

# OPIS ZAŁOŻONYCH OSIĄGNIĘĆ UCZNIĄ (PLAN WYNIKOWY)

W tabeli opisujemy przewidywane osiągnięcia uczniów w ramach zakresu rozszerzonego w odniesieniu do poszczególnych treści kształcenia. Podzieliliśmy je na dwie grupy: konieczne i podstawowe oraz rozszerzające i dopełniające – z uwzględnieniem indywidualnych możliwości uczniów. Treści kształcenia zostały uzupełnione odpowiednimi numerami wymagań szczególnych podstawy programowej.

## KLASA 2

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
<b>Dział 6. Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej</b>			
1	Iloczyn wektorowy dwóch wektorów (I.5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykład wielkości fizycznej, która jest iloczynem wektorowym dwóch wektorów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać cechy (wartość, kierunek, zwrot) wektora, który jest wynikiem mnożenia wektorowego,</li> <li>• wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest antyprzemienney,</li> <li>• zapisać iloczyn wektorowy dwóch wektorów</li> </ul>
2	Ruch obrotowy bryły sztywnej (II.1) (III.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• omówić przykłady ruchu obrotowego bryły sztywnej oraz ruchu złożonego,</li> <li>• wymienić wielkości opisujące ruch obrotowy,</li> <li>• posługiwać się pojęciami: szybkość kąтова średnia i chwilowa, prędkość kąтова średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe,</li> <li>• stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kąkowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować: szybkość kątową średnią i chwilową, prędkość kątową średnią i chwilową, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe,</li> <li>• opisać matematycznie ruch obrotowy: jednostajny, jednostajnie przyspieszony, jednostajnie opóźniony,</li> <li>• zapisać i objaśnić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kąowego,</li> <li>• wyprowadzić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kąowego</li> </ul>
3	Energia kinetyczna bryły sztywnej (II.1) (III.4–5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym,</li> <li>• posługiwać się pojęciem momentu bezwładności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję momentu bezwładności bryły,</li> <li>• obliczać momenty bezwładności brył względem ich osi symetrii,</li> <li>• obliczać energię kinetyczną bryły obracającej się wokół osi symetrii,</li> <li>• stosować twierdzenie Steinera</li> </ul>
4–6	Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły (II.1, I.5) (III.3–4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać warunek zmiany stanu ruchu obrotowego bryły sztywnej,</li> <li>• posługiwać się pojęciem momentu siły,</li> <li>• podać treść zasad dynamiki ruchu obrotowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować moment siły,</li> <li>• obliczać wartości momentów sił działających na bryłę sztywną, znajdować ich kierunek i zwrot,</li> <li>• znajdować wypadkowy moment sił działających na bryłę</li> </ul>
7–8	Równowaga bryły sztywnej (II.5) (III.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić przykłady maszyn prostych i podać sposoby ich praktycznego wykorzystania,</li> <li>• sformułować warunek równowagi dźwigni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloków i kołowrotu,</li> <li>• sformułować i zapisać wzorami warunki równowagi bryły sztywnej</li> </ul>

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

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
9–10	Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności (I.10–16) (III.8b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu doświadczenia,</li> <li>• sformułować wnioski</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zaplanować sposób wykonania doświadczenia i zapisania wyników,</li> <li>• przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych</li> </ul>
11–13	Moment pędu (I.1) (III.6) Zasada zachowania momentu pędu (III.7) Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu (I.10–12) (III.8a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posługiwać się pojęciem momentu pędu,</li> <li>• podać i objaśnić treść zasady zachowania momentu pędu,</li> <li>• za pomocą odpowiedniego zestawu doświadczalnego zademonstrować zasadę zachowania momentu pędu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować moment pędu,</li> <li>• obliczać wartość momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii,</li> <li>• zapisać i objaśnić ogólną postać drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego,</li> <li>• sprawdzić doświadczalnie słuszność zasady zachowania momentu pędu</li> </ul>
14	Analogie w opisie ruchów postępowego i obrotowego (II.13, II.15) (III.4, III.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• z pomocą nauczyciela przypisać niektórym wielkościom służącym do opisu ruchu postępowego wielkości służące do opisu ruchu obrotowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić analogie występujące w dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego</li> </ul>
15–17	Złożenie ruchów postępowego i obrotowego: toczenie (I.19) (III.4–5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać toczenie bez poślizgu jako złożenie ruchu postępowego bryły i jej ruchu obrotowego wokół osi symetrii,</li> <li>• podać warunek toczenia się bryły bez poślizgu: prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jest równa zero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać toczenie jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu,</li> <li>• obliczać energię kinetyczną toczącej się bryły,</li> <li>• zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły sztywnej,</li> <li>• znajdować prędkość punktów toczącej się bryły jako wypadkową prędkości jej ruchu postępowego i obrotowego wokół osi symetrii</li> </ul>
18–20	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
<b>Dział 7. Pole grawitacyjne</b>			
1	O odkryciach Kopernika i Keplera (I.18) (IV.3, IV.5–6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przedstawić założenia teorii heliocentrycznej,</li> <li>• sformułować i objaśnić treść praw Keplera,</li> <li>• opisać ruchy planet Układu Słonecznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zastosować trzecie prawo Keplera do ruchu planet Układu Słonecznego i każdego układu satelitów krążących wokół tego samego ciała,</li> <li>• interpretować drugie prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu,</li> <li>• przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii</li> </ul>

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
2	Prawo powszechnej grawitacji (IV.1, IV.3, IV.5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>sformułować i objaśnić prawo powszechnej grawitacji,</li> <li>na podstawie prawa grawitacji wykazać, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać sens fizyczny stałej grawitacji,</li> <li>wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i gęstości,</li> <li>przedstawić rozumowanie prowadzące od III prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona</li> </ul>
3	Pierwsza prędkość kosmiczna (IV.4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi,</li> <li>wskazać siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej,</li> <li>objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić, że satelita tylko wtedy może krążyć wokół Ziemi po orbicie w kształcie okręgu, gdy siła grawitacji stanowi siłę dośrodkową,</li> <li>wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej</li> </ul>
4–5	Natężenie pola grawitacyjnego (I.6, I.18) (IV.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić pojęcie pola grawitacyjnego i linii pola,</li> <li>przedstawić graficznie pole grawitacyjne jednorodne i centralne,</li> <li>odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy wartość natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?</i>,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne,</li> <li>obliczać wartość natężenia pola grawitacyjnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego,</li> <li>sporządzić wykres zależności <math>\gamma(r)</math> dla <math>r \geq R</math>,</li> <li>wyprowadzić wzór na wartość natężenia pola grawitacyjnego we wnętrzu jednorodnej kuli o danej gęstości</li> </ul>
6–7	Praca w polu grawitacyjnym (I.6) (IV.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym,</li> <li>podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym,</li> <li>przeprowadzić rozumowanie wykazujące, że dowolne (statyczne) pole grawitacyjne jest polem zachowawczym</li> </ul>
8–10	Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym (I.6) (IV.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>odpowiedzieć na pytania:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>–<i>Od czego zależy grawitacyjna energia potencjalna ciała w polu centralnym?</i></li> <li>–<i>Jak zmienia się grawitacyjna energia potencjalna ciała podczas zwiększania jego odległości od Ziemi?</i></li> </ul> </li> <li>zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>poprawnie wypowiedzieć definicję grawitacyjnej energii potencjalnej,</li> <li>wykazać, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem „minus”,</li> <li>poprawnie sporządzić i zinterpretować wykres zależności <math>E_p(r)</math>,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego w polach niezachowawczych nie operujemy pojęciem energii potencjalnej</li> </ul>
11	Druga prędkość kosmiczna (I.18) (IV.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej,</li> <li>obliczyć wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej,</li> <li>opisać ruch ciała w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej mu prędkości</li> </ul>

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
12-13	Stan przecięcia. Stany nieważkości i niedociążenia (I.19) (IV.8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać przykłady występowania stanu przecięcia, niedociążenia i nieważkości</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować stan przecięcia, niedociążenia i nieważkości,</li> <li>• opisać (w układzie inercyjnym i nieinercyjnym) zjawiska występujące w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę,</li> <li>• wyjaśnić, dlaczego stan nieważkości może występować tylko w układach nieinercyjnych,</li> <li>• wyjaśnić, na czym polega zasada równoważności</li> </ul>
14-17	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności	<b>Dział 8. Elementy astronomii</b>	
1	Układ Słoneczny (I.18) (IV.9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać Układ Słoneczny,</li> <li>• obliczać wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie,</li> <li>• porównywać okresy obiegu planet na podstawie ich średnich odległości od Słońca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać właściwości ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego,</li> <li>• wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchyłen tego ruchu od wcześniej przewidywanego mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich,</li> <li>• podać przykłady takich odkryć</li> </ul>
2-3	Jednostki odległości stosowane w astronomii (I.1, I.3, I.4, I.10) (IV.9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny,</li> <li>• stosować te jednostki do obliczania odległości między ciałami niebieskimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej,</li> <li>• zdefiniować parsek,</li> <li>• wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia</li> </ul>
4	Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie (IV.9)	<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>
5-6	Prawo Hubble'a i teoria Wielkiego Wybuchu (I.17-20) (IV.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać treść prawa Hubble'a,</li> <li>• wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”,</li> <li>• podać przybliżony wiek Wszechświata,</li> <li>• opisać ewolucję Wszechświata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obliczyć wiek Wszechświata</li> <li>• wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni</li> </ul>
7	Sprawdzenie wiadomości i umiejętności		

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
<b>Dział 9. Ruch drgający harmoniczny</b>			
1	Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych (I.19) (V.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić różnicę między odkształceniami sprężystymi i niesprężystymi,</li> <li>wymienić stany skupienia, w których nie występuje sprężystość postaci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>na przykładzie rozciąganej sprężyny wyjaśnić prostą proporcjonalność <math>x \sim F_s</math>,</li> <li>wyjaśnić przyczynę występowania sprężystości postaci ciał stałych</li> </ul>
2–3	Ruch drgający harmoniczny. Badanie wydłużenia sprężyny (I.10–16, I.20) (V.1–2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie,</li> <li>wymienić i objaśnić pojęcia służące do opisu ruchu drgającego,</li> <li>podać cechy ruchu harmonicznego,</li> <li>zapisać i objaśnić związek siły, pod wpływem której odbywa się ruch harmoniczny, z wychyleniem ciała z położenia równowagi,</li> <li>podać sens fizyczny współczynnika sprężystości dla sprężyny,</li> <li>zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać warunki, w których ruch drgający jest ruchem harmonicznym,</li> <li>uzasadnić, że ruch drgający harmoniczny jest ruchem niejednostajnie zmiennym,</li> <li>wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę</li> </ul>
4–6	Matematyczny opis ruchu harmonicznego (V.3–5) Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny (V.8c)	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzić i omówić wykresy: <math>x(t)</math>, <math>v_x(t)</math>, <math>a_x(t)</math>,</li> <li>podać i objaśnić wzór na okres drgań harmonicznym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym, rozkładając ruch punktu materialnego po okręgu na dwa ruchy składowe,</li> <li>wyjaśnić pojęcie fazy początkowej, zapisać związki <math>x(t)</math>, <math>v_x(t)</math>, <math>a_x(t)</math> i <math>F_x(t)</math> z użyciem tego pojęcia,</li> <li>wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym,</li> <li>zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny</li> </ul>
7	Energia w ruchu harmonicznym (V.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać wzory na energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i całkowitą ciała drgającego,</li> <li>sporządzić wykresy zależności: <math>E_p(t)</math>, <math>E_k(t)</math>, <math>E_c(t)</math>, <math>E_p(x)</math> i <math>E_k(x)</math>,</li> <li>wyprowadzić wzory na energię potencjalną sprężystości i energię kinetyczną ciała drgającego,</li> <li>udowodnić, że całkowita energia mechaniczna ciała wykonującego ruch harmoniczny jest stała</li> </ul>

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
8–10	Wahadło matematyczne (V.5) Zademonstrowanie niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy. Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości. Wyznaczenie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego (I.10–16) (V.8a,b,e)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podać definicję wahadła matematycznego,</li> <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>• wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła,</li> <li>• wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,</li> <li>• wykazać, że dla małych kątów wychYLENIA RUCH WAHADŁA MATEMATYCZNEGO jest ruchem harmonicznym,</li> <li>• zaplanować i wykonać doświadczenie sprawdzające zależność okresu drgań wahadła od jego długości</li> </ul>
11	Drgania wymuszone i rezonansowe (V.7) Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego (I.10–12) (V.8d)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu mechanicznego,</li> <li>• zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzorem i objaśnić pojęcie częstotliwości drgań własnych,</li> <li>• wyjaśnić powstawanie drgań wymuszonych</li> </ul>
12	Sprawdzenie wiadomości i umiejętności		
<b>Dział 10. Zjawiska termodynamiczne</b>			
1	Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki (VI.4) Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał (VI.19b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice i przypisać każdej odpowiedni symbol,</li> <li>• wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia,</li> <li>• wyjaśnić pojęcie stanu równowagi termodynamicznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać wielkości, których będziemy używać w termodynamice,</li> <li>• podać zależności między tymi wielkościami,</li> <li>• wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki,</li> <li>• doświadczalnie zbadać proces wyrównywania temperatury ciał,</li> <li>• stosować bilans ciepły do opisu procesu wyrównywania temperatury ciał</li> </ul>
2	Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym (VI.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisać założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego,</li> <li>• wyjaśnić z punktu widzenia teorii wywieranie przez gaz ciśnienia na ścianki naczynia,</li> <li>• wymienić czynniki wpływające na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisać wzór na ciśnienie gazu (podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej),</li> <li>• wyrazić wzór na ciśnienie gazu przez różne wielkości fizyczne (liczbę moli, masę pojedynczej cząsteczki, gęstość gazu itp.)</li> </ul>

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
3	Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona (VI.11, VI.13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego,</li> <li>zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona w postaci <math>pV = nRT</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać równanie Clapeyrona w postaci <math>pV = NkT</math>,</li> <li>zdefiniować stałą Boltzmann,</li> <li>wyrazić średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczki gazu doskonałego przez jego temperaturę <math>T</math> i stałą Boltzmann</li> </ul>
4–6	Szczególne przemiany gazu doskonałego: – przemiana izotermiczna – przemiana izochoryczna – przemiana izobaryczna (VI.12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić i opisać przemiany szczególne gazu doskonałego,</li> <li>sformułować prawa dla przemian szczególnych,</li> <li>przeliczyć temperaturę wyrażoną w skali Celsjusza na kelwiny i odwrotnie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>otrzymać z równania Clapeyrona prawa rządzące szczególnymi przemianami gazu doskonałego,</li> <li>sporządzać i interpretować wykresy <math>p(V)</math>, <math>V(T)</math> i <math>p(T)</math>,</li> <li>każdą przemianę szczególną przedstawić w różnych układach współrzędnych,</li> <li>interpretować prawa gazów z punktu widzenia teorii kinetyczno-molekularnej</li> </ul>
7	Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody (VI.3, VI.10–11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować energię wewnętrzną ciała i gazu doskonałego,</li> <li>korzystać z informacji, że energia wewnętrzna danej masy danego gazu doskonałego zależy jedynie od jego temperatury, a zmiana energii wewnętrznej jest związana jedynie ze zmianą temperatury</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego jako funkcję zmiany jego temperatury,</li> <li>posługiwać się pojęciem stopni swobody cząsteczek gazu,</li> <li>wyrazić wzór na całkowitą średnią energię kinetyczną cząsteczki (wszystkich rodzajów ruchu) przez liczbę stopni swobody cząsteczek gazów jedno-, dwu- i wieloatomowych</li> </ul>
8	Pierwsza zasada termodynamiki (VI.2–3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>posługiwać się pojęciem ciepła i przekazu ciepła,</li> <li>korzystać z informacji, że pierwsza zasada termodynamiki jest zasadą zachowania energii układu,</li> <li>obliczać pracę objętościową na podstawie wykresu <math>p(V)</math> w prostych przypadkach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć i objaśnić pierwszą zasadę termodynamiki,</li> <li>objaśnić stwierdzenie, że praca jest funkcją procesu</li> </ul>
9–10	Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki (VI.9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać przemianę adiabatyczną,</li> <li>zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej, izobarycznej i adiabatycznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretować przemiany gazowe (w tym także adiabatyczną) z punktu widzenia pierwszej zasady termodynamiki,</li> <li>wyjaśnić różnice między adiabatą i izotermą,</li> </ul>
11	Ciepło właściwe i ciepło molowe (VI.5, VI.8, VI.14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozróżniać i definiować pojęcia ciepła właściwego i ciepła molowego,</li> <li>posługiwać się pojęciami ciepła molowego gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości oraz podać ich różnicę</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić związek między <math>C_p</math> i <math>C_v</math> w postaci <math>C_p - C_v = R</math></li> </ul>
12	Energia wewnętrzna jako funkcja stanu (VI.3, VI.14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>korzystać z informacji, że zmiana energii wewnętrznej podczas przejścia gazu między dwoma stanami nie zależy od procesu (tak jak praca i ciepło), tylko od stanu początkowego i końcowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić znaczenie stwierdzenia, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu gazu (ciała),</li> <li>zapisać ogólny wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu, słuszny w każdym procesie,</li> <li>posługiwać się związkiem między <math>C_p</math> i <math>C_v</math> a liczbą stopni swobody dla gazów o cząsteczkach jedno-, dwu- i trójatomowych</li> </ul>

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
13–15	Silniki ciepłe. Odwrotny cykl Carnota (I.19–20) (VI.7, VI.15–17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać zasadę działania silnika ciepłego,</li> <li>wymienić przemiany, z których składa się cykl Carnota,</li> <li>posługiwać się pojęciem sprawności silnika ciepłego,</li> <li>korzystać z informacji, że tylko część ciepła pobranego ze źródła może być zamieniona na pracę,</li> <li>omówić wartość energetyczną żywności i paliw</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sporządzić wykres <math>p(V)</math> dla cyklu Carnota i go interpretować,</li> <li>zdefiniować sprawność silnika ciepłego,</li> <li>obliczać sprawność różnych cykli,</li> <li>sformułować drugą zasadę termodynamiki</li> </ul>
16	Fluktuacje. Wzmianka o entropii (VI.17–18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii,</li> <li>wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać i objaśnić warunek stosowności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki,</li> <li>wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie,</li> <li>posługiwać się pojęciem entropii układu i zmiany entropii,</li> <li>objaśnić fakt, że fluktuacje w sposób istotny ograniczają czułość przyrządów pomiarowych</li> </ul>
17–20	Przejęcia fazowe (VI.4–6) Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej. Wyznaczenie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu (I.10–12) (VI.19c)	<ul style="list-style-type: none"> <li>opisać procesy: topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji, resublimacji,</li> <li>odróżniać wrzenie od parowania,</li> <li>zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować ciepła przemian fazowych,</li> <li>sporządzić i interpretować odpowiednie wykresy,</li> <li>opisywać przemiany energii w przemianach fazowych,</li> <li>posługiwać się bilansem cieplnym,</li> <li>wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu</li> </ul>
21	Para nasycona i para nienasycona (VI.4, VI.8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>analizować wpływ zewnętrznego ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy,</li> <li>posługiwać się pojęciami pary nasyconej i pary nienasyconej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>korzystać z informacji, że ciśnienie pary nasyconej można zwiększyć jedynie przez wzrost temperatury,</li> <li>korzystać z informacji, że pary nienasycone w przybliżeniu stosują się do praw gazowych,</li> <li>wyjaśnić, dlaczego ciśnienie pary nasyconej ze wzrostem temperatury wzrasta bardziej gwałtownie niż ciśnienie pary nienasyconej</li> </ul>
22	Rozszerzalność temperaturowa ciał (VI.1, VI.8) Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych (I.10–12) (VI.19a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>omówić na przykładach zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał,</li> <li>obliczać zmiany objętości odpowiadające zmianom temperatury,</li> <li>omówić szczególne własności wody</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować współczynnik rozszerzalności liniowej ciał stałych oraz objętościowej ciał stałych i cieczy,</li> <li>zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał,</li> <li>podać (ewentualnie wyprowadzić) związek między współczynnikami rozszerzalności liniowej i objętościowej ciała stałego</li> </ul>
23–25	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		



Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
<b>Dział 11. Pole elektrostatyczne</b>			
1-2	Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych. Elektryzowanie ciał. Zasada zachowania ładunku (VII.1-2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić, co to znaczy, że ciało jest naelektryzowane,</li> <li>opisać oddziaływanie ciał naelektryzowanych,</li> <li>zapisać i objaśnić prawo Coulomba,</li> <li>wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku,</li> <li>opisać i wyjaśnić sposoby elektryzowania ciał, posługując się zasadą zachowania ładunku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać wartość ładunku elementarnego,</li> <li>objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej ośrodka</li> </ul>
3-4	Natéżenie pola elektrostatycznego. Zasada superpozycji natéżeń pól (I.6-7) (VII.3-5) Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego (I.10-12) (VII.13a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać sens fizyczny natéżenia pola elektrostatycznego w danym punkcie,</li> <li>przedstawić graficznie (za pomocą linii pola) pole centralne i jednorodne,</li> <li>odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy natéżenie pola centralnego w danym punkcie?</i>,</li> <li>skorzystać z zasady superpozycji pól i opisać jakościowo pole wytworzone przez wybrane układy ładunków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wypowiedzieć definicję natéżenia pola,</li> <li>skorzystać z definicji i podać jednostkę natéżenia pola w SI,</li> <li>obliczać natéżenie pola wytworzonego przez ładunek punktowy,</li> <li>obliczać natéżenie pola wytworzonego przez wybrane układy ładunków,</li> <li>przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektrostatyczne wokół przewodnika oraz linie pola centralnego i jednorodnego,</li> <li>sporządzać wykres <math>E(r)</math> dla pola wytworzonego przez ładunek punktowy</li> </ul>
5	Naelektryzowany przewodnik. Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika (VII.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić działanie piorunochronu i klatki Faradaya,</li> <li>przedstawić graficznie pole wytworzone przez naelektryzowaną metalową kulkę,</li> <li>opisać jakościowo rozkład ładunku wprowadzonego na przewodnik o dowolnym kształcie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zaproponować doświadczalny sposób sprawdzenia rozkładu ładunku wewnątrz i na zewnątrz naładowanego przewodnika,</li> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że linie pola elektrostatycznego są w każdym punkcie prostopadłe do powierzchni naładowanego przewodnika</li> </ul>
6	Przewodnik w polu elektrostatycznym (VII.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>przedstawić graficznie pole elektrostatyczne wytworzone przez naelektryzowaną kulkę, do której zbliżono metalowy przedmiot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uzasadnić fakt, że wewnątrz przewodnika znajdującego się w zewnątrz polu elektrostatycznym natéżenie pola jest równe zero</li> </ul>
7-10	Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego. Praca w polu elektrostatycznym (VII.8-9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wskazać wielkości, od których zależy natéżenie centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie, i porównać je z wielkościami, od których zależy natéżenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie,</li> <li>zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną ładunku w elektrostatycznym polu centralnym,</li> <li>skorzystać z ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym (<math>W = qU</math>) do opisu zjawisk i ich zastosowań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podać definicję potencjału pola elektrostatycznego w danym punkcie,</li> <li>wykorzystać analogie między opisem pola grawitacyjnego i elektrostatycznego do zapisania wzorami wielkości opisujących pole elektrostatyczne i pracę przy przemieszczaniu ładunku w tym polu,</li> <li>wykorzystać definicję potencjału do wyprowadzenia ogólnego wzoru na pracę w polu elektrostatycznym</li> </ul>

Nr	Treści kształcenia	Wymagania konieczne i podstawowe Uczeń potrafi:	Wymagania rozszerzające i dopełniające Uczeń sprostał wymaganiom koniecznym i podstawowym oraz potrafi:
11	Pojemność elektryczna ciała przewodzącego (I.1) (VII.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>zdefiniować pojemność przewodnika i jednostkę pojemności,</li> <li>odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy pojemność przewodnika?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić znaczenie współczynnika <math>\epsilon_0</math>,</li> <li>wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową</li> </ul>
12–13	Kondensator. Pojemność kondensatora płaskiego (I.1) (VII.10–11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>objaśnić pojęcie kondensatora,</li> <li>odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego i jak zależy pojemność kondensatora płaskiego?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyprowadzić związek natężenia pola z napięciem między okładkami kondensatora płaskiego</li> </ul>
14	Dielektryk w polu elektrostatycznym (I.10–12) (VII.12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymienić kilka różnych dielektryków,</li> <li>opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność,</li> <li>przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wyjaśnić wpływ dielektryka na pojemność kondensatora,</li> <li>zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny,</li> <li>wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi,</li> <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) (VII.11, VII.13b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię,</li> <li>objaśnić, od czego i jak zależy energia naładowanego kondensatora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora,</li> <li>wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci</li> </ul>
16	Ruch naładowanej cząstki w polu elektrostatycznym (VII.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>analizować jakościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadkach: <math>\vec{v}_0 = \vec{0}</math>, <math>\vec{v}_0 \parallel \vec{E}</math>, <math>\vec{v}_0 \perp \vec{E}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analizować ilościowo ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu elektrostatycznym w przypadkach: <math>\vec{v}_0 = \vec{0}</math>, <math>\vec{v}_0 \parallel \vec{E}</math>, <math>\vec{v}_0 \perp \vec{E}</math>,</li> <li>opisać budowę i działanie lampy oscyloskopowej i akceleratora liniowego,</li> <li>podać przykłady zastosowania lampy oscyloskopowej i akceleratora liniowego</li> </ul>
17–18	Powtórzenie oraz sprawdzenie wiadomości i umiejętności		