

## Fizyka zakres rozszerzony

### Klasa 2

Wymagania programowe na poszczególne oceny przygotowane na podstawie treści zawartych w podstawie programowej, programie nauczania oraz w części 2 podręcznika dla liceum ogólnokształcącego i technikum *Fizyka zakres rozszerzony*.

Wymagania umożliwiające uzyskanie stopnia celującego obejmują wymagania na stopień bardzo dobry a ponadto wykraczające poza obowiązujący program nauczania (uczeń jest twórczy, rozwiązuje zadania problemowe w sposób niekonwencjonalny, potrafi dokonać syntezy wiedzy i na tej podstawie sformułować hipotezy badawcze i zaproponować sposób ich weryfikacji, samodzielnie prowadzi badania o charakterze naukowym, z własnej inicjatywy pogłębia swoją wiedzę, korzystając z różnych źródeł, poszukuje zastosowań wiedzy w praktyce, dzieli się swoją wiedzą z innymi uczniami, osiąga sukcesy w konkursach pozaszkolnych).

Wymagania ogólne – uczeń:

- wykorzystuje wielkości fizyczne do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych,
- przeprowadza doświadczenia i wyciąga wnioski z otrzymanych wyników
- wskazuje w otaczającej rzeczywistości przykłady zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych,
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych). Ponadto uczeń:
- wykorzystuje narzędzia matematyki oraz formułuje sądy oparte na rozumowaniu matematycznym,
- wykorzystuje wiedzę o charakterze naukowym do identyfikowania i rozwiązywania problemów, a także formułowania wniosków opartych na obserwacjach empirycznych dotyczących przyrody,
- wyszukuje, selekcionuje i krytycznie analizuje informacje,
- potrafi pracować w zespole.

### Dział 1. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej

Temat	Ocena dopuszczająca [1]	Ocena dostateczna [1+2]	Ocena dobra [1+2+3]	Ocena bardzo dobra [1+2+3+4]
1. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	<ul style="list-style-type: none"><li>• zdefiniować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów,</li><li>• podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowego</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienny</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach</li></ul>
2. Ruch obrotowy bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"><li>• wymienić cechy modelu, jakim jest bryła sztywna,</li><li>• podać przykłady ruchu postępowego i obrotowego bryły sztywnej</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• wyprowadzić i objaśnić związki między wielkościami opisującymi ruch obrotowy</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• precyzyjnym językiem fizyki objaśnić analogie między wielkościami kinematycznymi dla ruchu postępowego i obrotowego</li></ul>

3. Energia kinetyczna bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać i wyjaśnić wzór na energię kinetyczną bryły wykonującej ruch obrotowy,</li> <li>•podać wzór na moment bezwładności punktu materialnego względem wybranej osi obrotu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•obliczyć energię kinetyczną obracającej się bryły, znając jej szybkość kątową i moment bezwładności względem osi symetrii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wyprowadzić wzór na energię kinetyczną obracającej się bryły,</li> <li>•zdefiniować moment bezwładności i uzasadnić pogląd, że charakteryzuje on bezwładność bryły,</li> <li>•korzystać z twierdzenia Steinera do obliczania momentów bezwładności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•stosować definicję momentu bezwładności <math>\sum m_i r_i^2</math> i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył</li> </ul>
4–6. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprowadzenia bryły w ruch obrotowy,</li> <li>•na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•na podstawie wzoru definicyjnego obliczyć wartość momentu siły i podać jego kierunek i zwrot,</li> <li>•podać przykłady ruchów obrotowych jednostajnych i zmiennych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•formułować pierwszą i drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego,</li> <li>•podać warunki wykonywania ruchów obrotowych jednostajnie i niejednostajnie zmiennych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wykazać, że przy obracaniu bryły pracę wykonuje moment siły,</li> <li>•wyprowadzić i wyjaśnić wzór na moc chwilową w ruchu obrotowym bryły</li> </ul>
7–8. Równowaga bryły sztywnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać warunki równowagi bryły sztywnej,</li> <li>•podać sposoby praktycznego wykorzystania maszyn prostych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•na podstawie odpowiednich obliczeń wyjaśnić zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloku nieruchomego i ruchomego oraz kołowrotu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wyjaśnić zasadę działania wielokrążka</li> </ul>
9–10. Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności	<ul style="list-style-type: none"> <li>•aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kąowego bryły sztywnej</li> </ul>
11–12. Moment pędu	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wymienić moment pędu jako wielkość służącą do opisu ruchu obrotowego, która nie ulega zmianie, gdy wypadkowy moment sił działających na bryłę jest</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•napisać wzór na moment pędu punktu materialnego poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu,</li> <li>•podać kierunek i zwrot momentu pędu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•zapisać i wyjaśnić związek momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii z momentem bezwładności tej bryły,</li> <li>•zapisać i wyjaśnić drugą zasadę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły,</li> <li>•przeprowadzić rozumowanie</li> </ul>

	równy zeru		dynamiki w postaci $M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$ i wynioskować z niej zasadę zachowania momentu pędu	prowadzące do wyrażenia drugiej zasady dynamiki w postaci $M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$
13. Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu	• obserwować ruch układu (człowiek z hantlami na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu	• obserwować ruch układu (człowiek z wirującym kołem na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu	• za pomocą wahadła Oberbecka wykonać doświadczenie sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu	• obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy porównywaniu momentów pędu w doświadczeniu sprawdzającym zasadę zachowania momentu pędu układu
14. Analogie w opisie ruchów postępowego i obrotowego	• większości dynamicznych wielkości fizycznych służących do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego	• wszystkim dynamicznym wielkościom fizycznym służącym do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego i wyrazić je odpowiednimi wzorami	• wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania typowych zadań	• wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności
15–17. Złożenie ruchów postępowego i obrotowego: toczenie	• opisać toczenie bryły jako złożenie ruchu postępowego względem podłoża i ruchu obrotowego wokół osi symetrii	• podać zerową prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jako warunek toczenia się bryły bez poślizgu, • zastosować zasadę zachowania energii do opisu bryły staczającej się z równi pochyłej bez poślizgu	• obliczyć wypadkową prędkość punktów leżących na pionowej średnicy bryły toczącej się bez poślizgu, • zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły	• opisać staczanie się bryły po równi pochyłej jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu, • wyjaśnić, dlaczego podczas toczenia bez poślizgu energia mechaniczna bryły jest zachowana

## Dział 2. Pole grawitacyjne

Temat	Ocena dopuszczająca [1]	Ocena dostateczna [1+2]	Ocena dobra [1+2+3]	Ocena bardzo dobra [1+2+3+4]
1. O odkryciach	• przedstawić podstawowe założenia heliocentrycznej	• sformułować i objaśnić prawa Keplera	• wykazać, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady	• przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika

Kopernika i Keplera	teorii budowy Układu Słonecznego		zachowania momentu pędu planet obiegających Słońce, •korzystać z trzeciego prawa Keplera do rozwiązywania zadań	i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii
2. Prawo powszechnej grawitacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>•zapisać wzorem i wypowiedzieć prawo powszechnej grawitacji,</li> <li>•wymienić ciała, dla których można je stosować w zapisanej postaci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•objaśnić praktyczne znaczenie bardzo małej wartości stałej grawitacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wykazać, że siła grawitacji działająca na ciało o masie <math>m</math> umieszczone na planecie jest wprost proporcjonalna do promienia i gęstości tej planety</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa powszechnej grawitacji Newtona</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>•wyjaśnić, dlaczego satelity Ziemi krążą wokół niej z prędkością o nieco mniejszej wartości,</li> <li>•objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej,</li> <li>•obliczyć promień orbity geostacjonarnej i szybkość satelity na tej orbicie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przygotować prezentację na temat sposobów wykorzystania satelitów geostacjonarnych</li> </ul>
4–5. Natężenie pola grawitacyjnego	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przypomnieć poznane wcześniej pola sił i podać przykłady doświadczeń, w których możemy wykryć ich istnienie,</li> <li>•zilustrować graficznie pole grawitacyjne centralne i jednorodne,</li> <li>•odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego wytworzonego przez Ziemię?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wyjaśnić, co nazywamy źródłem pola, a co ciałem próbnym i jakiego ciała próbnego używamy do wykrycia pola grawitacyjnego,</li> <li>•podać definicję natężenia pola grawitacyjnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•określić kierunek i zwrot natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie,</li> <li>•z definicji natężenia pola i prawa powszechnej grawitacji wywnioskować, od czego zależy natężenie w danym punkcie centralnego pola grawitacyjnego,</li> <li>•sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od punktu materialnego i kuli dla <math>r \geq R</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•stosować zasadę superpozycji natężeń,</li> <li>•obliczyć wartość siły grawitacji wewnątrz Ziemi,</li> <li>•wyjaśnić różnicę między natężeniem pola grawitacyjnego a przyspieszeniem ziemskim w danym punkcie,</li> <li>•sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od środka kuli</li> </ul>
6–7. Praca w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> <li>•objaśnić znaczenie wielkości fizycznych występujących we wzorze na pracę siły zewnętrznej, równoważącej siłę grawitacji, przy przemieszczaniu ciała w centralnym polu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przy założeniu, że pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi jest jednorodne, obliczyć pracę stałej siły równoważącej siłę grawitacji podczas podnoszenia ciała na wysokość <math>h</math> po kilku różnych drogach oraz sformułować</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wyjaśnić, co to znaczy, że siła jest zachowawcza oraz że pole grawitacyjne jest polem zachowawczym,</li> <li>•podać przykład ciała zmieniającego położenie w polu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym</li> </ul>

	grawitacyjnym i wywnioskować, że nie zależy ona od kształtu toru, po którym porusza się ciało	wniosek	grawitacyjnym, choć nie działa na nie siła zewnętrzna	
8–9. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na przykładzie Ziemi i leżącego na niej ciała opisać zmiany energii potencjalnej tego ciała przy jego oddalaniu się do nieskończoności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić stwierdzenie, że energia potencjalna ciała zmienia się wraz ze zmianą odległości ciała od źródła pola i przyjmuje wartości ujemne,</li> <li>• sporządzić wykres zależności energii potencjalnej ciała w polu centralnym od odległości od źródła pola, którym jest jednorodna kula o promieniu <math>R</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym,</li> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wyrażenia na energię potencjalną ciała w danym punkcie pola</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić stwierdzenie, że w polu zachowawczym zmiana energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia jest jednoznacznie określona,</li> <li>• podać przykład pola niezachowawczego, w którym to stwierdzenie nie jest prawdziwe</li> </ul>
10. *Potencjał pola grawitacyjnego				<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować potencjał i podać jego jednostkę,</li> <li>• odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy potencjał pola centralnego?</i>,</li> <li>• narysować wykres <math>V(r)</math> dla jednorodnego i dla centralnego pola grawitacyjnego,</li> <li>• zapisać wzór na pracę w polu grawitacyjnym za pomocą potencjałów</li> </ul>
11. Druga prędkość kosmiczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sformułować pytanie, jakie stawiamy przed przystąpieniem do obliczenia drugiej prędkości kosmicznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wzoru na drugą prędkość kosmiczną</li> </ul>
12–13. Stan przeciążenia. Stany nieważkości	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady ciała w stanie przeciążenia, niedociążenia i nieważkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać wpływ przeciążenia na organizm człowieka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić, co oznaczają stwierdzenia, że ciało jest w stanach przeciążenia, niedociążenia i nieważkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunki, w których występuje stan nieważkości,</li> <li>• wyjaśnić zasadę równoważności (możliwość</li> </ul>

i niedociążeń a				wytwarzania sztucznej grawitacji)
--------------------	--	--	--	-----------------------------------

### Dział 3. Elementy astronomii

Temat	Ocena dopuszczająca [1]	Ocena dostateczna [1+2]	Ocena dobra [1+2+3]	Ocena bardzo dobra [1+2+3+4]
1. Układ Słoneczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić ciała niebieskie wchodzące w skład Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać główne właściwości Słońca i planet Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>szczegółowo opisać właściwości Słońca, planet i ich księżyców oraz pozostałych ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat najnowszych odkryć dotyczących Układu Słonecznego</li> </ul>
2–3. Jednostki odległości stosowane w astronomii	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować parsek,</li> <li>odszukać informacje o szybkościach sond kosmicznych i obliczać przybliżone czasy dotarcia sondy do planety</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zamieniać jednostki odległości używane w astronomii,</li> <li>wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia</li> </ul>
4. Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić obserwację Drogi Mlecznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przygotować prezentację na temat czarnych dziur</li> </ul>
5–6. Prawo Hubble’a i teoria Wielkiego Wybuchu	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać przybliżony wiek Wszechświata,</li> <li>wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać treść prawa Hubble’a,</li> <li>zapisać wzorem prawo Hubble’a i objaśnić występujące w nim wielkości fizyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć wiek Wszechświata,</li> <li>opisać ewolucję Wszechświata,</li> <li>wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata na modelu balonika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić i objaśnić główne fakty obserwacyjne uzasadniające słuszność teorii Wielkiego Wybuchu,</li> <li>wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni</li> </ul>

### Dział 4. Ruch drgający harmoniczny

Temat	Ocena dopuszczająca [1]	Ocena dostateczna [1+2]	Ocena dobra [1+2+3]	Ocena bardzo dobra [1+2+3+4]
-------	----------------------------	----------------------------	------------------------	---------------------------------

1. Sprężystość jako makroskopow y efekt oddziaływań mikroskopow ych	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•rozróżnić zjawiska sprężyste i plastyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•objaśnić przemiany energii podczas odkształceń sprężystych</li> </ul>
2–3. Ruch drgający harmoniczny. Badanie wydłużenia sprężyny	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wymienić i opisać cechy ruchu drgającego harmonicznego,</li> <li>•zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wymienić i zdefiniować wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny,</li> <li>•zapisać i objaśnić związek siły sprężystości z wychyleniem ciała z położenia równowagi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać sens fizyczny współczynnika sprężystości sprężyny,</li> <li>•wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny</li> </ul>
4–6. Matematyczn y opis ruchu harmoniczneg o. Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny	<ul style="list-style-type: none"> <li>•opisać model, którym posługujemy się do matematycznego opisu ruchu harmonicznego,</li> <li>•zapisać wzór na okres drgań harmonicznych i przekształcać go w celu obliczenia każdej z występujących w nim wielkości,</li> <li>•aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu wzdłuż osi <math>x</math> zwróconej pionowo w górę,</li> <li>•sporządzić i zinterpretować wykresy zależności <math>x(t)</math>, <math>\dot{x}(t)</math> i <math>a_x(t)</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•zapisać i objaśnić wzory na współrzędne <math>x</math>, <math>\dot{x}</math>, <math>\ddot{x}</math> i <math>F_x</math> w przypadkach, w których mierzenie czasu rozpoczynamy przy przechodzeniu ciała przez położenie równowagi oraz w chwili maksymalnego wychylenia,</li> <li>•zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•na podstawie obserwacji i obliczeń sformułować wnioski dotyczące ruchu rzutu na oś <math>x</math> punktu poruszającego się po okręgu,</li> <li>•obliczać współrzędne <math>x</math>, <math>\dot{x}</math>, <math>\ddot{x}</math> i <math>F_x</math> przy dowolnej fazie początkowej,</li> <li>•wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym</li> </ul>



7. Energia w ruchu harmonicznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną sprężystości i na energię całkowitą ciała wykonującego ruch harmoniczny,</li> <li>• omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie wykresu <math>F_x(x)</math> wyprowadzić wzór na energię potencjalną sprężystości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na całkowitą energię ciała wykonującego ruch harmoniczny i wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej w tym ruchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzać wykresy zależności <math>E_p(x)</math>, <math>E_k(x)</math> oraz <math>E_p(t)</math> i <math>E_k(t)</math>,</li> <li>• rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności</li> </ul>
8–10. Wahadło matematyczne. Zademonstrowanie niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy. Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,</li> <li>• zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła jest ruchem harmonicznym,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega izochronizm wahadła,</li> <li>• wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,</li> <li>• samodzielnie opracować sposób sprawdzenia zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie</li> </ul>
11. Drgania wymuszone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, kiedy występuje i na czym polega zjawisko</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić znaczenie pojęć: drgania swobodne i częstotliwość</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie „częstotliwość rezonansowa”</li> </ul>



i rezonansowe. Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego		rezonansu	drgań własnych	
---	--	-----------	----------------	--

### Dział 5. Zjawiska termodynamiczne

Temat	Ocena dopuszczająca [1]	Ocena dostateczna [1+2]	Ocena dobra [1+2+3]	Ocena bardzo dobra [1+2+3+4]
1. Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki. Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co rozumiemy pod pojęciem „stan równowagi termodynamicznej”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice, i przypisać każdej odpowiedni symbol,</li> <li> badać proces wyrównywania temperatury ciał i posługiwać się bilansem cieplnym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki</li> </ul>
2. Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić wielkości fizyczne, od których zależy ciśnienie gazu w zamkniętym naczyniu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić warunki, jakie powinien spełniać gaz doskonały</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego i objaśnić występujące w nim wielkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przekształcić wzór podstawowy do postaci wiążących ciśnienie z masą lub gęstością gazu i objaśnić występujące w nim wielkości</li> </ul>
3. Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina,</li> <li>zapisać i objaśnić równanie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić stwierdzenie, że równość temperatur dwóch gazów oznacza równość średnich energii ruchu postępowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przekształcić wzór podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć stałą gazową <math>R</math> i przekształcić równanie stanu gazu doskonałego do postaci równania Clapeyrona,</li> </ul>

Clapeyrona	stanu gazu doskonałego	<p>cząsteczek obu gazów,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać związek temperatury gazu w skali Kelvina ze średnią energią kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek tego gazu,</li> <li>• zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyrazić średnią energię ruchu postępowego cząsteczek gazu poprzez stałą Boltzmanna i temperaturę w skali bezwzględnej</li> </ul>
4–6. Szczególne przemiany gazu doskonałego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wypowiedzieć, zapisać wzorem i objaśnić prawo Boyle’a, Charles’a i Gay-Lussaca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że proces jest kwazistatyczny,</li> <li>• sporządzać wykresy zależności <math>p(V)</math> przy stałej temperaturze gazu, <math>p(T)</math> przy stałej objętości gazu i <math>V(T)</math> przy stałym ciśnieniu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skorzystać z równania Clapeyrona i wyprowadzić prawo Boyle’a, prawo Charles’a i prawo Gay-Lussaca</li> </ul>
7. Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić rodzaje energii cząsteczek gazu,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie „energia wewnętrzna ciała”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uzasadnić fakt, że cząsteczki gazu doskonałego mają tylko energię kinetyczną wszystkich rodzajów ruchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie „stopień swobody”,</li> <li>• wytłumaczyć zasadę ekwipartycji energii i zapisać wzór na całkowitą energię kinetyczną cząsteczki, która ma <math>i</math> stopni swobody,</li> <li>• skorzystać z zasady ekwipartycji energii i zapisać oraz skomentować wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego o stałej masie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów jednoatomowych mają trzy stopnie swobody</li> </ul>
8. Pierwsza zasada termodynamiki	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić sposoby dokonywania zmiany energii wewnętrznej ciała i podać przykłady takich zmian z codziennego życia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co rozumiemy przez dostarczanie ciała ciepła,</li> <li>• wypowiedzieć i zapisać wzorem pierwszą zasadę termodynamiki oraz przedyskutować znaki <math>Q</math> i <math>W</math> w różnych procesach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć pracę objętościową wykonaną przez siłę zewnętrzną przy zmniejszaniu objętości gazu,</li> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że zarówno wykonana praca, jak i wymienione ciepło są funkcją procesu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• udowodnić, że w dowolnej przemianie gazu wartość bezwzględną pracy objętościowej można obliczyć tak jak pole powierzchni figury zawartej pod wykresem <math>p(V)</math> dla tej przemiany</li> </ul>

9–10. Szczegółne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać przemianę adiabatyczną gazu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i adiabatycznej oraz przedyskutować znaki wielkości fizycznych dla różnych przypadków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany izobarycznej i przedyskutować znaki <math>W</math> i <math>Q</math> dla różnych przypadków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić wykresy zależności <math>p(V)</math> dla przemian izotermicznej i adiabatycznej,</li> <li>• wytłumaczyć różnicę w kształcie izobar i adiabat</li> </ul>
11. Ciepło właściwe i ciepło molowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem molowym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzory na ciepło wymienione z otoczeniem za pomocą wielkości fizycznych: ciepło właściwe i ciepło molowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i skomentować związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem</li> </ul>
12. Energia wewnętrzna jako funkcja stanu		<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie izochorycznej i stwierdzić, że wzór ten stosuje się w dowolnej przemianie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu i wywnioskować na tej podstawie, że zmiana energii wewnętrznej w dowolnej przemianie gazu doskonałego zachodzącej między stanami A i B jest równa zmianie energii wewnętrznej dla przemiany izochorycznej zachodzącej między tymi stanami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki</li> </ul>
13–15. Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stwierdzić, że zamiana części dostarczonego ciepła na pracę jest podstawą działania silnika cieplnego,</li> <li>• opisać kolejne fazy pracy silnika spalinowego czterosuwowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykład sytuacji, w której dostarczenie ciepła skutkuje jednorazowym wykonaniem pracy,</li> <li>• wyjaśnić ideę Carnota i zdefiniować sprawność silnika,</li> <li>• opisać zasadę działania chłodziarek i pomp cieplnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać i objaśnić cykl Carnota i działanie idealnego silnika cieplnego,</li> <li>• zapisać i skomentować wzór na pracę wykonaną przez silnik cieplny,</li> <li>• sformułować drugą zasadę termodynamiki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać procesy odwracalne (w tym proces kwazistatyczny) oraz procesy nieodwracalne,</li> <li>• sporządzić wykres cyklu odwrotnego do cyklu Carnota,</li> <li>• zdefiniować skuteczność chłodzenia</li> </ul>
16. Fluktuacje. Wzmianka o	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie</li> </ul>

entropii	nazwać go wzrostem entropii	jego entropii	termodynamiki	
17–20. Przejścia fazowe. Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej. Wyznaczanie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać fazy, w których może występować ta sama substancja,</li> <li>•opisać zjawiska topnienia i parowania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać definicję ciepła topnienia i ciepła parowania,</li> <li>•wyjaśnić, dlaczego temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia zewnętrznego,</li> <li>•zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania,</li> <li>•wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu</li> </ul>
21. Para nasycona i para nienasycona	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para nasycona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•wy tłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z cieczą, z której powstała,</li> <li>•podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•podać warunki, przy spełnieniu których do pary nienasyconej można stosować prawa gazowe,</li> <li>•podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•sporządzić wykres zależności ciśnienia pary nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt,</li> <li>•wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny”</li> </ul>
22. Rozszerzalność temperaturowa ciał. Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych	<ul style="list-style-type: none"> <li>•odpowiedzieć na pytanie: <i>Co nazywamy bezwzględnym, a co względnym przyrostem objętości?</i>,</li> <li>•podać sens fizyczny współczynnika rozszerzalności objętościowej i liniowej,</li> <li>•podać przykład sytuacji z codziennego życia, w której musimy uwzględnić zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•zapisać wzór definicyjny współczynnika rozszerzalności objętościowej,</li> <li>•odpowiedzieć na pytanie, od czego zależy, współczynnik rozszerzalności objętościowej,</li> <li>•zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał stałych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•porównać współczynniki rozszerzalności objętościowej ciał stałych, cieczy i gazów,</li> <li>•opisać zjawisko anomalnej rozszerzalności wody</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że współczynnik rozszerzalności objętościowej ciał stałych jest w przybliżeniu trzykrotnie większy od współczynnika rozszerzalności liniowej,</li> <li>•obliczyć wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej gazów doskonałych</li> </ul>

23. *Transport energii przez przewodnictwo i konwekcję				<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polega transport energii przez przewodnictwo cieplne i przez konwekcję,</li> <li>• objaśnić wzór na szybkość przekazu ciepła w pręcie</li> </ul>
---	--	--	--	---

## Dział 6. Pole elektrostatyczne

Temat	Ocena dopuszczająca [1]	Ocena dostateczna [1+2]	Ocena dobra [1+2+3]	Ocena bardzo dobra [1+2+3+4]
1–2. Wzajemne oddziaływania ciał naelektryzowanych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne,</li> <li>• wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej,</li> <li>• zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać wartość liczbową ładunku elementarnego,</li> <li>• wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący</li> </ul>
3–4. Natężenie pola elektrostatycznego. Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać, w jaki sposób za pomocą metalowej, naelektryzowanej kuleczki można zbadać, czy w przestrzeni istnieje pole elektrostatyczne,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję natężenia pola elektrostatycznego,</li> <li>• przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,</li> <li>• graficznie, za pomocą linii pola, przedstawić pole elektrostatyczne centralne i jednorodne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone przez dipol</li> </ul>
5.	• opisać doświadczenie z	• zdefiniować gęstość	• sporządzić wykres $E(r)$ dla	• przeprowadzić rozumowanie

Naelektryzowany przewodnik	<p>klatką Faradaya,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi</li> </ul>	<p>powierzchniową ładunku,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach</li> </ul>	naelektryzowanego przewodnika kulistego	<p>prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest prostopadłe do tej powierzchni</p>
6. Przewodnik w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zero</li> </ul>
7–10. Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie, i porównać z wielkościami, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy potencjał centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, oraz jednostkę, w której go wyrażamy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego,</li> <li>• podać definicję potencjału pola elektrostatycznego,</li> <li>• wyjaśnić, co mamy na myśli mówiąc, że natężenie pola i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne w danym punkcie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na energię potencjalną ładunku w grawitacyjnym i elektrostatycznym polu centralnym,</li> <li>• zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ładunku i wywnioskować jej zmiany podczas oddalania się ładunku od punktowego źródła pola elektrostatycznego i podczas zbliżania się ładunku do tego źródła</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sporządzić wykresy zależności <math>E_p(r)</math> dla ładunków jedno- i różnoimiennych,</li> <li>• sporządzić i objaśnić wykresy zależności <math>V(r)</math> dla dodatniego i ujemnego źródła centralnego pola elektrostatycznego,</li> <li>• stosować zasadę superpozycji dla potencjałów,</li> <li>• wyprowadzić wzór na pracę w polu elektrostatycznym wyrażony poprzez różnicę potencjałów i udowodnić, że stosuje się dla każdego pola elektrostatycznego</li> </ul>
11. Pojemność	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego,</li> </ul>

elektryczna ciała przewodzące o	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nazwać stały dla danego przewodnika iloraz <math>Q/V</math> i podać jego jednostkę</li> </ul>	jej sens fizyczny	wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową	uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika
12–13. Kondensator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać budowę kondensatora płaskiego,</li> <li>• wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję kondensatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi</li> </ul>
14. Dielektryk w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić cechy dielektryka,</li> <li>• wymienić kilka różnych dielektryków,</li> <li>• opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi,</li> <li>• zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka</li> </ul>
15. Energia naładowanego kondensatora. Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora,</li> <li>• zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii</li> </ul>
16. Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego</li> </ul>



		$\vec{v}_0 = \vec{0}$ , $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$ , $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$ , gdzie $\vec{v}_0$ to prędkość początkowa cząstki	
--	--	---	--