

SZCZEGÓŁOWE WYMAGANIA Z FIZYKI CZĘŚĆ I

KINEMATYKA

Ocena dopuszczająca. Uczeń:

- podaje przykłady zjawisk fizycznych występujących w przyrodzie
- wyjaśnia, w jaki sposób fizyk zdobywa wiedzę o zjawiskach fizycznych
- wymienia przyczyny wprowadzenia Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (układ SI)
- wymienia trzy podstawowe miary wzorcowe i jednostki długości, masy i czasu
- wyjaśnia rolę doświadczenia w fizyce
- zapisuje wyniki pomiarów i obliczeń wraz z jednostkami
- posługuje się pojęciem *niepewność pomiarowa*
- planuje prosty pomiar; zapisuje wynik pomiaru wraz z niepewnością
- wyznacza średnią arytmetyczną wyników pomiarów
- projektuje proste doświadczenie obrazujące ruch ciała i rejestruje je za pomocą kamery
- posługuje się modelem punktu materialnego
- odróżnia wielkości wektorowe od skalarnych
- wyjaśnia na wybranym przykładzie, co oznacza stwierdzenie „ruch jest pojęciem względnym”
- opisuje ruch, posługując się pojęciami *droga* i *przemieszczenie*
- rozróżnia pojęcia *droga* i *przemieszczenie*
- opisuje ruch, posługując się pojęciem *prędkości* jako wektora i jego współrzędną; przelicza jednostki prędkości
- posługuje się pojęciami *prędkość średnia* i *prędkość chwilowa*
- analizuje wykresy zależności drogi, położenia i prędkości od czasu; rysuje te wykresy na podstawie opisu słownego
- stosuje wzór na drogę w ruchu jednostajnie prostoliniowym
- klasyfikuje ruchy ze względu na prędkość
- wskazuje zależności między położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnie zmiennym
- wskazuje przykłady ruchów krzywoliniowych i prostoliniowych w przyrodzie i życiu codziennym
- wyjaśnia, czym tor różni się od drogi; klasyfikuje ruchy ze względu na tor zakreślany przez ciało
- wyznacza konstrukcyjnie styczną do krzywej
- przedstawia graficznie wektory prędkości średniej i chwilowej
- stosuje pojęcie *wektor przemieszczenia*; wyznacza wektor przemieszczenia jako różnicę wektorów położenia końcowego i położenia początkowego
- wskazuje przykłady względności ruchu
- opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami *okres* i *częstotliwość*
- stosuje radian jako miarę łukową kąta
- opisuje ruch jednostajny po okręgu i ruch jednostajnie zmienny po okręgu; wskazuje cechy wspólne i różnice

Ocena dostateczna. Uczeń:

- wymienia podstawowe wielkości mierzone podczas badania ruchu
- wyjaśnia przyczyny wykonywania pomiarów wielokrotnych
- odczytuje dane z tabeli, zapisuje dane w formie tabeli
- zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących)
- interpretuje dane przedstawione za pomocą tabel, diagramów słupkowych, wykresów
- przedstawia dane podane w tabeli za pomocą diagramu słupkowego
- wyznacza niepewność maksymalną wartości średniej na podstawie wzoru
- określa położenie ciała traktowanego jako punkt materialny w wybranym układzie współrzędnych, posługując się wektorem położenia
- definiuje wektor, określa jego cechy (właściwości)
- rozwiązuje proste zadania związane z działaniami na wektorach (dodawanie, odejmowanie, mnożenie przez liczbę)
- opisuje ruch jednowymiarowy w różnych układach odniesienia
- wskazuje przykłady ruchu względem różnych układów odniesienia
- rozróżnia wektor przemieszczenia i wektor położenia ciała
- przedstawia graficznie wektor przemieszczenia i wektory położenia w wybranym układzie odniesienia
- rozwiązuje proste zadania związane z działaniami na wektorach
- rozwiązuje proste przykłady dotyczące dodawania wektorów przemieszczenia • wyjaśnia różnicę między prędkością średnią a prędkością chwilową; wyjaśnia, kiedy te prędkości są sobie równe
- wykorzystuje związki między położeniem a prędkością w ruchu jednostajnym do obliczania parametrów ruchu
- rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu jednostajnego od czasu
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z wykorzystaniem równania ruchu jednostajnego
- projektuje doświadczenie i wykonuje pomiary związane z badaniem ruchu jednostajnego prostoliniowego
- opisuje i analizuje wyniki doświadczenia
- opisuje podstawowe zasady określania niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar decydująco wpływa na niepewność otrzymanego wyniku)
- opisuje ruch ciała za pomocą tabeli i wykresu – na podstawie pomiarów z bezpośredniej obserwacji lub z filmu; podaje czas i współrzędną położenia
- opisuje ruch, określając prędkość średnią i średnią wartość prędkości
- rysuje i interpretuje wykresy położenia, prędkości i drogi przy skokowych zmianach prędkości oraz zmianach zwrotu prędkości
- posługuje się pojęciami *przyspieszenie średnie* i *przyspieszenie chwilowe*

- wyjaśnia, czym charakteryzuje się ruch jednostajnie zmienny
- definiuje zależność prędkości w ruchu jednostajnie zmiennym od czasu; wykorzystuje ją w zadaniach
- wyjaśnia dlaczego wykres $v(t)$ jest funkcją liniową
- analizuje spadek swobodny i rzut pionowy w górę; opisuje te ruchy z zastosowaniem równań $v(t)$ i $s(t)$
- oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego
- oblicza parametry ruchu, wykorzystując związki między położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnie zmiennym
- rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu jednostajnie zmiennego od czasu – wykresy $v(t)$, $s(t)$ i $a(t)$
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza proste obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku
- opisuje położenie punktu materialnego na płaszczyźnie i w przestrzeni z wykorzystaniem współrzędnych x , y , z
- opisuje współrzędne wektora na płaszczyźnie (m.in. wektora położenia), posługując się dwuwymiarowym układem współrzędnych
- konstrukcyjnie dodaje i odejmuje wektory o tych samych i różnych kierunkach, posługując się cyrklem, ekierką i linijką
- zapisuje – w przyjętym układzie współrzędnych – wektory sumy i różnicy dwóch wektorów
- rysuje wektory o różnych kierunkach w układzie współrzędnych; określa ich współrzędne
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami *prędkość średnia*, *prędkość chwilowa* i *przemieszczenie*
- opisuje rzut poziomy, wykorzystując równanie ruchu jednostajnego dla współrzędnej poziomej i równanie ruchu jednostajnie zmiennego dla współrzędnej pionowej
- opisuje – na wybranym przykładzie – składanie prędkości, np. prędkości łodzi płynącej po rzece
- posługuje się układem odniesienia do opisu złożoności ruchu; opisuje ruch w różnych układach odniesienia
- oblicza prędkości względne ruchów wzdluz prostej
- analizuje i rozwiązuje zadania dotyczące obserwatora opisującego ruch
- i pozostającego w spoczynku względem wybranego układu odniesienia
- opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami *promień wodzący*, *kąt w radianach*, *prędkość kątowna*
- oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu
- opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu

Ocena dobra. Uczeń:

- podaje przykłady błędów grubych i systematycznych
- posługuje się niepewnością względną i niepewnością bezwzględną
- rysuje wektor w układzie współrzędnych
- przedstawia graficznie na wybranym przykładzie różnicę między drogą a przemieszczeniem
- opisuje ruch, posługując się współrzędną wektora położenia i współrzędną wektora przemieszczenia
- rozwiązuje proste zadania związane z obliczaniem prędkości średniej i chwilowej
- szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń; krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku
- szacuje niepewności pomiaru i oblicza niepewność względną
- opisuje ruch ciała za pomocą wykresu uwzględniającego niepewności pomiarowe
- sporządza wykresy zależności prędkości od czasu $v(t)$ dla ruchu jednostajnie przyspieszonego i jednostajnie opóźnionego (samodzielnie wykonuje poprawne wykresy: właściwie oznacza i opisuje osie, dobiera jednostkę, oznacza niepewności punktów pomiarowych)
- przeprowadza doświadczenie polegające na badaniu ruchu jednostajnie zmiennego; analizuje wyniki oraz – jeżeli to możliwe – wykonuje i interpretuje wykresy dotyczące ruchu jednostajnie zmiennego
- wykorzystuje właściwości funkcji kwadratowej $f(x) = ax^2 + bx + c$ do interpretacji wykresów zależności drogi od czasu i zależności położenia od czasu w ruchu jednostajnie zmiennym
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i konstrukcyjne dotyczące ruchu krzywoliniowego, posługując się pojęciami *prędkość średnia* i *prędkość chwilowa*
- wyjaśnia graficznie, że rzut poziomy jest złożeniem ruchu poziomego i pionowego; wykazuje doświadczalnie niezależność tych ruchów
- opisuje położenie ciała za pomocą współrzędnych x i y
- opisuje tor ruchu w rzucie poziomym jako parabolę; wyznacza współczynnik w równaniu paraboli $y = ax^2$
- stosuje prawo składania wektorów do obliczania prędkości ciał względem różnych układów odniesienia
- oblicza prędkości względne ruchów na płaszczyźnie
- wyprowadza związek między prędkością liniową a prędkością kątowną
- opisuje ruch zmienny po okręgu, posługując się pojęciami *chwilowa prędkość kątowna* i *przyspieszenie kątowne*; przelicza odpowiednio jednostki
- szacuje prędkość liniową na podstawie zdjęcia
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu, posługując się kalkulatorem
- wyjaśnia, na czym polega różnica między przyspieszeniem kątowym a przyspieszeniem dośrodkowym; uzasadnia to graficznie

Ocena bardzo dobra. Uczeń:

- wyjaśnia, na czym polega modelowanie matematyczne
- posługuje się niepewnością standardową

- stosuje – na wybranym przykładzie – równanie ruchu jednostajnego prostoliniowego
- rozwiązuje złożone zadania, korzystając z wykresów zależności parametrów ruchu od czasu
- znajduje doświadczalnie, np. za pomocą przezroczystej linijki, prostą najlepszego dopasowania do punktów na wykresie zależności $x(t)$; na tej podstawie wyznacza prędkość ciała
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora)
- wykorzystuje właściwości funkcji liniowej $f(x) = ax + b$ do interpretacji wykresów (dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego postępowania; oblicza wartości współczynników a i b)
- samodzielnie wykonuje projekt badania dotyczącego ruchu jednostajnie zmiennego (np. wyznaczenia przyspieszenia w ruchu jednostajnie zmiennym); sporządza tabele wyników pomiaru
- wyprowadza wzór na drogę w ruchu jednostajnie zmiennym z wykresu zależności prędkości od czasu $v(t)$
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora)
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i konstrukcyjne dotyczące rzutu poziomego
- analizuje i rozwiązuje zadania dotyczące obserwatora poruszającego się względem wybranego układu odniesienia
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnie zmiennym po okręgu, posługując się kalkulatorem

RUCH I SIŁY

Ocena dopuszczająca. Uczeń:

- podaje przykłady oddziaływań i rozpoznaje oddziaływania w sytuacjach praktycznych
- wymienia rodzaje oddziaływań fundamentalnych
- planuje i wykonuje doświadczenie ilustrujące wzajemność oddziaływań
- opisuje oddziaływania, posługując się pojęciem *siła*
- przedstawia siłę za pomocą wektora; wymienia cechy tego wektora
- wskazuje przykłady bezwładności ciał
- stosuje do obliczeń związek między masą ciała, przyspieszeniem i siłą
- obserwuje przebieg doświadczenia; zapisuje i analizuje wyniki pomiarów; wyciąga wnioski z doświadczenia
- podaje przykłady wzajemnego oddziaływania ciał
- opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki Newtona
- planuje – korzystając z podręcznika – i demonstrowa doświadczenie ilustrujące trzecią zasadę dynamiki
- wyjaśnia (na przykładach) dlaczego siły wynikające z trzeciej zasady dynamiki się nie równoważą
- wskazuje negatywne i pozytywne skutki tarcia
- rozróżnia tarcie statyczne i tarcie kinetyczne
- dopasowuje prostą $y = ax$ do wykresu; oblicza wartość współczynnika a
- opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem; wskazuje przykłady sił pełniących funkcję siły dośrodkowej
- rozróżnia układy inercjalny i nieinercjalny
- wskazuje różne przykłady działania sił bezwładności w ruchu prostoliniowym

Ocena dostateczna. Uczeń:

- wskazuje przykłady oddziaływań fundamentalnych
- wyjaśnia znaczenie punktu przyłożenia siły
- wyznacza graficznie siłę wypadkową dwóch sił
- składa siły działające wzdłuż prostych równoległych
- rozkłada siłę, np. siłę ciężkości na równi pochyłej, na składowe
- rozróżnia siły wypadkową i równoważącą
- opisuje ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona
- opisuje ruch ciał, korzystając z drugiej zasady dynamiki Newtona
- wymienia jednostki siły i opisuje ich związek z jednostkami podstawowymi
- szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń; krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku
- opisuje zachowanie ciał na podstawie trzeciej zasady dynamiki Newtona
- rozwiązuje proste zadania problemowe, wskazując siły wzajemnego oddziaływania
- rozróżnia tarcie toczne i tarcie poślizgowe
- opisuje ruch ciał, posługując się pojęciem *siła tarcia*
- wyjaśnia, kiedy występuje tarcie statyczne, a kiedy kinetyczne; opisuje rolę tarcia w przyrodzie i technice
- wyznacza współczynnik tarcia: planuje doświadczenie, mierzy siłę, która działa podczas jednostajnego ciągnięcia pudełka przy różnej sile nacisku, sporządza tabelę z wynikami pomiarów, oblicza średnią wartość współczynnika tarcia, szacuje niepewność pomiaru, oblicza niepewność względną, wskazuje wielkości, których pomiar decydująco wpływa na niepewność wyniku
- samodzielnie wykonuje poprawny wykres (właściwie oznacza i opisuje osie, dobiera jednostkę, oznacza niepewność punktów pomiarowych)
- oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu oraz wartość siły dośrodkowej (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)
- przedstawia graficznie kierunek i zwrot siły bezwładności, znając kierunek i zwrot przyspieszenia układu nieinercjalnego
- wyjaśnia różnice między opisami ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych
- opisuje ruch ciał w nieinercjalnych układach odniesienia, posługując się siłami bezwładności
- wyjaśnia różnice między opisami ruchu ciał po okręgu w układach inercjalnych i nieinercjalnych

- posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu ciał w układach nieinercjalnych
- wskazuje urządzenia gospodarstwa domowego, w których wykorzystano działanie siły odśrodkowej

Ocena dobra. Uczeń:

- stosuje metodę dodawania wektorów (reguły równoległoboku lub trójkąta) do wyznaczania siły wypadkowej
- wskazuje przykłady praktycznego wykorzystania umiejętności składania i rozkładania sił
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe; w obliczeniach stosuje drugą zasadę dynamiki i kinematyczne równania ruchu
- wyjaśnia (mikroskopowo), na czym polega występowanie sił tarcia
- stosuje i zapisuje zasady dynamiki Newtona z uwzględnieniem sił tarcia
- wskazuje – w życiu codziennym i w przyrodzie – jaka siła pełni rolę siły dośrodkowej w ruchu po okręgu
- posługuje się pojęciem *siła odśrodkowa* i *siła bezwładności*; znając kierunek i zwrot przyspieszenia układu nieinercjalnego, przedstawia na rysunku kierunek i zwrot siły odśrodkowej
- przedstawia własnymi słowami główne tezy artykułu popularnonaukowego *Czy można biegać po wodzie?*

Ocena bardzo dobra. Uczeń:

- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe; w obliczeniach stosuje drugą zasadę dynamiki i kinematyczne równania ruchu
- rozwiązuje złożone zadania problemowe i doświadczalne dotyczące trzeciej zasady dynamiki Newtona
- rozwiązuje trudne zadania obliczeniowe i problemowe z uwzględnieniem sił tarcia
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe związane z ruchem jednostajnym po okręgu; w obliczeniach korzysta ze wzoru na siłę dośrodkową
- ^R podaje przykłady działania siły Coriolisa
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe; wybiera układ odniesienia odpowiedni do opisu ruchu ciała

ENERGIA I PĘD

Ocena dopuszczająca. Uczeń:

- posługuje się pojęciami *praca* i *moc*
- oblicza pracę siły na danej drodze, gdy na ciało działa stała siła, a ciało przemieszcza się w kierunku zgodnym z kierunkiem jej działania
- wyjaśnia na wybranym przykładzie, że wykonanie pracy nad ciałem wpływa na jego energię
- posługuje się pojęciem *energia potencjalna*; oblicza wartość energii potencjalnej
- wyjaśnia, dlaczego energia potencjalna ciała zależy od przyjętego układu odniesienia
- wymienia różne formy energii
- wskazuje przykłady różnych form energii (korzysta z przykładów w podręczniku)
- posługuje się pojęciem *energia kinetyczna*
- stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej
- posługuje się pojęciem *pęd*
- wyjaśnia, od czego zależy zmiana pędu ciała
- odróżnia zderzenia sprężyste od niesprężystych

Ocena dostateczna. Uczeń:

- oblicza pracę, gdy siła o stałej wartości działa niezgodnie z kierunkiem ruchu, a ciało porusza się po linii prostej
- przedstawia jednostki pracy i mocy; opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi
- oblicza pracę stałej siły na podstawie wykresu zależności siły powodującej przemieszczenie od drogi
- oblicza moc urządzeń mechanicznych
- stosuje wzory na pracę i moc do rozwiązywania prostych zadań obliczeniowych: rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, przeprowadza proste obliczenia liczbowe, zapisuje wynik obliczenia jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących), krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku
- wyjaśnia, dlaczego praca wykonana nad ciałem w obecności siły grawitacji nie zależy od sposobu przemieszczenia, lecz od wysokości
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną
- oblicza pracę, jaką trzeba wykonać, aby – działając stałą siłą F – rozpędzić ciało od stanu spoczynku do danej prędkości v na drodze s
- oblicza wartość energii kinetycznej
- wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu ciała spadającego swobodnie; analizuje związane z nim przemiany energii
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe
- z wykorzystaniem wzorów na energię kinetyczną
- oblicza moc urządzeń mechanicznych, uwzględniając ich sprawność
- wykazuje doświadczalnie, od czego zależy współczynnik sprężystości sprężyn
- opisuje warunki, w jakich można stosować prawo Hooke'a
- przeprowadza doświadczenie związane z badaniem zależności siły odkształcającej sprężynę od wydłużenia sprężyny (opisuje doświadczenie, zapisuje w tabeli wyniki pomiarów)
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe, wykorzystując zasadę zachowania energii mechanicznej; oblicza energię sprężystości ciała
- przewiduje wynik doświadczenia na podstawie zasady zachowania pędu
- wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzenia sprężystych i zjawiska

odrzutu

- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe związane z zasadą zachowania pędu (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje jego realność)
- stosuje zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń niesprężystych
- wyznacza prędkość kul po zderzeniu, korzystając z podanych wzorów
- stosuje zasady zachowania energii kinetycznej i zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – proste zadania obliczeniowe dotyczące zderzeń niesprężystych

Ocena dobra. Uczeń:

- przedstawia graficznie pracę siły zmiennej (za pomocą wykresu zależności siły od drogi); wyraża jej wartość jako sumę pól wszystkich prostokątów, gdy pole każdego z nich odpowiada drodze przebytej w bardzo krótkich chwilach ruchu
- wyjaśnia na przykładach, że praca nie zależy od kształtu toru, lecz od przemieszczenia ciała
- rysuje rozkład sił podczas przesuwania ciała w poziomie i po równi
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe z wykorzystaniem wzorów na pracę i moc
- wyjaśnia, kiedy siła wykonuje pracę dodatnią, a kiedy ujemną; wskazuje sytuacje, w których praca jest równa zeru
- wykazuje, że praca nad ciałem wykonana przez siłę równoważącą siłę grawitacji jest równa przyrostowi energii potencjalnej ciała
- stosuje pojęcia *energia użyteczna* i *sprawność* do rozwiązywania prostych zadań
- analizuje – na wybranym przykładzie – przemiany jednego rodzaju energii w drugi; ilustruje je za pomocą diagramów i wykresów, korzystając z poglądowych ilustracji zamieszczonych w podręczniku
- interpretuje wykres zmiany wydłużenia ciała stałego w zależności od przyłożonej siły
- sporządza wykres zależności siły odkształcającej sprężynę od wydłużenia sprężyny (właściwie oznacza i opisuje osie, dobiera jednostkę, oznacza niepewność punktów pomiarowych); wykazuje, że pole pod wykresem liczbowo jest równe pracy potrzebnej do rozciągnięcia sprężyny
- wyprowadza wzór na energię potencjalną sprężystości
- analizuje przemiany energii (na wybranych przykładach)
- interpretuje drugą zasadę dynamiki Newtona w postaci ogólnej
- stosuje zasadę zachowania pędu do wyjaśniania zjawisk odrzutu i startu rakiet kosmicznych
- analizuje zderzenia sprężyste ciał o różnej masie
- wyjaśnia, dlaczego w przypadku zderzenia niesprężystego suma energii kinetycznych zderzających się kul przed zderzeniem jest większa niż po zderzeniu
- posługuje się pojęciem *zderzenia centralne skośne* i *czołowe*
- posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanego tekstu popularnonaukowego (przedstawia własnymi słowami główne tezy artykułu popularnonaukowego *Fizyk ogląda TV*)

Ocena bardzo dobra. Uczeń:

- wykazuje, że praca wykonana nad ciałem przez stałą niezrównoważoną siłę jest równa przyrostowi energii kinetycznej ciała
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe dotyczące energii potencjalnej sprężystości, posługując się kalkulatorem i wykresem zależności siły od wydłużenia sprężyny
- rozwiązuje złożone zadania dotyczące ruchu ciał o zmiennej masie, np. rakiet
- przeprowadza badanie zderzeń centralnych skośnych i czołowych kulek stalowych lub monet (wykonuje doświadczenia, opisuje i analizuje wyniki, wyciąga wnioski)
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe dotyczące zderzeń sprężystych

BRYŁA SZTYWNA

Ocena dopuszczająca. Uczeń:

- wyznacza doświadczalnie środek ciężkości płaskiego ciała zawieszzonego na nici
- wskazuje (na wybranych przykładach) sposoby zwiększania stabilności ciała
- wyjaśnia, kiedy bryła sztywna porusza się ruchem obrotowym jednostajnie przyspieszonym, a kiedy – ruchem obrotowym jednostajnie opóźnionym
- definiuje moment pędu punktu materialnego
- wskazuje analogie między wielkościami fizycznymi opisującymi dynamikę ruchu postępowego i obrotowego bryły

Ocena dostateczna. Uczeń:

- rozróżnia pojęcia punkt materialny i bryła sztywna; zna granice ich stosowalności
- ocenia, czy dane ciało porusza się jedynie ruchem postępowym czy jednocześnie ruchem postępowym i obrotowym
- opisuje ruch bryły sztywnej, stosując pojęcia prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe, okres, częstotliwość
- wyznacza środek masy bryły (samodzielnie wykonuje i opisuje doświadczenie, wyciąga wnioski)
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe (szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)
- interpretuje i oblicza iloczyn wektorowy dwóch wektorów
- oblicza momenty sił działające na ciało lub układ ciał (bryłę sztywną)
- wykonuje obliczenia, wykorzystując warunek równowagi momentów sił
- odróżnia energię potencjalną ciężkości ciała traktowanego jako punkt materialny od energii potencjalnej ciężkości ciała, którego wymiarów nie można pominąć; wyznacza energię potencjalną ciężkości tych ciał
- rozróżnia pojęcia masa i moment bezwładności
- oblicza bilans energii, uwzględniając energię kinetyczną ruchu obrotowego
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z zastosowaniem wzorów na energię w ruchu obrotowym (rozróżnia wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku,

- krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)
- opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez jej środek masy, uwzględniając prędkość kątową i przyspieszenie kątowe
- analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił
- przedstawia jednostki wielkości fizycznych związanych z mechaniką bryły sztywnej; opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z zastosowaniem drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego (rozdziela wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku, przeprowadza proste obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora, zapisuje wynik obliczenia fizycznego jako przybliżony – z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)
- oblicza moment pędu bryły sztywnej i układu ciał
- analizuje ruch bryły wokół osi obrotu z zastosowaniem zasady zachowania momentu pędu
- rozwiązuje proste zadania obliczeniowe z zastosowaniem zasady zachowania momentu pędu (rozdziela wielkości dane i szukane, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, szacuje wartość spodziewanego wyniku, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku)

Ocena dobra. Uczeń:

- posługuje się pojęciem precesja
- stosuje wzór na wyznaczenie środka masy bryły sztywnej
- wyznacza środek masy układu ciał
- analizuje równowagę brył sztywnych, kiedy siły działają w jednej płaszczyźnie (gdy siły i momenty sił się równoważą) – na podstawie pierwszej zasady dynamiki ruchu obrotowego
- analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu siły
- wskazuje sytuacje, w których równowaga bryły sztywnej decyduje o bezpieczeństwie (np. stabilność łodzi czy konstrukcji)
- projektuje – korzystając z przykładów podanych w podręczniku – i przeprowadza doświadczenie ilustrujące tor ruchu środka masy
- wyjaśnia, od czego zależy moment bezwładności bryły
- analizuje złożony ruch bryły sztywnej (ruchy: postępowy i obrotowy)
- oblicza energię całkowitą bryły (np. walca, kuli) obracającej się wokół osi przechodzącej przez środek jej masy
- demonstruje na wybranym przykładzie zasadę zachowania momentu pędu (m.in. zjawisko odrzutu)
- podaje przykłady wykorzystania zasady zachowania momentu pędu w sporcie, urządzeniach technicznych i we Wszechświecie

Ocena bardzo dobra. Uczeń:

- rozwiązuje złożone zadania związane z ruchem obrotowym bryły sztywnej (przeprowadza obliczenia za pomocą kalkulatora)
- wyprowadza wzór na położenie środka masy
- rozwiązuje – posługując się kalkulatorem – złożone zadania obliczeniowe; korzysta ze wzoru na moment siły
- określa warunki równowagi ciała stojącego na podłożu
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe, stosując wzory na energię w ruchu obrotowym (przeprowadza złożone obliczenia liczbowe za pomocą kalkulatora)
- bada doświadczalnie zależność przyspieszenia kątowego od momentu siły i momentu bezwładności (wykonuje doświadczenie z wahadłem Oberbecka ilustrujące jakościowy związek między prędkością kątową a momentem siły i momentem bezwładności; opisuje i analizuje wyniki, wyciąga wnioski z doświadczenia)
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe z zastosowaniem drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego oraz kinematycznego równania ruchu obrotowego (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora)
- podaje przykłady wykorzystania efektu żyroskopowego w praktyce
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe z zastosowaniem uogólnionej drugiej zasady dynamiki ruchu obrotowego oraz zasady zachowania momentu pędu (przeprowadza złożone obliczenia za pomocą kalkulatora)
- rozwiązuje złożone zadania obliczeniowe i problemowe na poziomie maturalnym