

**Wymagania edukacyjne z fizyki**  
**Klasa druga**  
**zakres rozszerzony**

| <b>Opis ruchu postępowego</b> |  |
|-------------------------------|--|
| <b>ocena dopuszczająca:</b>   |  |
| ✓                             | podać przykłady wielkości fizycznych skalarnych i wektorowych  |
| ✓                             | wymienić cechy wektora   |
| ✓                             | dodać wektory  |
| ✓                             | odjąć wektor od wektora  |
| ✓                             | pomnożyć i podzielić wektor przez liczbę   |
| ✓                             | rozłożyć wektor na składowe o dowolnych kierunkach   |
| ✓                             | zapisać równanie wektorowe w postaci równań skalarnych w obranym układzie współrzędnych  |
| ✓                             | podzielić ruchy na postępowe i obrotowe i objaśnić różnice między nimi   |
| ✓                             | posługiwać się pojęciami: szybkość średnia i chwilowa, droga, położenie, przemieszczenie, prędkość średnia i chwilowa, przyspieszenie średnie i chwilowe   |
| ✓                             | obliczać szybkość średnią  |
| ✓                             | narysować wektor położenia ciała w układzie współrzędnych  |
| ✓                             | narysować wektor przemieszczenia ciała w układzie współrzędnych  |
| ✓                             | odróżnić zmianę położenia od przebytej drogi   |
| ✓                             | podać warunki, przy których wartość przemieszczenia jest równa przebytej drodze  |
| ✓                             | narysować prędkość chwilową jako wektor styczny do toru w każdym jego punkcie  |
| ✓                             | objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się po okręgu ruchem jednostajnym   |
| ✓                             | zapisać i objaśnić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego   |
| ✓                             | zdefiniować ruch prostoliniowy jednostajny   |
| ✓                             | obliczać szybkość, drogę i czas w ruchu prostoliniowym jednostajnym  |
| ✓                             | sporządzać wykresy $s(t)$ i $v(t)$ oraz odczytywać z wykresu wielkości fizyczne  |
| ✓                             | obliczyć drogę przebytą w czasie $t$ ruchem jednostajnie przyspieszonym i opóźnionym   |
| ✓                             | obliczać szybkość chwilową w ruchach jednostajnie przyspieszonych i opóźnionych  |
| ✓                             | porównać zwroty wektorów prędkości i przyspieszenia w ruchu po linii prostej i stwierdzić, że w przypadku ruchu przyspieszonego wektory $\vec{v}$ i $\vec{a}$ mają zgodne zwroty, a w przypadku ruchu opóźnionego mają przeciwny zwrot |
| ✓                             | wyrazić szybkość liniową przez okres ruchu i częstotliwość   |
| ✓                             | posługiwać się pojęciem szybkości kątowej  |
| ✓                             | wyrazić szybkość kątową przez okres ruchu i częstotliwość  |
| ✓                             | stosować miarę łukową kąta   |
| ✓                             | zapisać związek pomiędzy szybkością liniową i kątową.  |
| <b>ocena dostateczna:</b>     |  |
| ✓                             | opisać rzut poziomy, jako ruch złożony ze spadania swobodnego i ruchu jednostajnego w kierunku poziomym  |
| ✓                             | objaśnić wzory opisujące rzut poziomy  |
| ✓                             | opisać rzut pionowy, jako ruch złożony z ruchów jednostajnie opóźnionego i spadania w kierunku pionowym  |
| ✓                             | zilustrować przykładem każdą z cech wektora  |
| ✓                             | mnożyć wektory skalarnie i wektorowo   |
| ✓                             | odczytać z wykresu cechy wielkości wektorowej  |
| ✓                             | zdefiniować: szybkością średnią i chwilową, przemieszczenie, prędkość średnią i chwilową, przyspieszenie średnie i chwilowe  |
| ✓                             | skonstruować wektor przyspieszenia w ruchu prostoliniowym przyspieszonym, opóźnionym i w ruchu krzywoliniowym.   |
| ✓                             | wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu współrzędnej położenia i prędkości dla ruchów jednostajnych   |
| ✓                             | sporządzać wykresy tych zależności   |
| ✓                             | objaśnić, co to znaczy, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym (po linii prostej)   |
| ✓                             | wyprowadzić i zinterpretować wzory przedstawiające zależności od czasu: współrzędnych położenia, prędkości i przyspieszenia dla ruchów jednostajnie zmiennych po linii prostej   |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| ✓                          | sporządzać wykresy tych zależności   |
| ✓                          | zinterpretować pole powierzchni odpowiedniej figury na wykresie $v_x(t)$ jako drogę w dowolnym ruchu     |
| <b>ocena dobra:</b>        |  |
| ✓                          | zmieniać układ odniesienia i opisywać ruch z punktu widzenia obserwatorów w każdym z tych układów        |
| ✓                          | opisać matematycznie rzut pionowy  |
| ✓                          | opisać matematycznie rzut poziomy  |
| ✓                          | obliczyć wartość prędkości chwilowej ciała rzuconego poziomo i ustalić jej kierunek                      |
| ✓                          | wyprowadzić związek między szybkością liniową i kątową   |
| ✓                          | przekształcać wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego i zapisać różne postacie tego wzoru.           |
| <b>ocena bardzo dobra:</b> |  |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość przyspieszenia dośrodkowego  |
| ✓                          | rozwiązywać zadania dotyczące ruchów jednostajnych i jednostajnie zmiennych                              |
| ✓                          | rozwiązywać problemy dotyczące składania ruchów  |
| <b>ocena celująca:</b>     |  |
| ✓                          | rozwiązywać zadania dotyczące ruchów jednostajnych i jednostajnie zmiennych o znacznym stopniu trudności |
| ✓                          | rozwiązywać problemy dotyczące składania ruchów o znacznym stopniu trudności                             |

| <b>Siła jako przyczyna zmiany ruchu</b> |   |
|---|---|
| <b>ocena dopuszczająca:</b>             |   |
| ✓                                       | dokonać klasyfikacji oddziaływań na wymagające bezpośredniego kontaktu i oddziaływania „na odległość”   |
| ✓                                       | wymienić „wzajemność” jako cechę wszystkich oddziaływań   |
| ✓                                       | objaśnić stwierdzenia: „siła jest miarą oddziaływania”, „o zachowaniu ciała decyduje zawsze siła wypadkowa wszystkich sił działających na to ciało” |
| ✓                                       | wypowiedzieć treść zasad dynamiki   |
| ✓                                       | wskazywać źródło siły i przedmiot jej działania   |
| ✓                                       | rysować siły wzajemnego oddziaływania ciał  |
| ✓                                       | posługiwać się pojęciem pędu  |
| ✓                                       | zapisać i objaśnić ogólną postać II zasady dynamiki   |
| ✓                                       | wypowiedzieć zasadę zachowania pędu   |
| ✓                                       | rozróżnić pojęcia siły tarcia statycznego i kinetycznego  |
| ✓                                       | rozróżnić współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego   |
| ✓                                       | zapisać wzory na wartości sił tarcia kinetycznego i statycznego   |
| ✓                                       | rozróżnić układy inercjalne i nieinercjalne   |
| ✓                                       | posługiwać się pojęciem siły bezwładności   |
| <b>ocena dostateczna:</b>               |   |
| ✓                                       | stosować poprawnie zasady dynamiki  |
| ✓                                       | posługiwać się pojęciem układu inercjalnego   |
| ✓                                       | znajdować graficznie pęd układu ciał  |
| ✓                                       | obliczać wartość pędu układu ciał   |
| ✓                                       | objaśnić pojęcie środka masy  |
| ✓                                       | zdefiniować współczynniki tarcia statycznego i kinetycznego   |
| ✓                                       |   |
| <b>ocena dobra:</b>                     |   |
| ✓                                       | stosować ogólną postać II zasady dynamiki   |
| ✓                                       | sporządzić i objaśnić wykres zależności wartości siły tarcia od wartości siły działającej równoległe do stykających się powierzchni dwóch ciał.     |
| ✓                                       | stosować zasady dynamiki do opisu ruchu po okręgu   |
| ✓                                       | opisywać przykłady zagadnień dynamicznych w układach nieinercjalnych (siły bezwładności).   |
| <b>ocena bardzo dobra:</b>              |   |

|                        |   |
|------------------------|---|
| ✓                      | rozwiązywać problemy, stosując zasady dynamiki                              |
| ✓                      | znajdować położenie środka masy układu ciał                                 |
| ✓                      | stosować zasadę zachowania pędu do rozwiązywania zadań                      |
| ✓                      | rozwiązywać problemy dynamiczne z uwzględnieniem siły tarcia posuwistego    |
| ✓                      | rozwiązywać problemy dynamiczne dotyczące ruchu po okręgu                   |
| <b>ocena celująca:</b> |   |
| ✓                      | rozwiązywać problemy, stosując zasady dynamiki o znacznym stopniu trudności |

|  |   |
|--|---|
| <b>Praca, moc, energia mechaniczna</b> |   |
| <b>ocena dopuszczająca:</b>            |   |
| ✓                                      | obliczyć iloczyn skalarny dwóch wektorów  |
| ✓                                      | obliczać pracę stałej siły  |
| ✓                                      | obliczać moc urządzeń   |
| ✓                                      | obliczać energię kinetyczną ciała   |
| ✓                                      | zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną ciała   |
| ✓                                      | podać przykłady zjawisk, w których jest spełniona zasada zachowania energii   |
| <b>ocena dostateczna:</b>              |   |
| ✓                                      | wyprowadzić wzór na energię potencjalną ciała w pobliżu Ziemi, korzystając z definicji pracy  |
| ✓                                      | zdefiniować iloczyn skalarny dwóch wektorów   |
| ✓                                      | zdefiniować pracę stałej siły jako iloczyn skalarny siły i przemieszczenia  |
| ✓                                      | objaśnić pojęcia: układ ciał, siły wewnętrzne w układzie ciał, siły zewnętrzne dla układu ciał,   |
| ✓                                      | posługiwać się pojęciem siły zachowawczej   |
| ✓                                      | zapisać i objaśnić zasadę zachowania energii  |
| <b>ocena dobra:</b>                    |   |
| ✓                                      | obliczać chwilową moc urządzeń i  |
| ✓                                      | sformułować i objaśnić definicję energii potencjalnej układu ciał.  |
| ✓                                      | stosować zasadę zachowania energii i pędu do opisu zderzeń,   |
| ✓                                      | stosować zasadę zachowania energii do rozwiązywania zadań   |
| <b>ocena bardzo dobra:</b>             |   |
| ✓                                      | podać sposób obliczania pracy siły zmiennej   |
| ✓                                      | wyprowadzić wzór na energię kinetyczną  |
| ✓                                      | rozwiązywać zadania, korzystając ze związków:<br>$\Delta E_m = W_z$ $\Delta E_p = W_{\text{siły zewn. równoważącej siłę wewn.}}$ $\Delta E_p = -W_w$ $\Delta E_k = W_{F_{\text{wyp.}}}$ |
| ✓                                      | wyprowadzić zasadę zachowania energii dla układu ciał   |
| <b>ocena celująca:</b>                 |   |
| ✓                                      | rozwiązywać problemy, w których energia mechaniczna ulega zmianie   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej</b> |  |
| <b>ocena dopuszczająca:</b>                     |  |
| ✓   | podać przykład wielkości fizycznej, która jest iloczynem wektorowym dwóch wektorów   |
| ✓   | wymienić wielkości opisujące ruch obrotowy   |
| ✓   | posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe |
| ✓   | stosować regułę śruby prawoskrętnej do wyznaczenia zwrotu prędkości kątowej  |
| ✓   | zapisać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym  |
| ✓   | posługiwać się pojęciem momentu bezwładności   |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| ✓                          | podać warunek zmiany stanu ruchu obrotowego bryły sztywnej   |
| ✓                          | posługiwać się pojęciem momentu siły   |
| ✓                          | podać treść zasad dynamiki ruchu obrotowego  |
| ✓                          | posługiwać się pojęciem momentu pędu   |
| ✓                          | podać treść zasady zachowania momentu pędu   |
| <b>ocena dostateczna:</b>  |  |
| ✓                          | zapisać iloczyn wektorowy dwóch wektorów   |
| ✓                          | podać jego cechy (wartość, kierunek, zwrot)  |
| ✓                          | zdefiniować: szybkość kątową średnią i chwilową, prędkość kątową średnią i chwilową, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe                                    |
| ✓                          | opisać matematycznie ruch obrotowy: jednostajny, jednostajnie przyspieszony, jednostajnie opóźniony,   |
| ✓                          | zapisać i objaśnić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kąowego   |
| ✓                          | podać definicję momentu bezwładności bryły,  |
| ✓                          | zdefiniować moment siły  |
| ✓                          | zdefiniować moment pędu  |
| ✓                          | obliczać momenty bezwładności brył względem ich osi symetrii   |
| ✓                          | obliczać energię kinetyczną bryły obracającej się wokół osi symetrii   |
| <b>ocena dobra:</b>        |  |
| ✓                          | obliczać wartości momentów sił działających na bryłę sztywną, znajdować ich kierunek i zwrot   |
| ✓                          | znajdować wypadkowy moment sił działających na bryłę   |
| ✓                          | obliczać wartość momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii   |
| ✓                          | zapisać i objaśnić ogólną postać drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego  |
| ✓                          | znajdować prędkość punktów toczącej się bryły jako wypadkową prędkości jej ruchu postępowego i obrotowego wokół środka masy,                                     |
| ✓                          | obliczać energię kinetyczną toczącej się bryły   |
| ✓                          | zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły sztywnej  |
| ✓                          | stosować twierdzenie Steinera  |
| <b>ocena bardzo dobra:</b> |  |
| ✓                          | przedstawić analogie występujące w dynamicznym opisie ruchu postępowego i obrotowego   |
| ✓                          | opisać toczenie bez poślizgu jako złożenie ruchu postępowego bryły i jej ruchu obrotowego wokół środka masy  |
| ✓                          | opisać toczenie jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu  |
| ✓                          | rozwiązywać zadania, stosując zasady dynamiki ruchu obrotowego   |
| ✓                          | rozwiązywać zadania, stosując zasadę zachowania momentu pędu.  |
| <b>ocena celująca:</b>     |  |
| ✓                          | wyprowadzić związek między wartościami składowej stycznej przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kąowego  |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na energię kinetyczną bryły w ruchu obrotowym   |
| ✓                          | wyjaśnić, dlaczego energie kinetyczne bryły obracającej się z taką samą szybkością kątową wokół różnych osi obrotu (równoległych do osi symetrii bryły) są różne |
| ✓                          | rozwiązywać zadania o znacznym stopniu trudności, stosując zasady dynamiki ruchu obrotowego  |
| ✓                          | rozwiązywać zadania o znacznym stopniu trudności, stosując zasadę zachowania momentu pędu.   |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Hydrostatyka</b>         |  |
| <b>ocena dopuszczająca:</b> |  |
| ✓                           | zdefiniować ciśnienie  |
| ✓                           | objaśnić pojęcie ciśnienia hydrostatycznego                                    |
| ✓                           | objaśnić prawo Pascala   |
| ✓                           | objaśnić prawo naczyń połączonych  |
| ✓                           | podać i objaśnić prawo Archimedesesa   |
| ✓                           | skorzystać z prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>ocena dostateczna:</b>  |   |
| ✓                          | wyjaśnić, na czym polega zjawisko paradoksu hydrostatycznego                          |
| ✓                          | objaśnić zasadę działania urządzeń, w których wykorzystano prawo Pascala              |
| ✓                          | objaśnić sposób wykorzystania prawa naczyń połączonych do wyznaczania gęstości cieczy |
| ✓                          | objaśnić warunki pływania ciał  |
| <b>ocena dobra:</b>        |   |
| ✓                          | rozwiązywać zadania, stosując prawa Archimedesesa                                     |
| ✓                          | rozwiązywać problemy z hydrostatyki   |
| <b>ocena bardzo dobra:</b> |   |
| ✓                          | rozwiązywać problemy z hydrostatyki o znacznym stopniu trudności                      |
| <b>ocena celująca:</b>     |   |
| ✓                          | wyprowadzić prawo Archimedesesa   |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Pole grawitacyjne</b>    |   |
| <b>ocena dopuszczająca:</b> |   |
| ✓                           | przedstawić założenia teorii heliocentrycznej   |
| ✓                           | sformułować i objaśnić treść praw Keplera   |
| ✓                           | opisać ruchy planet Układu Słonecznego  |
| ✓                           | sformułować i objaśnić prawo powszechnej grawitacji   |
| ✓                           | podać przykłady zjawisk, do opisu których stosuje się prawo grawitacji  |
| ✓                           | na podstawie prawa grawitacji wykazać, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N  |
| ✓                           | zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi   |
| ✓                           | wie, że dla wszystkich planet Układu Słonecznego siła grawitacji słonecznej jest siłą dośrodkową  |
| ✓                           | wyjaśnić pojęcie pola grawitacyjnego i linii pola   |
| ✓                           | przedstawić graficznie pole grawitacyjne,   |
| ✓                           | poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego  |
| ✓                           | objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej,  |
| <b>ocena dostateczna:</b>   |   |
| ✓                           | odpowiedzieć na pytanie: Od czego zależy wartość natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?   |
| ✓                           | wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne  |
| ✓                           | wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym  |
| ✓                           | odpowiedzieć na pytania:<br>Od czego zależy grawitacyjna energia potencjalna ciała w polu centralnym?<br>Jak zmienia się grawitacyjna energia potencjalna ciała podczas zwiększania jego odległości od Ziemi? |
| ✓                           | obliczyć wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi.  |
| ✓                           | podać przykłady występowania stanu przeciążenia, niedociążenia i nieważkości  |
| ✓                           | zastosować trzecie prawo Keplera do planet Układu Słonecznego i każdego układu satelitów krążących wokół tego samego ciała  |
| ✓                           | podać sens fizyczny stałej grawitacji   |
| ✓                           | obliczać wartość natężenia pola grawitacyjnego  |
| ✓                           | podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym   |
| <b>ocena dobra:</b>         |   |
| ✓                           | wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i gęstości  |
| ✓                           | obliczać (szacować) wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie  |
| ✓                           | porównywać okresy obiegu planet, znając ich średnie odległości od Słońca,   |
| ✓                           | porównywać wartości prędkości ruchu obiegowego planet Układu Słonecznego  |
| ✓                           | objaśnić wzór na pracę siły pola grawitacyjnego   |
| ✓                           | zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym,  |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| ✓                          | opisać ruch ciała w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej mu prędkości   |
| ✓                          | zdefiniować stan przeciążenia, niedociążenia i nieważkości   |
| ✓                          | opisać (w układzie inercjalnym i nieinercjalnym) zjawiska występujące w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę |
| ✓                          | poprawnie sporządzić i zinterpretować wykres zależności $E_p(r)$   |
| <b>ocena bardzo dobra:</b> |  |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej   |
| ✓                          | opisać oddziaływanie grawitacyjne wewnątrz Ziemi   |
| ✓                          | omówić różnicę między ciężarem ciała a siłą grawitacji   |
| ✓                          | przedstawić rozumowanie prowadzące od III prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona,   |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej   |
| ✓                          | wykazać, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem „minus”,                               |
| <b>ocena celująca:</b>     |  |
| ✓                          | wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchylen tego ruchu od wcześniej przewidywanego mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich  |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość natężenia pola grawitacyjnego wewnątrz jednorodnej kuli o danej gęstości   |
| ✓                          | sporządzić wykres zależności $\gamma(r)$ dla $r < R$   |
| ✓                          | rozwiązywać problemy, stosując ilościowy opis pola grawitacyjnego  |
| ✓                          | wyjaśnić, na czym polega zasada równoważności  |

| <b>Pole grawitacyjne</b>    |   |
|-----------------------------|---|
| <b>ocena dopuszczająca:</b> |   |
| ✓                           | przedstawić założenia teorii heliocentrycznej   |
| ✓                           | sformułować i wyjaśnić treść praw Keplera   |
| ✓                           | opisać ruchy planet Układu Słonecznego  |
| ✓                           | sformułować i wyjaśnić prawo powszechnej grawitacji   |
| ✓                           | podać przykłady zjawisk, do opisu których stosuje się prawo grawitacji  |
| ✓                           | na podstawie prawa grawitacji wykazać, że w pobliżu Ziemi na każde ciało o masie 1 kg działa siła grawitacji o wartości około 10 N  |
| ✓                           | zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi   |
| ✓                           | wie, że dla wszystkich planet Układu Słonecznego siła grawitacji słonecznej jest siłą dośrodkową  |
| ✓                           | wyjaśnić pojęcie pola grawitacyjnego i linii pola   |
| ✓                           | przedstawić graficznie pole grawitacyjne,   |
| ✓                           | poprawnie wypowiedzieć definicję natężenia pola grawitacyjnego  |
| ✓                           | objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej,  |
| <b>ocena dostateczna:</b>   |   |
| ✓                           | odpowiedzieć na pytanie: Od czego zależy wartość natężenia centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie?   |
| ✓                           | wyjaśnić, dlaczego pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi uważamy za jednorodne  |
| ✓                           | wykazać, że jednorodne pole grawitacyjne jest polem zachowawczym  |
| ✓                           | odpowiedzieć na pytania:<br>Od czego zależy grawitacyjna energia potencjalna ciała w polu centralnym?<br>Jak zmienia się grawitacyjna energia potencjalna ciała podczas zwiększania jego odległości od Ziemi? |
| ✓                           | obliczyć wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi.  |
| ✓                           | podać przykłady występowania stanu przeciążenia, niedociążenia i nieważkości  |
| ✓                           | zastosować trzecie prawo Keplera do planet Układu Słonecznego i każdego układu satelitów krążących wokół tego samego ciała  |
| ✓                           | podać sens fizyczny stałej grawitacji   |
| ✓                           | obliczać wartość natężenia pola grawitacyjnego  |
| ✓                           | podać i objaśnić wyrażenie na pracę siły grawitacji w centralnym polu grawitacyjnym   |

| <b>ocena dobra:</b>        |   |
|----------------------------|---|
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość siły grawitacji na planecie o danym promieniu i gęstości  |
| ✓                          | obliczać (szacować) wartości sił grawitacji, którymi oddziałują wzajemnie ciała niebieskie  |
| ✓                          | porównywać okresy obiegu planet, znając ich średnie odległości od Słońca,   |
| ✓                          | porównywać wartości prędkości ruchu obiegowego planet Układu Słonecznego  |
| ✓                          | objaśnić wzór na pracę siły pola grawitacyjnego   |
| ✓                          | zapisać wzór na zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym,                                      |
| ✓                          | opisać ruch ciała w polu grawitacyjnym w zależności od wartości nadanej mu prędkości  |
| ✓                          | zdefiniować stan przeciążenia, niedociążenia i nieważkości  |
| ✓                          | opisać (w układzie inercyjnym i nieinercyjnym) zjawiska występujące w rakiecie startującej z Ziemi i poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym pionowo w górę  |
| ✓                          | poprawnie sporządzić i zinterpretować wykres zależności $E_p(r)$  |
| <b>ocena bardzo dobra:</b> |   |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej  |
| ✓                          | opisać oddziaływanie grawitacyjne wewnątrz Ziemi  |
| ✓                          | omówić różnicę między ciężarem ciała a siłą grawitacji  |
| ✓                          | przedstawić rozumowanie prowadzące od III prawa Keplera do prawa grawitacji Newtona,  |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej  |
| ✓                          | wykazać, że zmiana energii potencjalnej grawitacyjnej jest równa pracy wykonanej przez siłę grawitacyjną wziętej ze znakiem „minus”,                              |
| <b>ocena celująca:</b>     |   |
| ✓                          | wyjaśnić, w jaki sposób badania ruchu ciał niebieskich i odchyłeń tego ruchu od wcześniej przewidywanego mogą doprowadzić do odkrycia nieznanymi ciał niebieskich |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na wartość natężenia pola grawitacyjnego wewnątrz jednorodnej kuli o danej gęstości  |
| ✓                          | sporządzić wykres zależności $\gamma(r)$ dla $r < R$  |
| ✓                          | rozwiązywać problemy, stosując ilościowy opis pola grawitacyjnego   |
| ✓                          | wyjaśnić, na czym polega zasada równoważności   |

| <b>Ruch harmoniczny i fale mechaniczne</b> |  |
|--|--|
| <b>ocena dopuszczająca:</b>                |  |
| ✓  | wyjaśnić różnice między odkształceniami sprężystymi i niesprężystymi   |
| ✓  | wymienić stany skupienia, w których nie występuje sprężystość postaci  |
| ✓  | wymienić przykłady ruchu drgającego w przyrodzie   |
| ✓  | wymienić i objaśnić pojęcia służące do opisu ruchu drgającego  |
| ✓  | podać cechy ruchu harmonicznego  |
| ✓  | zapisać i objaśnić związek siły, pod wpływem której odbywa się ruch harmoniczny, z wychyleniem ciała z położenia równowagi                                       |
| ✓  | podać sens fizyczny współczynnika sprężystości dla sprężyny  |
| ✓  | sporządzić i omówić wykresy: $x(t)$ , $v_x(t)$ , $a_x(t)$  |
| ✓  | omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny  |
| ✓  | zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego  |
| ✓  | wyjaśnić, na czym polega zjawisko rezonansu mechanicznego  |
| ✓  | zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego  |
| ✓  | wyjaśnić, na czym polega rozchodzenie się fali mechanicznej  |
| ✓  | wyjaśnić różnicę między falą poprzeczną i falą podłużną  |
| ✓  | podać przykłady ośrodków, w których rozchodzą się fale poprzeczne oraz ośrodków, w których rozchodzą się fale podłużne   |
| ✓  | wymienić i objaśnić wielkości charakteryzujące fale.   |
| ✓  | uzasadnić (posługując się funkcją falową) fakt, że wychylenie cząstki ośrodka biorącej udział w ruchu falowym zależy od jej położenia ( $x$ ) i od czasu ( $t$ ) |
| ✓  | podać zasadę superpozycji fal  |
| ✓  | podać warunek, przy którym w wyniku interferencji dwóch fal powstaje fala stojąca  |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| ✓                          | opisać falę stojącą (strzałki, węzły).  |
| ✓                          | podać treść zasady Huygensa   |
| ✓                          | opisać zjawisko dyfrakcji   |
| ✓                          | zdefiniować źródła spójne (źródła fal spójnych)   |
| ✓                          | podać cechy fal akustycznych  |
| ✓                          | opisać zjawisko Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora  |
| <b>ocena dostateczna:</b>  |   |
| ✓                          | podać warunki, w których ruch drgający jest ruchem harmonicznym   |
| ✓                          | wyjaśnić pojęcie fazy drgań   |
| ✓                          | podać i objaśnić wzór na okres drgań harmonicznym   |
| ✓                          | podać wzory na energię potencjalną sprężystości, energię kinetyczną i energię całkowitą ciała drgającego  |
| ✓                          | podać definicję wahadła matematycznego  |
| ✓                          | zapisać wzorem i objaśnić pojęcie częstotliwości drgań własnych   |
| ✓                          | wyjaśnić powstawanie drgań wymuszonych  |
| ✓                          | podać definicję fali harmonicznym   |
| ✓                          | podać zasadę superpozycji fal   |
| ✓                          | wyjaśnić pojęcie przesunięcia fazowego  |
| ✓                          | przedstawić na wykresach wynik interferencji fal przesuniętych w fazie $\phi_0 = 0^\circ$ , $0^\circ < \phi_0 < 180^\circ$ , $\phi_0 = 180^\circ$   |
| ✓                          | podać warunki wzmocnienia fali i jej wygaszenia w przypadku interferencji fal wysyłanych przez identyczne źródła  |
| ✓                          | podać przykłady szybkości rozchodzenia się fal akustycznych (w powietrzu, wodzie, żelazie).   |
| <b>ocena dobra:</b>        |   |
| ✓                          | obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu harmonicznym dzięki rozłożeniu ruchu punktu materialnego po okręgu na dwie składowe                                    |
| ✓                          | sporządzić wykresy zależności: $E_p(t)$ , $E_k(t)$ , $E_c(t)$ , $E_p(x)$ i $E_k(x)$   |
| ✓                          | opisać sposób wykorzystania wahadła matematycznego do wyznaczania przyspieszenia ziemskiego.  |
| ✓                          | uzasadnić fakt, że fala podłużna może się rozchodzić w każdym ośrodku, a fala poprzeczna tylko w ciałach stałych i na powierzchni cieczy,   |
| ✓                          | stosować w obliczeniach związek między długością fali, częstotliwością, okresem i szybkością rozchodzenia się fali  |
| ✓                          | podać wzór na wychylenie cząstki biorącej udział w ruchu falowym (funkcję falową) i objaśnić go   |
| ✓                          | wykazać, że energia transportowana przez falę jest wprost proporcjonalna do kwadratu amplitudy tej fali   |
| ✓                          | analizować i wyjaśniać wynik interferencji fal o częstotliwościach $\nu_1$ i $\nu_2 = 2\nu_1$ oraz $\nu_1$ i $\nu_2 = 3\nu_1$   |
| ✓                          | wyjaśnić pojęcia częstotliwości podstawowej i wyższych harmonicznym   |
| ✓                          | zinterpretować graficznie amplitudę fali w funkcji falowej opisującej falę stojącą  |
| ✓                          | opisać fale stojące w strunach  |
| ✓                          | podać warunek, przy którym następuje silne ugięcie fali oraz warunek, przy którym zjawisko ugięcia można pominąć  |
| ✓                          | na podstawie funkcji falowej fali powstałej wskutek interferencji dwóch fal wysyłanych przez identyczne źródła uzasadnić fakt, że wynik interferencji w danym punkcie nie zmienia się z czasem. |
| ✓                          | opisać różnice między tonami, dźwiękami i szumami   |
| ✓                          | opisać zjawisko Dopplera w dowolnym przypadku względnego ruchu źródła dźwięku i obserwatora   |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na częstotliwość odbieranego dźwięku w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora   |
| <b>ocena bardzo dobra:</b> |   |
| ✓                          | wyjaśnić przyczynę występowania sprężystości postaci ciał stałych   |
| ✓                          | uzasadnić, że ruch drgający harmonicznym jest ruchem niejednostajnie zmiennym   |
| ✓                          | wyjaśnić pojęcie fazy początkowej i zapisać związki $x(t)$ , $v_x(t)$ , $ax(t)$ i $F_x(t)$ z użyciem tego pojęcia   |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym  |
| ✓                          | wyprowadzić wzory na energię potencjalną sprężystości i energię kinetyczną ciała drgającego   |
| ✓                          | rozwiązywać zadania z wykorzystaniem matematycznego opisu ruchu drgającego  |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego  |
| ✓                          | zbadać zależność $y(x)$ – wychylenia cząstki od jej odległości od źródła w ustalonej chwili   |
| ✓                          | zbadać zależność $y(t)$ – wychylenia od czasu dla wybranej cząstki biorącej udział w ruchu falowym  |
| ✓                          | stosować funkcję falową do obliczania długości fali   |



|                        |  |
|------------------------|--|
| ✓                      | rozwiązywać zadania dotyczące fal stojących  |
| ✓                      | rozwiązywać zadania z wykorzystaniem warunków wzmocnienia i wygaszenia fal.  |
| ✓                      | zinterpretować wzór ogólny (dla wszystkich przypadków) na częstotliwość odbieranego dźwięku w przypadku względnego ruchu źródła i obserwatora,                             |
| ✓                      | rozwiązywać zadania dotyczące zjawiska Dopplera  |
| <b>ocena celująca:</b> |  |
| ✓                      | udowodnić, że całkowita energia mechaniczna ciała wykonującego ruch harmoniczny jest stała   |
| ✓                      | wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła matematycznego jest ruchem harmonicznym.  |
| ✓                      | dokonać matematycznie superpozycji dwóch fal przesuniętych w fazie o $\phi_0$ i zinterpretować otrzymaną funkcję falową  |
| ✓                      | dokonać matematycznie superpozycji dwóch fal, w wyniku której powstaje fala stojąca i zinterpretować otrzymaną funkcję falową,   |
| ✓                      | dokonać matematycznie interferencji fal harmonicznnych wysyłanych przez identyczne źródła i wyprowadzić wzory opisujące warunek wzmocnienia fali i warunek wygaszenia fali |
| ✓                      | opisać zakres natężenia fal akustycznych rejestrowanych przez mózg ludzki  |

### Zjawiska termodynamiczne

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>ocena dopuszczająca:</b> |   |
| ✓                           | opisać założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego  |
| ✓                           | wyjaśnić z punktu widzenia teorii wywieranie przez gaz ciśnienia na ścianki naczynia  |
| ✓                           | wymienić czynniki wpływające na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym  |
| ✓                           | zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego  |
| ✓                           | zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona  |
| ✓                           | wymienić i opisać przemiany szczególne gazu doskonałego   |
| ✓                           | sformułować prawa dla przemian szczególnych   |
| ✓                           | przeliczyć temperaturę wyrażoną w skali Celsjusza na kelwiny i odwrotnie  |
| ✓                           | zdefiniować energię wewnętrzną ciała i energię wewnętrzną gazu doskonałego  |
| ✓                           | korzystać z informacji, że energia wewnętrzna danej masy danego gazu doskonałego zależy jedynie od jego temperatury, a zmiana energii wewnętrznej jest związana jedynie ze zmianą temperatury |
| ✓                           | posługiwać się pojęciem ciepła i przekazu ciepła  |
| ✓                           | wypowiedzieć, zapisać i objaśnić pierwszą zasadę termodynamiki  |
| ✓                           | korzystać z informacji, że pierwsza zasada termodynamiki jest zasadą zachowania energii układu  |
| ✓                           | rozdzielić pojęcia ciepła właściwego i ciepła molowego  |
| ✓                           | opisać zasadę działania silnika cieplnego   |
| ✓                           | opisać procesy: topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji, resublimacji   |
| ✓                           | odróżniać wrzenie od parowania  |
| ✓                           | omówić na przykładach zjawisko rozszerzalności termicznej ciał  |
| ✓                           | opisać zjawiska przewodzenia i konwekcji i podać przykłady praktycznego wykorzystania tych zjawisk  |
| ✓                           | podać przykłady ciał, które są dobrymi przewodnikami ciepła   |
| <b>ocena dostateczna:</b>   |   |
| ✓                           | obliczać pracę objętościową na podstawie wykresu $p(V)$ w prostych przypadkach,   |
| ✓                           | zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i izobarycznej   |
| ✓                           | 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     |
| ✓                           | wymienić przemiany, z których składa się cykl Carnota   |
| ✓                           | posługiwać się pojęciem sprawności silnika cieplnego  |
| ✓                           | korzystać z informacji, że nie całe ciepło pobrane ze źródła może być zamienione na pracę   |
| ✓                           | analizować wpływ zewnętrznego ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy   |
| ✓                           | obliczać zmiany objętości odpowiadające zmianom temperatury   |
| ✓                           | zapisać wzór na ciśnienie gazu (podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej),  |
| <b>ocena dobra:</b>         |   |
| ✓                           | wyrazić wzór na ciśnienie gazu przez różne wielkości fizyczne (liczbę moli, masę pojedynczej cząsteczki, gęstość gazu itp.).  |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| ✓                          | zapisać równanie Clapeyrona dla liczby moli $n$ i liczby cząsteczek $N$ (stała Boltzmanna)  |
| ✓                          | otrzymać z równania Clapeyrona prawa rządzące szczególnymi przemianami gazu doskonałego   |
| ✓                          | sporządzać i interpretować wykresy $p(V)$ , $V(T)$ i $p(T)$ ,   |
| ✓                          | zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego jako funkcję zmiany jego temperatury  |
| ✓                          | interpretować przemiany gazowe (w tym także adiabatyczną) z punktu widzenia pierwszej zasady termodynamiki.   |
| ✓                          | definiować pojęcie ciepła właściwego i ciepła molowego substancji,  |
| ✓                          | posługiwać się pojęciami ciepła molowego gazu w stałym ciśnieniu i ciepła molowego w stałej objętości i obliczać ich różnicę  |
| ✓                          | wyjaśnić znaczenie stwierdzenia, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu gazu (ciała).   |
| ✓                          | zdefiniować sprawność silnika cieplnego   |
| ✓                          | obliczać sprawność różnych cykli,   |
| ✓                          | sformułować drugą zasadę termodynamiki  |
| ✓                          | zdefiniować ciepła przemian fazowych  |
| ✓                          | opisywać przemiany energii w przemianach fazowych   |
| ✓                          | posługiwać się pojęciami pary nasyconej i pary nienasyconej,  |
| ✓                          | korzystać z informacji, że ciśnienie pary nasyconej można zwiększyć jedynie przez wzrost temperatury  |
| ✓                          | korzystać z informacji, że do pary nienasyconej można w przybliżeniu stosować prawa gazowe  |
| ✓                          | zdefiniować współczynnik rozszerzalności liniowej ciał stałych oraz objętościowej ciał stałych i cieczy   |
| <b>ocena bardzo dobra:</b> |   |
| ✓                          | wyrazić średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek gazu doskonałego przez jego temperaturę $T$ i stałą Boltzmanna.   |
| ✓                          | interpretować prawa gazów z punktu widzenia teorii kinetyczno-molekularnej,   |
| ✓                          | posługiwać się pojęciem współczynnika rozszerzalności objętościowej gazu  |
| ✓                          | rozwiązywać problemy przez zastosowanie ilościowego opisu przemian gazu doskonałego   |
| ✓                          | posługiwać się pojęciem stopni swobody cząsteczek gazu  |
| ✓                          | wyrazić wzór na całkowitą średnią energię kinetyczną cząsteczki (wszystkich rodzajów ruchu) przez liczbę stopni swobody cząsteczek gazów jedno-, dwu- i wieloatomowych. |
| ✓                          | rozwiązywać problemy ilościowe z zastosowaniem pierwszej zasady termodynamiki do przemian gazowych  |
| ✓                          | korzystać z informacji, że $C_p/C_V$ zależy od liczby stopni swobody cząsteczek   |
| ✓                          | zapisać ogólny wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu, słuszny w każdym procesie   |
| ✓                          | korzystać z powyższego wzoru podczas rozwiązywania problemów ilościowych  |
| ✓                          | posługiwać się pojęciem entropii układu i zmiany entropii,  |
| ✓                          | korzystać z informacji, że w procesach samorzutnych entropia układu wzrasta.  |
| ✓                          | rozwiązywać ilościowe problemy dotyczące bilansu cieplnego z uwzględnieniem przemian fazowych   |
| ✓                          | wyjaśnić, dlaczego ciśnienie pary nasyconej ze wzrostem temperatury wzrasta bardziej gwałtownie niż ciśnienie pary nienasyconej   |
| ✓                          | podać związek między współczynnikami rozszerzalności liniowej i objętościowej ciała stałego   |
| ✓                          | objaśnić analogie między przewodzeniem ciepła i przewodzeniem prądu elektrycznego   |
| ✓                          | opisać ilościowo zjawisko przewodnictwa cieplnego   |
| <b>ocena celująca:</b>     |   |
| ✓                          | wyprowadzić wzór na ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym  |
| ✓                          | wyprowadzić związek między $C_p$ i $C_V$ (różnicę i stosunek),  |
| ✓                          | Rozwiązywać zadania o znacznym stopniu trudności  |