****

**WYMAGANIA EDUKACYJNE Z MATEMATYKI NIEZBĘDNE DO UZYSKANIA PRZEZ UCZNIA**

**POSZCZEGÓLNYCH ŚRÓDROCZNYCH I ROCZNYCH OCEN KLASYFIKACYJNYCHWYNIKAJĄCYCH Z REALIZOWANEGO PROGRAMU NAUCZANIA**

**Marcin Kurczab, Elżbieta Kurczab, Elżbieta Świda, Tomasz Szwed/**

**Matematyka. Solidna od podstaw. Program nauczania w liceach i technikach/**

**Wydawnictwo Oficyna Edukacyjna Krzysztof Pazdro (LICEUM 4-LETNIE)**

**ZAKRES ROZSZERZONY**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Szczegółowe wymagania edukacyjne dla klas 4B, 4B1, 4B2, 4B3, 4C, 4D, 4G, 4H, 4I** | | | | |
| Uczeń spełnia wszystkie wymagania edukacyjne dla poziomu podstawowego, a ponadto wymagania wyszczególnione poniżej.  Ocenę **niedostateczną** otrzymuje uczeń, który nie spełnia wymagań edukacyjnych niezbędnych do uzyskania oceny dopuszczającej. | | | | |
|  | | | | |
| Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dopuszczającej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dostatecznej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dobrej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny bardzo dobrej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny celującej** |
| 1. **FUNKCJA**  **WYKŁADNICZA** | | | | |
| *potrafi wykonywać działania na potęgach o wykładniku naturalnym, całkowitym i wymiernym;* | potrafi zapisać daną liczbę w postaci potęgi o wskazanej podstawie | *sprawnie przekształca wyrażenia algebraiczne zawierające potęgi i pierwiastki;* | *potrafi oszacować wartość potęgi o wykładniku rzeczywistym;* | potrafi rozwiązywać równania i nierówności wykładnicze z parametrem o podwyższonym stopniu trudności; |
| *zna prawa działań na potęgach o wykładnikach wymiernych i stosuje je w obliczeniach;* | potrafi uprościć wyrażenia zawierające potęgi | *sprawnie zamienia pierwiastki arytmetyczne na potęgi o wykładniku wymiernym i odwrotnie;* | *porównywać wyrażenia zawierające pierwiastki;* | potrafi rozwiązywać zadania na dowodzenie (o podwyższonym stopniu trudności), w których wykorzystuje własności funkcji wykładniczych |
| *zna pojęcie pierwiastka arytmetycznego z liczby nieujemnej i potrafi stosować prawa działań na pierwiastkach w obliczeniach;* | potrafi porównywać potęgi | *sprawnie wykonywać działania na potęgach o wykładniku rzeczywistym;* |  |  |
| *potrafi obliczać pierwiastki stopnia nieparzystego z liczb ujemnych;* | potrafi opisać własności funkcji wykładniczej na podstawie jej wykresu | *potrafi wyłączać wspólną potęgę poza nawias;* |  |  |
| potrafi wykonywać działania na potęgach o wykładniku rzeczywistym; | potrafi wyznaczyć wzór funkcji wykładniczej w oparciu współrzędne punktu/punktów należących do wykresu funkcji | potrafi szkicować wykresy funkcji wykładniczych z wartością bezwzględną | potrafi rozwiązywać równania i nierówności wykładnicze stosując metodę podstawiania |  |
| stosuje własności działań na potęgach w rozwiązywaniu zadań | potrafi szkicować wykresy funkcji wykładniczych stosując przesunięcie równoległe o wektor i symetrie względem osi układu (złożenie przekształceń) | potrafi szkicować wykresy funkcji wykładniczych z wartością bezwzględną | potrafi rozwiązywać układy równań i nierówności wykładniczych |  |
| zna definicję funkcji wykładniczej | potrafi zapisać daną liczbę w postaci potęgi o wskazanej podstawie | potrafi interpretować graficznie równania wykładnicze z parametrem | potrafi stosować wiadomości o funkcji wykładniczej w różnych zadaniach (np., dotyczących ciągów, trygonometrii, itp. |  |
| potrafi odróżnić funkcję wykładniczą od innych funkcji |  | potrafi badać, na podstawie definicji, własności funkcji wykładniczych | potrafi zaznaczyć w układzie współrzędnych zbiory punktów opisane a pomocą nierówności wykładniczych |  |
| potrafi obliczać wartości funkcji dla danych argumentów |  | potrafi rozwiązywać zadania na dowodzenie (o średnim stopniu trudności), w których wykorzystuje wiadomości dotyczące funkcji wykładniczej oraz potęg | potrafi rozwiązywać zadania stosując własności funkcji wykładniczych |  |
| potrafi szkicować wykresy funkcji wykładniczych dla różnych podstaw |  | potrafi rozwiązać równania oraz nierówności wykładnicze korzystając z wykresów odpowiednich funkcji wykładniczych | potrafi rozwiązywać równania i nierówności wykładnicze z parametrem; |  |
| potrafi przekształcać wykresy funkcji wykładniczych w przesunięciu równoległe o dany wektor | potrafi przekształcać wykresy funkcji wykładniczych w symetriach SOX, SOY, S(0,0) | potrafi rozwiązywać równania i nierówności wykładnicze korzystając  z różnowartościowości oraz monotoniczności funkcji | potrafi wykorzystać funkcję wykładniczą do rozwiązywania zadań, o podwyższonym stopniu trudności, osadzonych  w kontekście praktycznym |  |
| potrafi szkicować wykresy funkcji wykładniczych stosując przesunięcie równoległe o wektor | potrafi szkicować wykresy funkcji wykładniczych stosując symetrie względem osi układu oraz początku układu |  | *potrafi oszacować wartość potęgi o wykładniku rzeczywistym;* |  |
| zna pojęcie równania wykładniczego oraz nierówności wykładniczej |  |  | *porównywać wyrażenia zawierające pierwiastki;* |  |
| potrafi rozwiązywać algebraicznie i graficznie proste równania oraz nierówności wykładnicze |  |  |  |  |
| *potrafi wykonywać działania na potęgach o wykładniku naturalnym, całkowitym i wymiernym;* |  |  |  |  |
| *zna prawa działań na potęgach o wykładnikach wymiernych i stosuje je w obliczeniach;* |  |  |  |  |
| *zna pojęcie pierwiastka arytmetycznego z liczby nieujemnej i potrafi stosować prawa działań na pierwiastkach w obliczeniach;* |  |  |  |  |
| *potrafi obliczać pierwiastki stopnia nieparzystego z liczb ujemnych;* |  |  |  |  |
| potrafi wykonywać działania na potęgach o wykładniku rzeczywistym; |  |  |  |  |
| stosuje własności działań na potęgach w rozwiązywaniu zadań |  |  |  |  |
| zna definicję funkcji wykładniczej |  |  |  |  |
| potrafi odróżnić funkcję wykładniczą od innych funkcji |  |  |  |  |
| **II. FUNKCJA LOGARYTMICZNA** | | | | |
| *zna definicję logarytmu i potrafi obliczać logarytmy bezpośrednio z definicji;* | *potrafi wykonywać proste działania z wykorzystaniem twierdzenia o: logarytmie iloczynu, logarytmie ilorazu, logarytmie potęgi;* | *zna i potrafi stosować własności logarytmów w obliczeniach;* | *potrafi zapisywać wyrażenia z logarytmami z postaci jednego logarytmu;* | *potrafi wykorzystać pojęcie logarytmu w zadaniach praktycznych.* |
| *zna pojęcia: podstawa logarytmu, liczba logarytmowana;* | *potrafi zamienić podstawę logarytmu;* | *rozwiązywać nietypowe zadania z zastosowaniem definicji logarytmu* | *potrafi rozwiązywać nietypowe zadania z zastosowaniem poznanych twierdzeń;* | *potrafi rozwiązywać zadania z kontekstem praktycznym z zastosowaniem własności logarytmów;* |
| *zna pojęcie logarytmu dziesiętnego;* |  | *potrafi przekształcić wyrażenia z logarytmami;* |  | potrafi rozwiązywać równania i nierówności logarytmiczne z parametrem; |
| potrafi podać założenia i zapisać w prostszej postaci wyrażenia zawierające logarytmy | stosuje do obliczeń logarytmu równości wynikające z definicji logarytmu | potrafi stosować twierdzenia o logarytmie iloczynu, ilorazu  i potęgi do udowadniania równości wyrażeń | potrafi udowodnić twierdzenia o logarytmach, twierdzenie  o zamianie podstaw logarytmów | potrafi udowodnić niewymierność logarytmu (np. log23) |
| zna definicję funkcji logarytmicznej; | zna i potrafi stosować własności logarytmów do obliczania wartości wyrażeń | potrafi graficznie rozwiązywać równania, nierówności układy równań z zastosowaniem wykresów funkcji logarytmicznych; | potrafi wykorzystać własności funkcji logarytmicznej  do rozwiązywania zadań z parametrem | potrafi w dowodach o podwyższonym stopniu trudności korzystać z twierdzeń i własności funkcji logarytmicznej |
| potrafi odróżnić funkcję logarytmiczną od innej funkcji; | potrafi stosować twierdzenie o zmianie podstaw logarytmów do obliczania wartości wyrażeń oraz przekształcania wyrażeń z logarytmami | potrafi wykorzystać własności funkcji logarytmicznej do rozwiązywania zadań różnego typu | potrafi wykorzystać funkcję logarytmiczną do rozwiązywania zadań, o podwyższonym stopniu trudności, osadzonych  w kontekście praktycznym |  |
| potrafi określić dziedzinę funkcji logarytmicznej; | wyznacza podstawę logarytmu/liczbę logarytmowaną, gdy dana jest wartość logarytmu | potrafi wykorzystać funkcję logarytmiczną do rozwiązywania zadań osadzonych w kontekście praktycznym | potrafi prowadzić dowody opierające się o twierdzenie o zmianie podstaw logarytmów |  |
| potrafi szkicować wykresy funkcji logarytmicznych dla różnych podstaw; | podaje odpowiednie założenia dla dla podstawy oraz liczby logarytmowanej | potrafi rozwiązywać zadania na dowodzenie (o średnim stopniu trudności), w których wykorzystuje wiadomości dotyczące funkcji logarytmicznej | potrafi interpretować graficznie równania logarytmiczne  z parametrem |  |
| potrafi opisać własności funkcji logarytmicznej na podstawie jej wykresu; | potrafi obliczyć/wyznaczyć przybliżoną wartość logarytmu mając przybliżenie innego logarytmu (np. wyznaczyć log220 wiedząc, że log25 = p) |  | potrafi stosować wiadomości o funkcji logarytmicznej w różnych zadaniach (np., dotyczących ciągów, trygonometrii, itp. |  |
| potrafi przekształcać wykresy funkcji logarytmicznych w przesunięciu równoległym o dany wektor; | potrafi przekształcać wykresy funkcji logarytmicznych w symetriach SOX, SOY, S(0,0)  potrafi wyznaczyć wzór funkcji logarytmicznej gdy dany jest punkt należący do wykresu |  | potrafi zaznaczyć w układzie współrzędnych zbiory punktów opisane a pomocą nierówności logarytmicznych |  |
|  | potrafi wyznaczyć zbiór wartości funkcji logarytmicznej o określonej dziedzinie |  | potrafi rozwiązywać zadania o [podwyższonym stopniu trudności stosując własności funkcji logarytmicznych oraz poznane twierdzenia |  |
|  | potrafi algebraicznie rozwiązywać proste równania oraz nierówności logarytmiczne; |  | potrafi rozwiązywać równania i nierówności logarytmiczne z parametrem; |  |
|  | rozwiązuje zadania tekstowe osadzone w kontekście praktycznym, w których wykorzystuje umiejętność rozwiązywania prostych równań i nierówności wykładniczych oraz logarytmicznych (lokaty bankowe, rozpad substancji promieniotwórczych itp.) |  | potrafi rozwiązywać równania i nierówności logarytmiczne wprowadzając zmienną pomocniczą; |  |
|  | posługuje się funkcjami wykładniczymi oraz funkcjami logarytmicznymi do opisu zjawisk fizycznych, chemicznych itp. |  | potrafi naszkicować zbiór punktów płaszczyzny spełniających dane równanie lub nierówność z dwiema niewiadomymi,  w których występują logarytmy |  |
|  |  |  | potrafi rozwiązywać równania i nierówności logarytmiczne wprowadzając zmienną pomocniczą; |  |
| **III. ELELMENTY STATYSTYKI** | | | | |
| zna podstawowe pojęcia statystyki opisowej: obserwacja statystyczna, populacja generalna, próba, liczebność próby, cecha statystyczna (mierzalna, niemierzalna) | potrafi interpretować dane statystyczne odczytane z tabel, diagramów i wykresów | potrafi rozwiązywać zadania ze statystyki opisowej o średnim stopniu trudności. | potrafi stosować wiadomości ze statystyki w różnych nietypowych zadaniach zadaniach |  |
| zna i rozumie pojęcie skali centylowej | potrafi określać zależności między odczytanymi danymi; | oblicza średnią arytmetyczną danych przedstawionych w niestandardowy sposób | wykorzystuje w zadaniach o podwyższonym stopniu trudności pojęcia statystyczne |  |
| zna i rozumie pojęcie średniej arytmetycznej, średniej ważonej, wariancji | potrafi interpretować średnią arytmetyczną, średnią ważoną, medianę |  |  | oblicza odchylenie standardowe i wariancję danych |
| potrafi odczytywać dane statystyczne z tabel, diagramów  i wykresów | wykorzystuje w zadaniach średnią arytmetyczną | rozwiązuje nietypowe zadania w których występuje średnia ważona |  |  |
| potrafi przedstawiać dane empiryczne w postaci tabel, diagramów i wykresów; | wykorzystuje w zadaniach medianę i dominantę | potrafi interpretować dane statystyczne, ze szczególnym uwzględnieniem miar rozrzutu oraz skali centylowej |  |  |
| potrafi interpretować wymienione wyżej parametry statystyczne. |  | potrafi korzystać ze skali centylowej |  |  |
| potrafi policzyć średnią arytmetyczną zestawu danych | wyznacza modę i medianę danych przedstawionych diagramami |  |  |  |
| wyznacza medianę i dominantę zestawu danych | wyznacza modę i medianę pogrupowanych danych |  |  |  |
| potrafi obliczyć średnią ważoną zestawu liczb z podanymi wagami | stosuje w zadaniach średnią ważoną |  |  |  |
| **IV. RACHUNEK PRAWDOPODOBIEŃSTWA** | | | | |
| umie obliczyć prawdopodobieństwo zdarzenia przeciwnego | zna określenie prawdopodobieństwa warunkowego i umie rozwiązywać proste zadania dotyczące takiego prawdopodobieństwa; | umie udowodnić własności prawdopodobieństwa; | stosuje własności prawdopodobieństwa w dowodach twierdzeń | potrafi udowodnić, że prawdopodobieństwo warunkowe spełnia warunki aksjomatycznej definicji prawdopodobieństwa; |
| zna definicję prawdopodobieństwa warunkowego | rozwiązuje proste zadania za pomocą drzewa stochastycznego; | umie stosować własności prawdopodobieństwa do rozwiązywania zadań „teoretycznych”; | stosuje wzór do Bayesa do obliczania prawdopodobieństwa przyczyny | potrafi udowodnić wzór na prawdopodobieństwo całkowite |
| potrafi podać pary zdarzeń przeciwnych i wykluczających się | wykorzystuje regułę mnożenia, dodawania, permutacje  i kombinacje do obliczania prawdopodobieństwa zdarzeń  w prostych zadaniach | rozwiązuje zadania z rachunku prawdopodobieństwa o średnim stopniu trudności | oblicza prawdopodobieństwo w doświadczeniach wieloetapowych | udowadnia wzór Bayesa |
| zna wzór na prawdopodobieństwo całkowite | potrafi zastosować prawdopodobieństwo całkowite  w rozwiązaniu prostych zadań; | potrafi obliczać prawdopodobieństwo całkowite zdarzeń | wykorzystuje wzór Bernoulliego do obliczania prawdopodobieństwa co najmniej k sukcesów w n próbach | potrafi rozwiązywać nietypowe zadania dotyczące kombinatoryki i rachunku prawdopodobieństwa. |
| potrafi sprawdzić, czy są spełnione założenia twierdzenia o prawdopodobieństwie całkowitym | zna wzór Bayesa | potrafi stosować wzór Bayesa; | rozwiązuje zadania z rachunku prawdopodobieństwa  o podwyższonym stopniu trudności |  |
| wie, jakie zdarzenia nazywamy niezależnymi; potrafi zbadać, posługując się definicją, czy dwa zdarzenia są niezależne; | potrafi rozwiązywać zadania w których występują zdarzenia niezależne | wie i rozumie na czym polega niezależność n zdarzeń (n≥2). | prowadzi dowody wykorzystujące własności prawdopodobieństwa i poznane wzory |  |
|  |  | Wykorzystuje regułę mnożenia, dodawania, permutacje  i kombinacje do obliczania prawdopodobieństwa zdarzeń w zadaniach o średnim stopniu trudności |  |  |
|  | zna wzór Bernoulliego i oblicza prawdopodobieństwo sukcesu  i porażki w pojedynczej próbie Bernoulliego | stosuje wzór na prawdopodobieństwo warunkowe do wyznaczania prawdopodobieństwa sumy, iloczynu i różnicy zdarzeń |  |  |
|  |  | stosuje wzór Bernoulliego do obliczania prawdopodobieństwa  *k* sukcesów w *n* próbach |  |  |
| **V. GEOMETRIA PRZESTRZENNA. WIELOŚCIANY** | | | | |
| potrafi określić położenie dwóch płaszczyzn w przestrzeni | stosuje funkcje trygonometryczne do obliczania pola powierzchni graniastosłupa oraz ostrosłupa | przeprowadza wnioskowania dotycząc położenia prostych w przestrzeni | przeprowadza dowód twierdzenia o prostej prostopadłej do płaszczyzny | potrafi rozwiązywać nietypowe zadania geometryczne dotyczące brył, z wykorzystaniem poznanych twierdzeń |
| potrafi określić położenie prostej i płaszczyzny w przestrzeni | oblicza długości przekątnych graniastosłupa prostego również  z wykorzystaniem wcześniej poznanych twierdzeń z planimetrii oraz trygonometrii | stosuje twierdzenie o trzech prostych prostopadłych do uzasadniania prostopadłości prostych | rozwiązuje zadania o podwyższonym stopniu trudności z wykorzystaniem wzorów na objętość i pole powierzchni graniastosłupa prostego |  |
| potrafi określić położenie dwóch prostych w przestrzeni, w szczególności dwóch prostych prostopadłych nieprzecinających się | oblicza objętość graniastosłupa prostego oraz ostrosłupa prawidłowego | stosuje twierdzenie o trzech prostych prostopadłych do rozwiązywania zadań | rozwiązuje zadania o podwyższonym stopniu trudności z wykorzystaniem wzorów na objętość i pole powierzchni ostrosłupa |  |
| rysuje figury płaskie w rzucie równoległym na płaszczyznę | oblicza objętość graniastosłupa pochyłego | rozwiązuje zadania dotyczące miar kąta między prostą a płaszczyzną, również z wykorzystaniem trygonometrii | przeprowadza dowód twierdzenia o trzech prostych prostopadłych |  |
| umie scharakteryzować prostopadłość prostej i płaszczyzny | oblicza pole powierzchni ostrosłupa mając daną jego siatkę | rozwiązuje zadania dotyczące miary kąta dwuściennego | rozwiązuje zadania dotyczące przekrojów wielościanów z wykorzystaniem poznanych twierdzeń z planimetrii oraz trygonometrii |  |
| umie scharakteryzować prostopadłość dwóch płaszczyzn | potrafi rozpoznać w graniastosłupach i ostrosłupach kąt między ścianami oraz obliczyć miarę tego kąta; | oblicza objętości graniastosłupów oraz ostrosłupów z wykorzystaniem wcześniej poznanych twierdzeń z planimetrii oraz trygonometrii | wykorzystuje wiadomości z analizy matematycznej w rozwiązaniach zadań ze stereometrii, w zakresie wielościanów |  |
| rozumie pojęcie odległości punktu od płaszczyzny oraz odległości prostej równoległej do płaszczyzny od tej płaszczyzny |  | potrafi wyznaczać przekroje wielościanów; |  |  |
| zna i potrafi stosować twierdzenie o trzech prostych prostopadłych |  | potrafi obliczyć pole powierzchni przekroju bryły daną płaszczyzną (graniastosłupa, ostrosłupa) | rozwiązuje zadania o podwyższonym stopniu trudności z wykorzystaniem wzorów na objętość i pole powierzchni graniastosłupa prostego |  |
| rozumie pojęcie kąta między prostą a płaszczyzną |  | potrafi stosować twierdzenie o objętości brył podobnych w rozwiązaniach prostych zadań; |  |  |
| rozumie pojęcie kąta dwuściennego, poprawnie posługuje się terminem “kąt liniowy kąta dwuściennego” |  | potrafi rozwiązywać zadania geometryczne dotyczące brył o średnim stopniu trudności, z wykorzystaniem wcześniej poznanych twierdzeń z planimetrii oraz trygonometrii; |  |  |
| zna podział graniastosłupów |  |  |  |  |
| umie narysować siatki graniastosłupów prostych |  |  |  |  |
| potrafi narysować siatkę graniastosłupa prostego, mając dany jej fragment |  |  |  |  |
| potrafi narysować siatkę ostrosłupa prostego, mając dany jej fragment |  |  |  |  |
| zna określenie ostrosłupa; umie wskazać: podstawę, ściany boczne, krawędzie podstaw, krawędzie boczne, wysokość ostrosłupa; |  |  |  |  |
| zna podział ostrosłupów; |  |  |  |  |
| umie narysować siatki ostrosłupów prostych; |  |  |  |  |
| potrafi rozpoznać w graniastosłupach i ostrosłupach kąty między odcinkami (np. krawędziami, krawędziami i przekątnymi itp.) oraz obliczyć miary tych kątów; |  |  |  |  |
| potrafi rozpoznać w graniastosłupach i ostrosłupach kąty między odcinkami i płaszczyznami (kąty między krawędziami i ścianami, przekątnymi i ścianami) oraz obliczyć miary tych kątów; |  |  |  |  |
| umie obliczyć objętość i pole powierzchni poznanych graniastosłupów |  |  |  |  |
| umie obliczyć objętość i pole powierzchni poznanych ostrosłupów |  |  |  |  |
| zna podział graniastosłupów |  |  |  |  |
| umie narysować siatki graniastosłupów prostych |  |  |  |  |
| **VI. GEOMETRIA PRZESTRZENNA. BRYŁY OBROTOWE** | | | | |
| zna określenie walca; umie wskazać: podstawy, powierzchnię boczną, tworzącą, oś obrotu walca | potrafi rozwiązywać proste zadania geometryczne dotyczące brył, w tym z wykorzystaniem trygonometrii i poznanych wcześniej twierdzeń z geometrii płaskiej | określa, jaką figurą jest dany przekrój sfery płaszczyzną | potrafi rozwiązywać zadania, w których jedna bryła jest wpisana w drugą lub opisana na niej (ostrosłup wpisany w kulę; kula wpisana w stożek, ostrosłup opisany na kuli, walec wpisany w stożek itp.) | potrafi rozwiązywać nietypowe zadania geometryczne dotyczące brył, z wykorzystaniem poznanych twierdzeń |
| rozumie określenie “przekrój osiowy walca” | rozwiązuje zadania dotyczące rozwinięcia powierzchni bocznej walca oraz powierzchni bocznej stożka | potrafi obliczyć pole powierzchni przekroju bryły daną płaszczyzną (walca, stożka, kuli); | rozwiązuje zadania o podwyższonym stopniu trudności dotyczące brył obrotowych (stożka, kuli, walca) | wyprowadza wzory na objętość i pole powierzchni nietypowych brył, np. stożka ściętego |
| zna określenie stożka; umie wskazać: podstawę, powierzchnię boczną, tworzącą, wysokość, oś obrotu stożka; | stosuje funkcje trygonometryczne do obliczania pola powierzchni i objętości brył obrotowych (stożka, kuli, walca) | potrafi stosować twierdzenie o objętości brył podobnych w rozwiązaniach zadań | rozwiązuje zadania z geometrii przestrzennej stosując analizę matematyczną | rozwiązuje zadania nietypowe z geometrii przestrzennej stosując analizę matematyczną |
| rozpoznaje w walcach i stożkach kąt między odcinkami oraz kąt między odcinkami i płaszczyznami (np. kąt rozwarcia stożka, kąt między tworzącą a podstawą) oraz oblicza miary tych kątów | wyznacza skalę podobieństwa brył podobnych | potrafi rozwiązywać zadania geometryczne dotyczące brył o średnim stopniu trudności, z wykorzystaniem wcześniej poznanych twierdzeń z planimetrii oraz trygonometrii |  |  |
| zna określenie kuli | potrafi stosować twierdzenie o objętości brył podobnych  w rozwiązaniach prostych zadań |  |  |  |
| rozumie pojęcie objętości bryły |  |  |  |  |
| umie obliczyć objętość i pole powierzchni brył obrotowych (stożka, kuli, walca) |  |  |  |  |