

Wymagania edukacyjne z fizyki dla klasy 2 – poziom rozszerzony

Propozycje wymagań programowych na poszczególne oceny przygotowane na podstawie treści zawartych w podstawie programowej, programie nauczania oraz w podręczniku dla liceum i technikum FIZYKA cz. II- WSiP, zakres rozszerzony.

Zasady ogólne

1. Wymagania na każdy stopień **wyższy** niż dopuszczający obejmują również wymagania na stopień **poprzedni**.
2. Na **podstawowym** poziomie wymagań uczeń powinien wykonywać **proste** zadania obowiązkowe (łatwe – na stopień dostateczny i bardzo łatwe – na stopień dopuszczający); niektóre czynności ucznia mogą być **wspomagane** przez nauczyciela (np. wykonywanie doświadczeń, rozwiązywanie problemów, przy czym na stopień dostateczny uczeń wykonuje je pod kierunkiem nauczyciela, na stopień dopuszczający – przy pomocy nauczyciela lub innych uczniów).
3. Czynności wymagane na poziomach wymagań 3. **wyższych** niż poziom podstawowy uczeń powinien wykonać **samodzielnie** (na stopień dobry niekiedy może korzystać z niewielkiego wsparcia nauczyciela).
4. W wypadku wymagań na stopnie 4. **wyższe** niż dostateczny uczeń wykonuje zadania **bardziej złożone** lub **dodatkowe** (na stopień dobry – umiarkowanie trudne; na stopień bardzo dobry – trudne i wymagające umiejętności złożonych).
5. Wymagania umożliwiające uzyskanie stopnia 5. **celującego** obejmują wymagania na stopień bardzo dobry wykraczające poza obowiązujący program nauczania (uczeń jest twórczy; rozwiązuje zadania problemowe w sposób niekonwencjonalny; potrafi dokonać syntezy wiedzy, a na tej podstawie sformułować hipotezy badawcze i zaproponować sposób ich weryfikacji; samodzielnie prowadzi badania o charakterze naukowym; z własnej inicjatywy pogłębia wiedzę, korzystając z różnych źródeł; poszukuje zastosowania wiedzy w praktyce; dzieli się wiedzą z innymi uczniami; osiąga sukcesy w konkursach pozaszkolnych z dziedziny fizyki lub olimpiadzie fizycznej).

Wymagania ogólne – uczeń:

- zna i wykorzystuje pojęcia i prawa fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie;
- analizuje teksty popularnonaukowe i ocenia ich treść;
- wykorzystuje i przetwarza informacje zapisane w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków;
- buduje proste modele fizyczne i matematyczne do opisu zjawisk;
- planuje i wykonuje proste doświadczenia, analizuje ich wyniki.

Ponadto:

- wykorzystuje narzędzia matematyki i formułuje sądy oparte na rozumowaniu matematycznym;
- wykorzystuje wiedzę o charakterze naukowym do identyfikowania i rozwiązywania problemów oraz formułowania wniosków opartych na obserwacjach empirycznych dotyczących przyrody;
- wyszukuje, selekcjonuje i krytycznie analizuje informacje;
- potrafi pracować w zespole.

Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostą wymaganiom na niższym poziomie oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostą wymaganiom na niższym poziomie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostą wymaganiom na niższym poziomie oraz potrafi:
Niepewności pomiarowe				
1. Pomiary bezpośrednie. Niepewności pomiarów bezpośrednich	- wymienić przykłady pomiarów bezpośrednich, czyli prostych, - wymienić przykłady pomiarów pośrednich, czyli złożonych, - wyjaśnić, w jaki sposób wykonuje się pomiary proste, - wyjaśnić na przykładach przyczyny popełniania podczas pomiarów błędów grubych i systematycznych, - wyjaśnić, dlaczego przy pomiarze czasu stoperem przyjmujemy niepewność większą od najmniejszej działki przyrządu	- wyjaśnić, na czym polega różnica między błędem a niepewnością pomiaru, - zapisać wynik pojedynczego pomiaru wraz z niepewnością pomiarową i objaśnić ten wynik, - obliczyć średnią arytmetyczną wyników pomiarów i oszacować jej niepewność, - oszacować niepewność względną i procentową	- wymienić najczęściej występujące źródła niepewności pomiarowych, - objaśnić, co nazywamy rozdzielczością przyrządu i kiedy możemy przyjąć ją jako niepewność pomiaru	- wyjaśnić potrzebę dobrania odpowiednio precyzyjnego przyrządu do określonego pomiaru, - wymienić zasady zaokrąglania wyników pomiarów i niepewności do odpowiedniej liczby cyfr znaczących
2–3. Niepewności pomiarów pośrednich i ich szacowanie. Dopasowanie prostej do wyników pomiarów	wyjaśnić, co to znaczy, że pomiar jest pośredni, czyli złożony	z pomocą nauczyciela oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP	- samodzielnie oszacować niepewność pomiaru pośredniego metodą NKP, - przedstawić graficznie wyniki pomiarów wraz z niepewnościami	- dopasować prostą do wyników pomiaru i zinterpretować jej nachylenie, - swobodnie operować zdobytą wiedzą na temat niepewności pomiarowych, używając precyzyjnego języka fizyki
Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej				
1. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	- zdefiniować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów, - podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych	podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowego	wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienne	pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach
2. Ruch obrotowy bryły sztywnej	wymienić cechy modelu, jakim jest bryła sztywna,	posługiwać się pojęciami: szybkość kątowna średnia i chwilowa, prędkość kątowna	wyprowadzić i objaśnić związki między wielkościami opisującymi ruch obrotowy	precyzyjnym językiem fizyki objaśnić analogie między

	• podać przykłady ruchu postępowego i obrotowego bryły sztywnej	średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe		wielkościami kinematycznymi dla ruchu postępowego i obrotowego
3. Energia kinetyczna bryły sztywnej	• podać i wyjaśnić wzór na energię kinetyczną bryły wykonującej ruch obrotowy, • podać wzór na moment bezwładności punktu materialnego względem wybranej osi obrotu	• obliczyć energię kinetyczną obracającej się bryły, znając jej szybkość kątową i moment bezwładności względem osi symetrii	• wyprowadzić wzór na energię kinetyczną obracającej się bryły, • zdefiniować moment bezwładności i uzasadnić pogląd, że charakteryzuje on bezwładność bryły, • korzystać z twierdzenia Steinera do obliczania momentów bezwładności	• stosować definicję momentu bezwładności $\sum m_i r_i^2$ i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył
4–6. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	• wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprowadzenia bryły w ruch obrotowy, • na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły	• na podstawie wzoru definicyjnego obliczyć wartość momentu siły i podać jego kierunek i zwrot, • podać przykłady ruchów obrotowych jednostajnych i zmiennych	• formułować pierwszą i drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego, • podać warunki wykonywania ruchów obrotowych jednostajnie i niejednostajnie zmiennych	• wykazać, że przy obracaniu bryły pracę wykonuje moment siły, • wyprowadzić i wyjaśnić wzór na moc chwilową w ruchu obrotowym bryły
7–8. Równowaga bryły sztywnej	• wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich	• podać warunki równowagi bryły sztywnej, • podać sposoby praktycznego wykorzystania maszyn prostych	• na podstawie odpowiednich obliczeń wyjaśnić zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloku nieruchomego i ruchomego oraz kołowrotu	• wyjaśnić zasadę działania wielokrążka
9–10. Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności	• aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kąтового od momentu bezwładności bryły	• aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kąтового od momentu bezwładności bryły	• zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kąтового od momentu bezwładności bryły	• obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kąтового bryły sztywnej
11–12. Moment pędu	• wymienić moment pędu jako wielkość służącą do opisu ruchu obrotowego, która nie ulega zmianie, gdy wypadkowy moment sił działających na bryłę jest równy zeru	• napisać wzór na moment pędu punktu materialnego poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu, • podać kierunek i zwrot momentu pędu	• zapisać i wyjaśnić związek momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii z momentem bezwładności tej bryły, • zapisać i wyjaśnić drugą zasadę dynamiki w postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$ i wywnioskować z niej zasadę zachowania momentu pędu	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wyrażenia drugiej zasady dynamiki w postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$
13. Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu	• obserwować ruch układu (człowiek z hantlami na fotelu)	• obserwować ruch układu (człowiek z wirującym kołem na	• za pomocą wahadła Oberbecka wykonać doświadczenie	• obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy

	obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu	fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu	sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu	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
Pole grawitacyjne				
1. O odkryciach Kopernika i Keplera	przedstawić podstawowe założenia heliocentrycznej teorii budowy Układu Słonecznego	sformułować i objaśnić prawa Keplera	- wykazać, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu planet obiegających Słońce, - korzystać z trzeciego prawa Keplera do rozwiązywania zadań	przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii
2. Prawo powszechnej grawitacji	- zapisać wzorem i wypowiedzieć prawo powszechnej grawitacji, - wymienić ciała, dla których można je stosować w zapisanej postaci	objaśnić praktyczne znaczenie bardzo małej wartości stałej grawitacji	wykazać, że siła grawitacji działająca na ciało o masie m umieszczone na planecie jest wprost proporcjonalna do promienia i gęstości tej planety	przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa powszechnej grawitacji Newtona
3. Pierwsza prędkość kosmiczna	zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi	- wyjaśnić, dlaczego satelity Ziemi krążą wokół niej z prędkościami o nieco mniejszej wartości, - objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny”	- wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej, - obliczyć promień orbity geostacjonarnej i szybkość satelity na tej orbicie	przygotować prezentację na temat sposobów wykorzystania satelitów geostacjonarnych
4–5. Natężenie pola grawitacyjnego	przypomnieć poznane wcześniej pola sił i podać przykłady doświadczeń, w których możemy wykryć ich istnienie,	wyjaśnić, co nazywamy źródłem pola, a co ciałem próbnym i jakiego ciała próbnego używamy do wykrycia pola grawitacyjnego,	- określić kierunek i zwrot natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie, - z definicji natężenia pola i prawa powszechnej grawitacji	- stosować zasadę superpozycji natężeń, - obliczyć wartość siły grawitacji wewnątrz Ziemi,

	• zilustrować graficznie pole grawitacyjne centralne i jednorodne, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego wytworzonego przez Ziemię?</i>	• podać definicję natężenia pola grawitacyjnego	wynioskować, od czego zależy natężenie w danym punkcie centralnego pola grawitacyjnego, • sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od punktu materialnego i kuli dla $r \geq R$	• wyjaśnić różnicę między natężeniem pola grawitacyjnego a przyspieszeniem ziemskim w danym punkcie, • sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od środka kuli
6–7. Praca w polu grawitacyjnym	• objaśnić znaczenie wielkości fizycznych występujących we wzorze na pracę siły zewnętrznej, równoważącej siłę grawitacji, przy przemieszczaniu ciała w centralnym polu grawitacyjnym i wynioskować, że nie zależy ona od kształtu toru, po którym porusza się ciało	• przy założeniu, że pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi jest jednorodne, obliczyć pracę stałej siły równoważącej siłę grawitacji podczas podnoszenia ciała na wysokość h po kilku różnych drogach oraz sformułować wniosek	• wyjaśnić, co to znaczy, że siła jest zachowawcza oraz że pole grawitacyjne jest polem zachowawczym, • podać przykład ciała zmieniającego położenie w polu grawitacyjnym, choć nie działa na nie siła zewnętrzna	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym
8–9. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym	• na przykładzie Ziemi i leżącego na niej ciała opisać zmiany energii potencjalnej tego ciała przy jego oddalaniu się do nieskończoności	• uzasadnić stwierdzenie, że energia potencjalna ciała zmienia się wraz ze zmianą odległości ciała od źródła pola i przyjmuje wartości ujemne, • sporządzić wykres zależności energii potencjalnej ciała w polu centralnym od odległości od źródła pola, którym jest jednorodna kula o promieniu R	• zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym, • przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wyrażenia na energię potencjalną ciała w danym punkcie pola	• uzasadnić stwierdzenie, że w polu zachowawczym zmiana energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia jest jednoznacznie określona, • podać przykład pola niezachowawczego, w którym to stwierdzenie nie jest prawdziwe
10. *Potencjał pola grawitacyjnego				• zdefiniować potencjał i podać jego jednostkę, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy potencjał pola centralnego?</i>, • narysować wykres $V(r)$ dla jednorodnego i dla centralnego pola grawitacyjnego, • zapisać wzór na pracę w polu grawitacyjnym za pomocą potencjałów
11. Druga prędkość kosmiczna	• sformułować pytanie, jakie stawiamy przed przystąpieniem do obliczenia drugiej prędkości kosmicznej	• podać wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi	• zapisać i objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wzoru na drugą prędkość kosmiczną

12–13. Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia	• podać przykłady ciała w stanie przeciążenia, niedociążenia i nieważkości	• opisać wpływ przeciążenia na organizm człowieka	• objaśnić, co oznaczają stwierdzenia, że ciało jest w stanach przeciążenia, niedociążenia i nieważkości	• podać warunki, w których występuje stan nieważkości, • wyjaśnić zasadę równoważności (możliwość wytwarzania sztucznej grawitacji)
Elementy astronomii				
1. Układ Słoneczny	• wymienić ciała niebieskie wchodzące w skład Układu Słonecznego	• podać główne właściwości Słońca i planet Układu Słonecznego	• szczegółowo opisać właściwości Słońca, planet i ich księżyców oraz pozostałych ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego	• przygotować prezentację na temat najnowszych odkryć dotyczących Układu Słonecznego
2–3. Jednostki odległości stosowane w astronomii	• zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny	• opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej	• zdefiniować parsek, • odszukać informacje o szybkościach sond kosmicznych i obliczać przybliżone czasy dotarcia sondy do planety	• zamieniać jednostki odległości używane w astronomii, • wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia
4. Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie	• przeprowadzić obserwację Drogi Mlecznej	• podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie	• obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki	• przygotować prezentację na temat czarnych dziur
5–6. Prawo Hubble’a i teoria Wielkiego Wybuchu	• podać przybliżony wiek Wszechświata, • wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”	• podać treść prawa Hubble’a, • zapisać wzorem prawo Hubble’a i objaśnić występujące w nim wielkości fizyczne	• obliczyć wiek Wszechświata, • opisać ewolucję Wszechświata, • wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata na modelu balonika	• wymienić i objaśnić główne fakty obserwacyjne uzasadniające słuszność teorii Wielkiego Wybuchu, • wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni
Ruch drgający				
1. Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych	• podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystości	• rozróżnić zjawiska sprężyste i plastyczne	• podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych	• objaśnić przemiany energii podczas odkształceń sprężystych
2–3. Ruch drgający harmoniczny. Badanie wydłużenia sprężyny	• wymienić i opisać cechy ruchu drgającego harmonicznego, • zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę	• wymienić i zdefiniować wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny, • zapisać i objaśnić związek siły sprężystości z wychyleniem ciała z położenia równowagi	• podać sens fizyczny współczynnika sprężystości sprężyny, • wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę	• na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny
4–6. Matematyczny opis ruchu harmonicznego.	• opisać model, którym posługujemy się do	• obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w	• zapisać i objaśnić wzory na współrzędne x, V_x, a_x i F_x	• na podstawie obserwacji i obliczeń sformułować wniosek

Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny	matematycznego opisu ruchu harmonicznego, • zapisać wzór na okres drgań harmonicznym i przekształcić go w celu obliczenia każdej z występujących w nim wielkości, • aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny	ruchu wzdłuż osi x zwróconej pionowo w górę, • sporządzić i zinterpretować wykresy zależności $x(t)$, $V_x(t)$ i $a_x(t)$	w przypadkach, w których mierzenie czasu rozpoczynamy przy przechodzeniu ciała przez położenie równowagi oraz w chwili maksymalnego wychylenia, • zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny	dotyczący ruchu rzutu na oś x punktu poruszającego się po okręgu, • obliczać współrzędne x , v_x , a_x i F_x przy dowolnej fazie początkowej, • wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym
7. Energia w ruchu harmonicznym	• zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną sprężystości i na energię całkowitą ciała wykonującego ruch harmoniczny, • omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny	• na podstawie wykresu $F_x(x)$ wyprowadzić wzór na energię potencjalną sprężystości	• wyprowadzić wzór na całkowitą energię ciała wykonującego ruch harmoniczny i wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej w tym ruchu	• sporządzać wykresy zależności $E_p(x)$, $E_k(x)$ oraz $E_p(t)$ i $E_k(t)$, • rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
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	• opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne	• zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, • zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań	• wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła jest ruchem harmonicznym, • wyjaśnić, na czym polega izochronizm wahadła, • wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego	• wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, • samodzielnie opracować sposób sprawdzenia zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie
11. Drgania wymuszone i rezonansowe. Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego	• zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego	• wyjaśnić, kiedy występuje i na czym polega zjawisko rezonansu	• wyjaśnić znaczenie pojęć: drgania swobodne i częstotliwość drgań własnych	• wyjaśnić pojęcie „częstotliwość rezonansowa”
Zjawiska termodynamiczne				
1. Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki. Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał	• wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia	• wyjaśnić, co rozumiemy pod pojęciem „stan równowagi termodynamicznej”	• wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice, i przypisać każdej odpowiedni symbol, • badać proces wyrównywania temperatury ciał i posługiwać się bilansem cieplnym	• wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki

2. Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym	wymienić wielkości fizyczne, od których zależy ciśnienie gazu w zamkniętym naczyniu	wymienić warunki, jakie powinien spełniać gaz doskonały	zapisać podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego i objaśnić występujące w nim wielkości	przekształcić wzór podstawowy do postaci wiążących ciśnienie z masą lub gęstością gazu i objaśnić występujące w nim wielkości
3. Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona	- objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina, - zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego	- uzasadnić stwierdzenie, że równość temperatur dwóch gazów oznacza równość średnich energii ruchu postępowego cząsteczek obu gazów, - zapisać związek temperatury gazu w skali Kelvina ze średnią energią kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek tego gazu, - zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona	przekształcić wzór podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego	- obliczyć stałą gazową R i przekształcić równanie stanu gazu doskonałego do postaci równania Clapeyrona, - wyrazić średnią energię ruchu postępowego cząsteczek gazu poprzez stałą Boltzmanna i temperaturę w skali bezwzględnej
4–6. Szczególne przemiany gazu doskonałego	wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie	wypowiedzieć, zapisać wzorem i objaśnić prawo Boyle’a, Charles’a i Gay-Lussaca	- wyjaśnić, co to znaczy, że proces jest kwazistatyczny, - sporządzać wykresy zależności $p(V)$ przy stałej temperaturze gazu, $p(T)$ przy stałej objętości gazu i $V(T)$ przy stałym ciśnieniu	skorzystać z równania Clapeyrona i wyprowadzić prawo Boyle’a, prawo Charles’a i prawo Gay-Lussaca
7. Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody	- wymienić rodzaje energii cząsteczek gazu, - wyjaśnić pojęcie „energia wewnętrzna ciała”	uzasadnić fakt, że cząsteczki gazu doskonałego mają tylko energię kinetyczną wszystkich rodzajów ruchu	- wyjaśnić pojęcie „stopień swobody”, - wytłumaczyć zasadę ekwipartycji energii i zapisać wzór na całkowitą energię kinetyczną cząsteczek, która ma i stopni swobody, - skorzystać z zasady ekwipartycji energii i zapisać oraz skomentować wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego o stałej masie	za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów jednoatomowych mają trzy stopnie swobody
9–10. Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki	opisać przemianę adiabatyczną gazu	zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i adiabatycznej oraz przedyskutować znaki wielkości fizycznych dla różnych przypadków	zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany izobarycznej i przedyskutować znaki W i Q dla różnych przypadków	- sporządzić wykresy zależności $p(V)$ dla przemian izotermicznej i adiabatycznej, - wytłumaczyć różnicę w kształcie izobar i adiabat

11. Ciepło właściwe i ciepło molowe	• wyjaśnić różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem molowym	• zapisać wzory na ciepło wymienione z otoczeniem za pomocą wielkości fizycznych: ciepło właściwe i ciepło molowe	• zapisać i skomentować związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem	• wyprowadzić związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem
12. Energia wewnętrzna jako funkcja stanu		• zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie izochorycznej i stwierdzić, że wzór ten stosuje się w dowolnej przemianie	• 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	• przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki
13–15. Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota	• stwierdzić, że zamiana części dostarczonego ciepła na pracę jest podstawą działania silnika cieplnego, • opisać kolejne fazy pracy silnika spalinowego czterosuwowego	• podać przykład sytuacji, w której dostarczenie ciepła skutkuje jednorazowym wykonaniem pracy, • wyjaśnić ideę Carnota i zdefiniować sprawność silnika, • opisać zasadę działania chłodziarek i pomp ciepłych	• opisać i objaśnić cykl Carnota i działanie idealnego silnika cieplnego, • zapisać i skomentować wzór na pracę wykonaną przez silnik cieplny, • sformułować drugą zasadę termodynamiki	• opisać procesy odwracalne (w tym proces kwazistatyczny) oraz procesy nieodwracalne, • sporządzić wykres cyklu odwrotnego do cyklu Carnota, • zdefiniować skuteczność chłodzenia
16. Fluktuacje. Wzmianka o entropii	• podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii	• wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii	• podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki	• wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie
17–20. Przejścia fazowe. Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej. Wyznaczanie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu	• podać fazy, w których może występować ta sama substancja, • opisać zjawiska topnienia i parowania	• podać definicję ciepła topnienia i ciepła parowania, • wyjaśnić, dlaczego temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia zewnętrznego, • zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej	• sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła	• przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania, • wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu
21. Para nasycona i para nienasycona	• wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para nasycona	• wytłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z cieczą, z której powstała, • podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej	• podać warunki, przy spełnieniu których do pary nienasyconej można stosować prawa gazowe, • podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym	• sporządzić wykres zależności ciśnienia pary nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt, • wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny”

22. Rozszerzalność temperaturowa ciał. Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych	• odpowiedzieć na pytanie: <i>Co nazywamy bezwzględnym, a co względnym przyrostem objętości?</i>, • podać sens fizyczny współczynnika rozszerzalności objętościowej i liniowej, • podać przykład sytuacji z codziennego życia, w której musimy uwzględnić zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał	• zapisać wzór definicyjny współczynnika rozszerzalności objętościowej, • odpowiedzieć na pytanie, od czego zależy, współczynnik rozszerzalności objętościowej, • zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał stałych	• porównać współczynniki rozszerzalności objętościowej ciał stałych, cieczy i gazów, • opisać zjawisko anomalnej rozszerzalności wody	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że współczynnik rozszerzalności objętościowej ciał stałych jest w przybliżeniu trzykrotnie większy od współczynnika rozszerzalności liniowej, • obliczyć wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej gazów doskonałych
23. *Transport energii przez przewodnictwo i konwekcję				• wyjaśnić, na czym polega transport energii przez przewodnictwo cieplne i przez konwekcję, • objaśnić wzór na szybkość przekazu ciepła w przecie
Pole elektrostatyczne				
1–2. Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych	• wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne, • wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich	• objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej, • zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał	• podać wartość liczbową ładunku elementarnego, • wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku	• wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący
3–4. Natężenie pola elektrostatycznego. Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego	• opisać, w jaki sposób za pomocą metalowej, naelektryzowanej kuleczki można zbadać, czy w przestrzeni istnieje pole elektrostatyczne, • wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie	• podać definicję natężenia pola elektrostatycznego, • przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika, • graficznie, za pomocą linii pola, przedstawić pole elektrostatyczne centralne i jednorodne	• wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie	• opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól, • wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone przez dipol
5. Naelektryzowany przewodnik	• opisać doświadczenie z klatką Faradaya, • opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi	• zdefiniować gęstość powierzchniową ładunku, • opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach	• sporządzić wykres $E(r)$ dla naelektryzowanego przewodnika kulistego	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest prostopadłe do tej powierzchni
6. Przewodnik w polu elektrostatycznym	• stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego	• wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole	• opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku	• przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że

	w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne	elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu •	umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym	natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zeru
7–10. Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego	• zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba, • 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, • wymienić wielkości, od których zależy potencjał centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, oraz jednostkę, w której go wyrażamy	• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego, • podać definicję potencjału pola elektrostatycznego, • wyjaśnić, co mamy na myśli mówiąc, że natężenie pola i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne w danym punkcie	• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na energię potencjalną ładunku w grawitacyjnym i elektrostatycznym polu centralnym, • zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ładunku i wywnioskować jej zmiany podczas oddalania się ładunku od punkowego źródła pola elektrostatycznego i podczas zbliżania się ładunku do tego źródła	• sporządzić wykresy zależności $E_p(r)$ dla ładunków jedno- i różnoimiennych, • sporządzić i objaśnić wykresy zależności $V(r)$ dla dodatniego i ujemnego źródła centralnego pola elektrostatycznego, • stosować zasadę superpozycji dla potencjałów, • wyprowadzić wzór na pracę w polu elektrostatycznym wyrażony przez różnicę potencjałów i udowodnić, że stosuje się dla każdego pola elektrostatycznego
11. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego	• opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować, • nazwać stały dla danego przewodnika iloraz Q/V i podać jego jednostkę	• zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać jej sens fizyczny	• wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową	• opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika
12–13. Kondensator	• opisać budowę kondensatora płaskiego, • wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego	• wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora	• podać definicję kondensatora	• wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi
14. Dielektryk w polu elektrostatycznym	• wymienić cechy dielektryka, • wymienić kilka różnych dielektryków, • opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność	• wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi, • zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny	• dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności	• za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka
15. Energia naładowanego kondensatora.	• stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię	• zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora,	• wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci	• przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii

Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa)		• zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora		
16. Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym	• na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza	• podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym	• opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach: • $\vec{v}_0 = \vec{0}$, $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$, $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$, gdzie $\vec{v}_0$ to prędkość początkowa cząstki	• przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego