnetyczna: <ul style="list-style-type: none"> - pomiar wartości prędkości światła - doświadczenie Younga - dyfrakcja i interferencja światła. Siatka dyfrakcyjna - polaryzacja światła 	<ul style="list-style-type: none"> • omówić widmo fal elektromagnetycznych, • podać źródła fal z poszczególnych zakresów długości omówić ich zastosowania, • opisać jedną z metod pomiaru wartości prędkości światła, • opisać zjawisko rozszczepienia światła, • opisać zjawiska dyfrakcji i interferencji światła, • opisać siatkę dyfrakcyjną i posługiwać się pojęciem stałej siatki, • podać przykłady praktycznego wykorzystywania zjawiska polaryzacji. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polegają zjawiska dyfrakcji i interferencji światła, • posługiwać się pojęciem spójności fal, • porównać obrazy otrzymane na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i białego, • zapisać wzór wyrażający zależność położenia prążka n-tego rzędu od długości fali i odległości między szczelinami i poprawnie go zinterpretować • objaśnić zjawisko polaryzacji światła (jakościowo), • wymienić sposoby polaryzowania światła. 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać powstawanie fal elektromagnetycznych w obwodach LC, • wyjaśnić, dlaczego obwód LC nazywamy obwodem drgań elektrycznych, • wskazać analogię drgań elektrycznych w obwodzie LC do drgań mechanicznych, • wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu elektromagnetycznego, • rozwiązywać problemy z zastosowaniem zależności $d \sin \alpha = n \lambda$. • posługiwać się pojęciem kąta Brewstera.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
3	Zjawisko fotoelektryczne	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, na czym polega zjawisko fotoelektryczne, • posługiwać się pojęciem pracy wyjścia elektronu z metalu, • sformułować warunek zajścia efektu fotoelektrycznego dla metalu o pracy wyjścia W, • podać przykłady zastosowania fotokomórki, • zapisać i zinterpretować wzór na energię kwantu. 	<ul style="list-style-type: none"> • odpowiedzieć na pytania: <ul style="list-style-type: none"> – od czego zależy energia kinetyczna fotoelektronów, – od czego zależy liczba fotoelektronów wybitych z metalu w jednostce czasu, • wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne na podstawie kwantowego modelu światła, • napisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną fotoelektronów, • narysować i objaśnić wykres zależności energii kinetycznej fotoelektronów od częstotliwości (dla kilku metali). 	<ul style="list-style-type: none"> • narysować i omówić charakterystykę prądowo-napięciową fotokomórki, • omówić doświadczenia dotyczące badania efektu fotoelektryczny i wynikające z nich wnioski, • rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska fotoelektrycznego, • przygotować prezentację • „Narodziny fizyki kwantowej”.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
4-5	Emisja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego	<ul style="list-style-type: none"> • rozróżnić widmo ciągłe i widmo liniowe • rozróżnić widmo emisyjne i absorpcyjne • opisać widmo promieniowania ciał stałych i cieczy • opisać widma gazów jednoatomowych i par pierwiastków. • opisać szczegółowo widmo atomu wodoru • objaśnić wzór Balmera • opisać metodę analizy widmowej • podać przykłady zastosowania analizy widmowej • wyjaśnić różnice między widmem emisyjnym i absorpcyjnym • posługiwać się pojęciem atomu w stanie podstawowym i wzbudzonym, • wyjaśnić, jak powstają linie Fraunhofera w widmie słonecznym, • wyjaśnić pojęcie ciała doskonale czarnego. 	<ul style="list-style-type: none"> • sformułować i zapisać postulaty Bohra, • obliczyć całkowitą energię elektronu w atomie wodoru, • wyjaśnić, jak powstają serie widmowe, korzystając z modelu Bohra atomu wodoru, • zamienić energię wyrażoną w dżulach na energię wyrażoną w elektronowoltach, • obliczyć długości i częstotliwości fal odpowiadających liniom widzialnej części widma atomu wodoru, • objaśnić uogólniony wzór Balmera, • objaśnić prawo Stefana-Boltzmana, • objaśnić prawo Wiena. 	<ul style="list-style-type: none"> • wykazać zgodność wzoru Balmera z modelem Bohra budowy atomu wodoru, • wyjaśnić, dlaczego nie można wytłumaczyć powstawania liniowego widma atomu wodoru na gruncie fizyki klasycznej, • wyjaśnić, dlaczego model Bohra atomu wodoru był modelem „rewolucyjnym”, • wyjaśnić, dlaczego model Bohra jest do dziś wykorzystywany do intuicyjnego wyjaśniania niektórych wyników doświadczalnych, • wyjaśnić, co to znaczy „że światło ma naturę dualną”, • posługiwać się prawami Stefana-Boltzmana i Wiena.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
6	Promieniowanie rentgenowskie	<ul style="list-style-type: none"> opisać właściwości promieni X, wymienić przykłady zastosowania promieniowania rentgenowskiego. 	<ul style="list-style-type: none"> opisać widmo promieniowania rentgenowskiego, wyjaśnić sposób powstawania promieniowania o widmie ciągłym (promieniowania hamowania), wyjaśnić sposób powstawania promieniowania o widmie liniowym (promieniowania charakterystycznego). 	<ul style="list-style-type: none"> wyjaśnić, jak powstaje krótkofalowa granica widma promieniowania hamowania λ_{\min}' wyprowadzić wzór na λ_{\min}' omówić zjawisko dyfrakcji promieni X na kryształach, omówić zjawisko Comptona, wyjaśnić, co to znaczy, że promieniowanie rentgenowskie ma naturę dualną.

Lp.	Temat lekcji	Treści podstawowe Uczeń potrafi:	Treści rozszerzone Uczeń potrafi:	Treści dopełniające Uczeń potrafi:
7	Fale materii	<ul style="list-style-type: none"> • objaśnić wzór na długość fali de Broglie'a. 	<ul style="list-style-type: none"> • podać treść hipotezy de Broglie'a, • zapisać i zinterpretować wzór na długość fali de Broglie'a, • obliczyć długość fali de Broglie'a dla elektronu o podanej energii kinetycznej, • wyjaśnić, dlaczego nie obserwuje się fal materii dla obiektów makroskopowych, • oszacować długość fal materii dla obiektów mikroskopowych i makroskopowych, • wyjaśnić, dlaczego właściwości falowe obiektów mikroskopowych (cząstek) mogą być zaobserwowane w eksperymentach, a nie obserwuje się właściwości falowych obiektów makroskopowych. 	<ul style="list-style-type: none"> • omówić wyniki doświadczenia Davissona i Germera (rozpraszanie elektronów na kryształach), • przedstawić problem interpretacji fal materii, • omówić zastosowanie falowych właściwości cząstek (badanie kryształów, mikroskop elektronowy), • przygotować prezentację na temat: <ul style="list-style-type: none"> – interferencja fal materii na dwóch szczelinach. – interferencja pojedynczych elektronów (np. korzystając z animacji i symulacji zamieszczonych w multimedialnej obudowie podręcznika), • przygotować prezentację pt. „Dualizm kwantowo-falowy w przyrodzie”.

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"> • podać przykład przewodnika, półprzewodnika i izolatora, • omówić zależność właściwości elektrycznych substancji od obecności elektronów swobodnych, • omówić podział ciał na przewodniki, izolatory i półprzewodniki ze względu na zależność ich oporu właściwego od temperatury, • opisać budowę półprzewodników samoistnych i domieszkowych, • opisać zastosowanie diody półprzewodnikowej. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnić, dlaczego opór półprzewodników maleje ze wzrostem temperatury, • wyjaśnić, dlaczego domieszkuje się półprzewodniki, • opisać półprzewodniki typu n i p, • omówić zjawiska występujące na złączu n-p, • omówić budowę działanie diody półprzewodnikowej. 	<ul style="list-style-type: none"> • przygotować prezentację na temat zastosowań półprzewodników.

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>	<ul style="list-style-type: none"> • odczytywać wskazania przyrządów pomiarowych, dokładność przyrządu • przygotować zestaw doświadczalny wg instrukcji, • wykonać samodzielnie kolejne czynności, • sporządzić tabelę wyników pomiaru, • obliczyć wartości średnie wielkości mierzonych, • porządzić odpowiedni układ współrzędnych (podpisać i wyskalować osie, zaznaczyć jednostki wielkości fizycznych), • zaznaczyć w układzie współrzędnych punkty wraz z niepewnościami, • zapisać wynik pomiaru w postaci $x \pm \Delta x$. 	<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć niepewność względną pomiaru, • oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą najmniej korzystnego przypadku, • przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami, • dopasować graficznie prostą do punktów pomiarowych i ocenić trafność tego postępowania, • odczytać z dopasowanego graficznie wykresu współczynnik kierunkowy prostej, • podać przyczyny ewentualnych błędów systematycznych, • zaproponować sposób postępowania pozwalający uniknąć błędów systematycznych, • oszacować wielkość błędów systematycznych, • ocenić krytycznie, czy otrzymany wynik doświadczenia jest realny, • samodzielnie sformułować wnioski wynikające z doświadczenia. 	<ul style="list-style-type: none"> • dopasować prostą do wyników pomiarów, • obliczyć współczynnik kierunkowy prostej dopasowanej do punktów pomiarowych, • obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, • obliczyć odchylenie standardowe średniej dla każdej serii pomiarów, • podać wynik pomiaru w postaci $x \pm \Delta x$, • ocenić, czy niepewność pomiaru jest niepewnością systematyczną, • samodzielnie zaproponować metodę wyznaczenia wielkości fizycznej.