

EGZAMIN MATURALNY OD ROKU SZKOLNEGO 2014/2015

MATEMATYKA POZIOM ROZSZERZONY

**ROZWIĄZANIA ZADAŃ I SCHEMATY PUNKTOWANIA
(A1, A2, A3, A4, A6, A7)**

GRUDZIEŃ 2014

Klucz odpowiedzi do zadań zamkniętych

Nr zadania	1	2	3	4	5
Odpowiedź	A	C	D	C	B

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
------------------	-----------------------

Zadanie 1. (0–1)

I. Wykorzystanie i tworzenie informacji.	R3.4. Zdający stosuje twierdzenia o reszcie z dzielenia wielomianu przez dwumian $x - a$.
--	--

Poprawna odpowiedź: A

Zadanie 2. (0–1)

I. Wykorzystanie i tworzenie informacji.	R8.5., 4.5. Zdający posługuje się równaniem okręgu $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$ oraz opisuje koła za pomocą nierówności, rysuje wykres funkcji liniowej, korzystając z jej wzoru.
--	--

Poprawna odpowiedź: C

Zadanie 3. (0–1)

II. Wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji.	R11.4. Zdający korzysta z własności pochodnej do wyznaczenia przedziałów monotoniczności funkcji.
--	---

Poprawna odpowiedź: D

Zadanie 4. (0–1)

II. Wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji.	R6.4. Zdający posługuje się wykresami funkcji trygonometrycznych (np. przy rozwiązywaniu nierówności typu $\sin x > a, \cos x \leq a, \tan x > a$).
--	--

Poprawna odpowiedź: C

Zadanie 5. (0–1)

II. Wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji.	4.4., 4.3. Zdający na podstawie wykresu funkcji $y = f(x)$ szkicuje wykresy funkcji $y = f(x + a)$, $y = f(x) + a$, $y = -f(x)$, $y = f(-x)$; odczytuje z wykresu własności funkcji (dziedzinę, zbiór wartości, miejsca zerowe, maksymalne przedziały, w których funkcja maleje, rośnie, ma stały znak; punkty, w których funkcja przyjmuje w podanym przedziale wartość największą lub najmniejszą).
--	---

Poprawna odpowiedź: B

Zadanie 6. (0–2) – zadanie kodowane

IV. Użycie i tworzenie strategii	G6.6., 2.1. Zdający wyłącza wspólny czynnik z wyrazów sumy algebraicznej poza nawias, używa wzorów skróconego mnożenia na $(a \pm b)^2$ oraz $a^2 - b^2$.
----------------------------------	--

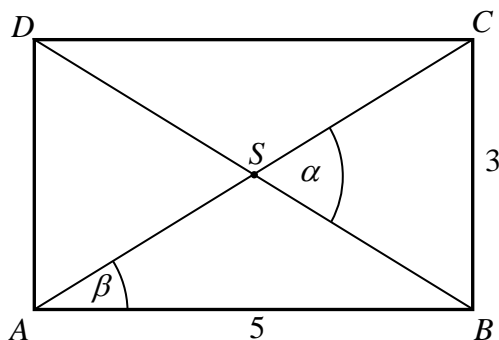
Poprawna odpowiedź: 210**Zadanie 7. (0–2)**

Długości boków prostokąta są równe 3 oraz 5. Oblicz sinus kąta ostrego, który tworzą przekątne tego prostokąta.

II. Wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji	6.1., R6.5. Zdający wykorzystuje definicje i wyznacza wartości funkcji sinus, cosinus i tangens kątów o miarach od 0° do 180° , stosuje wzory na sinus i cosinus sumy i różnicy kątów, sumę i różnicę sinusów i cosinusów kątów.
---	--

Rozwiązanie (I sposób):

Przyjmijmy oznaczenia jak na rysunku.



Wtedy $\alpha = 2\beta$. Z twierdzenia Pitagorasa otrzymujemy $AC = \sqrt{34}$.

Ponieważ $\sin \beta = \frac{3}{\sqrt{34}}$ oraz $\cos \beta = \frac{5}{\sqrt{34}}$, więc

$$\sin \alpha = 2 \sin \beta \cos \beta = 2 \cdot \frac{3}{\sqrt{34}} \cdot \frac{5}{\sqrt{34}} = \frac{15}{17}$$

Rozwiązanie (II sposób):

Przekątna tego prostokąta ma długość $\sqrt{34}$. Niech α oznacza kąt ostry między przekątnymi tego prostokąta.

Obliczamy pole P prostokąta dwoma sposobami:

$$P = 3 \cdot 5 = 15, \quad P = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{34}}{2} \cdot \frac{\sqrt{34}}{2} \cdot \sin \alpha = 17 \sin \alpha.$$

Stąd $\sin \alpha = \frac{15}{17}$.

Schemat oceniania**Zdający otrzymuje – 1 pkt**

jeżeli:

$$\text{poda wartość } \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{3}{\sqrt{34}} \text{ i } \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{5}{\sqrt{34}}$$

albo

poda sposób obliczenia pola prostokąta przy wykorzystaniu $\sin \alpha$.**Zdający otrzymuje – 2 pkt**jeżeli obliczy $\sin \alpha = \frac{15}{17}$.**Zadanie 8. (0–2)**Oblicz granicę $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n^2}{n+2} - \frac{(n+2)^2}{n+444} \right)$.

II. Wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji	R11.1. Zdający oblicza granice funkcji (i granice jednostronne), korzystając z twierdzeń o działaniach na granicach i z własności funkcji ciągłych.
---	---

Rozwiązanie:

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n^2}{n+2} - \frac{(n+2)^2}{n+444} \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n^2(n+444) - (n+2)^3}{(n+2)(n+444)} \right) = \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{438n^2 - 12n - 8}{(n+2)(n+444)} = 438 \end{aligned}$$

Schemat oceniania**Zdający otrzymuje – 1 pkt**jeżeli poprawnie zapisze wyrażenie $\frac{n^2}{n+2} - \frac{(n+2)^2}{n+444}$ w postaci ułamka, np. $\frac{438n^2 - 12n - 8}{(n+2)(n+444)}$.**Zdający otrzymuje – 2 pkt**

jeżeli poprawnie obliczy wartość granicy.

Zadanie 9. (0–2)

Funkcja f jest określona wzorem $f(x) = \frac{x^2}{x-4}$ dla każdej liczby rzeczywistej $x \neq 4$. Oblicz pochodną funkcji f w punkcie $x=12$.

II. Wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji	R11.2. Zdający oblicza pochodne funkcji wymiernych.
---	---

Rozwiązanie:

$$f'(x) = \frac{2x(x-4) - x^2}{(x-4)^2} = \frac{x^2 - 8x}{(x-4)^2},$$

$$f'(12) = \frac{144 - 96}{64} = \frac{3}{4}.$$

Schemat oceniania**Zdający otrzymuje – 1 pkt**

gdy poprawnie poda wzór funkcji f' , np. $f'(x) = \frac{2x(x-4) - x^2}{(x-4)^2}$

Zdający otrzymuje – 2 pkt

gdy obliczy wartość pochodnej dla $x=12$: $f'(12) = \frac{3}{4}$

Zadanie 10. (0–3)

Funkcja f jest określona wzorem $f(x) = x^4$ dla każdej liczby rzeczywistej x . Wyznacz równanie prostej stycznej do wykresu funkcji f , która jest równoległa do prostej $y = 4x + 7$.

IV. Użycie i tworzenie strategii	R11.3. Zdający korzysta z geometrycznej i fizycznej interpretacji pochodnej.
----------------------------------	--

Rozwiązanie:

Styczna do wykresu funkcji f w punkcie $(x_0, f(x_0))$ jest prostą o równaniu

$$y - f(x_0) = f'(x_0)(x - x_0)$$

Obliczamy pochodną funkcji f :

$$f'(x) = 4x^3$$

Ponieważ styczna jest równoległa do prostej o równaniu $y = 4x + 7$, więc $f'(x_0) = 4$.

Zatem $x_0 = 1$ i styczna ma równanie

$$y - 1 = 4(x - 1), \text{ czyli } y = 4x - 3.$$

Schemat oceniania**Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.**

Obliczenie pochodnej funkcji f : $f'(x) = 4x^3$.

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

Obliczenie pierwszej współrzędnej punktu styczności: $x_0 = 1$.

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Zapisanie równania stycznej w postaci np. $y = 4x - 3$.

Zadanie 11. (0–3)

Wyznacz wszystkie liczby rzeczywiste x , spełniające równanie $\sin 5x - \sin x = 0$.

IV. Użycie i tworzenie strategii	R6.5. Zdający stosuje wzory na sinus i cosinus sumy i różnicy kątów, sumę i różnicę sinusów i cosinusów kątów.
----------------------------------	--

Rozwiązanie (I sposób):

Korzystamy ze wzoru na różnicę sinusów i zapisujemy równanie w postaci

$$2 \sin 2x \cos 3x = 0$$

zatem

$$\sin 2x = 0 \text{ lub } \cos 3x = 0$$

stąd otrzymujemy kolejno:

$\sin 2x = 0$, gdy $2x = k\pi$ czyli $x = \frac{k\pi}{2}$, gdzie k jest liczbą całkowitą,

$\cos 3x = 0$, gdy $3x = \frac{\pi}{2} + k\pi$ czyli $x = \frac{\pi}{6} + \frac{k\pi}{3}$, gdzie k jest liczbą całkowitą.

Schemat oceniania I sposobu rozwiązania**Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.**

Zapisanie równania w postaci iloczynowej np. $\sin 2x \cos 3x = 0$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

Zapisanie rozwiązań równania

- $\sin 2x = 0$: $x = \frac{k\pi}{2}$, gdzie k jest liczbą całkowitą

albo

- $\cos 3x = 0$: $x = \frac{\pi}{6} + \frac{k\pi}{3}$, gdzie k jest liczbą całkowitą.

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Zapisanie wszystkich rozwiązań równania $\sin 5x - \sin x = 0$: $x = \frac{k\pi}{2}$ lub $x = \frac{\pi}{6} + \frac{k\pi}{3}$, gdzie k jest liczbą całkowitą.

Rozwiązanie (II sposób):

Zapisujemy równanie w postaci $\sin 5x = \sin x$.

Z własności funkcji sinus wynika, że

$5x = x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą

lub

$5x = \pi - x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą,

zatem

$4x = 2k\pi$, czyli $x = \frac{k\pi}{2}$, gdzie k jest liczbą całkowitą

lub

$6x = \pi + 2k\pi$, czyli $x = \frac{\pi}{6} + \frac{k\pi}{3}$, gdzie k jest liczbą całkowitą.

Schemat oceniania II sposobu rozwiązania**Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.**

Zapisanie jednej z zależności: $5x = x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą lub

$5x = \pi - x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą.

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

Zapisanie obu zależności: $5x = x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą oraz $5x = \pi - x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą.

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Zapisanie wszystkich rozwiązań równania $\sin 5x - \sin x = 0$: $x = \frac{k\pi}{2}$ lub $x = \frac{\pi}{6} + \frac{k\pi}{3}$, gdzie k jest liczbą całkowitą.

Uwagi

1. Jeżeli zdający zapisze jedynie $5x = x$, to otrzymuje 0 punktów.

2. Jeżeli zdający zapisze $5x = x$ oraz $5x = \pi - x$, to otrzymuje 1 punkt.

3. Jeżeli zdający zapisze tylko jedną z zależności $5x = x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą lub $5x = \pi - x + 2k\pi$, gdzie k jest liczbą całkowitą i w rezultacie uzyska tylko jedną serię

rozwiązań: $x = \frac{k\pi}{2}$ albo $x = \frac{\pi}{6} + \frac{k\pi}{3}$, gdzie k jest liczbą całkowitą, to otrzymuje 2 punkty.

Zadanie 12. (0–3)

Niech P_n oznacza pole koła o promieniu $\frac{1}{2^n}$, dla $n \geq 1$. Oblicz sumę wszystkich wyrazów ciągu (P_n) .

IV. Użycie i tworzenie strategii	R5.3. Zdający rozpoznaje szeregi geometryczne zbieżne i oblicza ich sumy.
----------------------------------	---

Rozwiązanie:

Pole koła o promieniu $r_n = \frac{1}{2^n}$ jest równe $\pi \cdot \left(\frac{1}{2^n}\right)^2 = \frac{\pi}{4^n}$, czyli $P_n = \frac{\pi}{4^n}$. Dla $n \geq 1$ zachodzi równość $\frac{P_{n+1}}{P_n} = \frac{1}{4}$. Wynika stąd, że (P_n) jest ciągiem geometrycznym o ilorazie $q = \frac{1}{4}$ i pierwszym wyrazie $P_1 = \frac{\pi}{4}$. Ponieważ $-1 < \frac{1}{4} < 1$, więc suma S wszystkich wyrazów ciągu (P_n) jest skończona i jest równa

$$S = \frac{P_1}{1-q} = \frac{\frac{\pi}{4}}{1-\frac{1}{4}} = \frac{\pi}{3}$$

Schemat oceniania

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp 1 p.

Obliczenie pierwszego wyrazu i ilorazu ciągu (P_n) : $P_1 = \frac{\pi}{4}$, $q = \frac{1}{4}$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania 2 p.

Stwierdzenie, że istnieje skończona suma wszystkich wyrazów ciągu (P_n) , np.: $|q| = \frac{1}{4} < 1$

Rozwiązanie pełne 3 p.

Obliczenie sumy S wszystkich wyrazów ciągu (P_n) : $S = \frac{\pi}{3}$

Uwaga:

Jeżeli zdający obliczy sumę wszystkich wyrazów ciągu (P_n) , ale nie stwierdzi, że $|q| < 1$, to otrzymuje 2 punkty.

Zadanie 13. (0–3)

Wykaż, że jeżeli $a > b \geq 1$, to $\frac{a}{2+a^3} < \frac{b}{2+b^3}$.

V. Rozumowanie i argumentacja	R2.6. Zdający dodaje, odejmuje, mnoży i dzieli wyrażenia wymierne; rozszerza i (w łatwych przypadkach) skraca wyrażenia wymierne.
-------------------------------	---

Rozwiązanie (I sposób):

Przekształcamy nierówność $\frac{a}{2+a^3} < \frac{b}{2+b^3}$ równoważnie.

$$2a + ab^3 < 2b + a^3b,$$

$$2(a-b) < ab(a^2 - b^2),$$

$$2(a-b) < ab(a-b)(a+b).$$

Ponieważ $a > b$, więc możemy obie strony tej nierówności podzielić przez $a-b > 0$.

Otrzymujemy

$$2 < ab(a+b).$$

Ponieważ $a > b \geq 1$, to $ab > 1$ oraz $a+b > 2$, zatem $ab(a+b) > 1 \cdot 2 = 2$. To kończy dowód.

Schemat oceniania I sposobu rozwiązania**Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.**

Zapisanie nierówności $\frac{a}{2+a^3} < \frac{b}{2+b^3}$ w postaci $2(a-b) < ab(a^2 - b^2)$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

Stwierdzenie, że dla $a > b \geq 1$ nierówność $\frac{a}{2+a^3} < \frac{b}{2+b^3}$ jest równoważna nierówności

$$2 < ab(a+b)$$

Uwaga:

Zdający zamiast podzielić obie strony nierówności przez $a-b > 0$, może zapisać nierówność w postaci równoważnej $(a-b)(ab(a+b)-2) > 0$

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Przeprowadzenie pełnego dowodu.

Rozwiązanie (II sposób):

Definiujemy funkcję f określoną wzorem $f(x) = \frac{x}{2+x^3}$ dla każdej liczby rzeczywistej

$$x \neq -\sqrt[3]{2}.$$

Obliczamy pochodną funkcji f : $f'(x) = \frac{2(1-x^3)}{(2+x^3)^2}$

Stwierdzamy, że $f'(x) < 0$ dla $x \in (1, +\infty)$. Wynika stąd, że w przedziale $(1, +\infty)$ funkcja f jest malejąca. Zatem dla dowolnych dwóch argumentów $a > b$ z tego przedziału prawdziwa jest nierówność $f(a) < f(b)$, czyli $\frac{a}{2+a^3} < \frac{b}{2+b^3}$, co należało udowodnić.

Schemat oceniania II sposobu rozwiązania

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.

Określenie funkcji $f(x) = \frac{x}{2+x^3}$ i obliczenie jej pochodnej $f'(x) = \frac{2(1-x^3)}{(2+x^3)^2}$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

Określenie znaku pochodnej funkcji f w przedziale $(1, +\infty)$: $f'(x) < 0$ dla $x \in (1, +\infty)$

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Stwierdzenie, że w przedziale $(1, +\infty)$ funkcja f jest malejąca i wywnioskowanie prawdziwości tezy.

Zadanie 14. (0–4)

Wykaż, że jeżeli α, β, γ są kątami wewnętrznymi trójkąta i $\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < \sin^2 \gamma$, to $\cos \gamma < 0$.

V. Rozumowanie i argumentacja	R7.5. Zdający znajduje związki miarowe w figurach płaskich z zastosowaniem twierdzenia sinusów i twierdzenia cosinusów.
-------------------------------	---

Rozwiązanie (I sposób):

Niech a, b, c oznaczają długości boków trójkąta leżących naprzeciwko kątów, odpowiednio, α, β, γ , i niech R będzie promieniem okręgu opisanego na tym trójkącie. Z twierdzenia sinusów otrzymujemy

$$\sin \alpha = \frac{a}{2R}, \sin \beta = \frac{b}{2R}, \sin \gamma = \frac{c}{2R}.$$

Zatem nierówność $\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < \sin^2 \gamma$ możemy zapisać w postaci

$$\left(\frac{a}{2R}\right)^2 + \left(\frac{b}{2R}\right)^2 < \left(\frac{c}{2R}\right)^2.$$

Stąd $a^2 + b^2 < c^2$, czyli $a^2 + b^2 - c^2 < 0$. Zatem z twierdzenia cosinusów otrzymujemy

$$\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} < 0.$$

Uwaga:

Zamiast wykorzystać twierdzenie sinusów możemy również skorzystać ze wzoru na pole trójkąta i wówczas otrzymujemy

$$\sin \alpha = \frac{2P}{bc}, \sin \beta = \frac{2P}{ac}, \sin \gamma = \frac{2P}{ab}$$

Dalsza część rozwiązania przebiega tak samo.

Schemat oceniania:

Rozwiązanie, w którym postęp jest niewielki, ale konieczny na drodze do pełnego rozwiązania – 1 p.

Zastosowanie

- twierdzenia sinusów, np. zapisanie równości: $\sin \alpha = \frac{a}{2R}$, $\sin \beta = \frac{b}{2R}$, $\sin \gamma = \frac{c}{2R}$

albo

- wzoru na pole trójkąta i zapisanie równości: $\sin \alpha = \frac{2P}{bc}$, $\sin \beta = \frac{2P}{ac}$, $\sin \gamma = \frac{2P}{ab}$

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 2 p.

Zapisanie nierówności $a^2 + b^2 - c^2 < 0$.

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 3 p.

Zastosowanie twierdzenia cosinusów do zapisania równości $\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$.

Rozwiązanie pełne – 4 p.

Poprawne uzasadnienie, że $\cos \gamma < 0$.

Uwaga:

Jeżeli zdający zauważy, że z nierówności $a^2 + b^2 < c^2$ wynika, że trójkąt jest rozwartokątny oraz γ jest kątem rozwartym, a stąd $\cos \gamma < 0$, to otrzymuje **4 punkty**.

Rozwiązanie (II sposób):

Ponieważ $\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$, więc $\sin \gamma = \sin(180^\circ - (\alpha + \beta)) = \sin(\alpha + \beta)$. Nierówność

$\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < \sin^2 \gamma$ możemy zapisać w postaci

$$\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < \sin^2(\alpha + \beta).$$

Ze wzoru na sinus sumy kątów otrzymujemy

$$\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta)^2$$

$$\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < \sin^2 \alpha \cos^2 \beta + 2 \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \sin \beta + \cos^2 \alpha \sin^2 \beta$$

$$\sin^2 \alpha - \sin^2 \alpha \cos^2 \beta + \sin^2 \beta - \cos^2 \alpha \sin^2 \beta < 2 \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \sin \beta$$

$$\sin^2 \alpha (1 - \cos^2 \beta) + \sin^2 \beta (1 - \cos^2 \alpha) < 2 \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \sin \beta$$

$$\sin^2 \alpha \sin^2 \beta + \sin^2 \beta \sin^2 \alpha < 2 \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \sin \beta$$

$$2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta < 2 \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \sin \beta$$

$$\sin^2 \alpha \sin^2 \beta < \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \sin \beta$$

Obie strony nierówności możemy podzielić przez $\sin \alpha \sin \beta > 0$, otrzymując

$$\sin \alpha \sin \beta < \cos \alpha \cos \beta$$

$$\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta > 0$$

$$\cos(\alpha + \beta) > 0$$

Stąd wynika, że $\alpha + \beta < 90^\circ$, więc $\gamma > 90^\circ$. To oznacza, że $\cos \gamma < 0$, co kończy dowód.

Schemat oceniania II sposobu rozwiązania

Rozwiązanie, w którym postęp jest niewielki, ale konieczny na drodze do pełnego rozwiązania – 1 p.

Doprowadzenie nierówności do postaci $\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < \sin^2(\alpha + \beta)$

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 2 p.

Doprowadzenie nierówności do postaci

$$\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta < \sin^2 \alpha \cos^2 \beta + 2 \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \sin \beta + \cos^2 \alpha \sin^2 \beta$$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 3 p.

Doprowadzenie nierówności do postaci $\cos(\alpha + \beta) > 0$

Rozwiązanie pełne – 4 p.

Poprawne uzasadnienie, że $\cos \gamma < 0$.

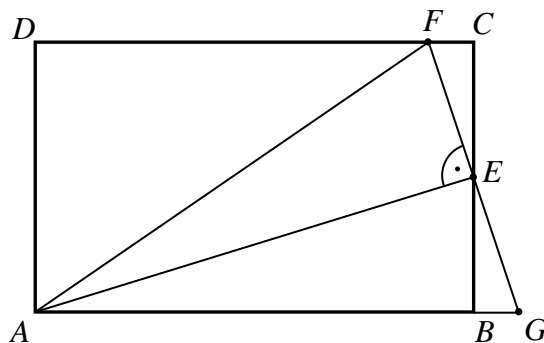
Zadanie 15. (0–4)

Punkt E jest środkiem boku BC prostokąta $ABCD$, w którym $AB > BC$. Punkt F leży na boku CD tego prostokąta oraz $\sphericalangle AEF = 90^\circ$. Udowodnij, że $\sphericalangle BAE = \sphericalangle EAF$.

V. Rozumowanie i argumentacja	G10.14. Zdający stosuje cechy przystawania trójkątów.
-------------------------------	---

Rozwiązanie (I sposób):

Przedłużamy odcinki AB i EF do przecięcia w punkcie G .



Trójkąty ECF i EBG są przystające (oba są prostokątne, kąty CEF i BEG są równe, gdyż są wierzchołkowe oraz $CE = BE$), skąd $EF = EG$. Zatem trójkąty AEF i AEG są przystające (oba są prostokątne, AE jest ich wspólną przyprostokątną i przyprostokątne EF i EG mają tę samą długość). Zatem $\sphericalangle EAF = \sphericalangle EAB$, co kończy dowód.

Schemat oceniania I sposobu rozwiązania

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.

Zapisanie, że trójkąty ECF i EBG są przystające.

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

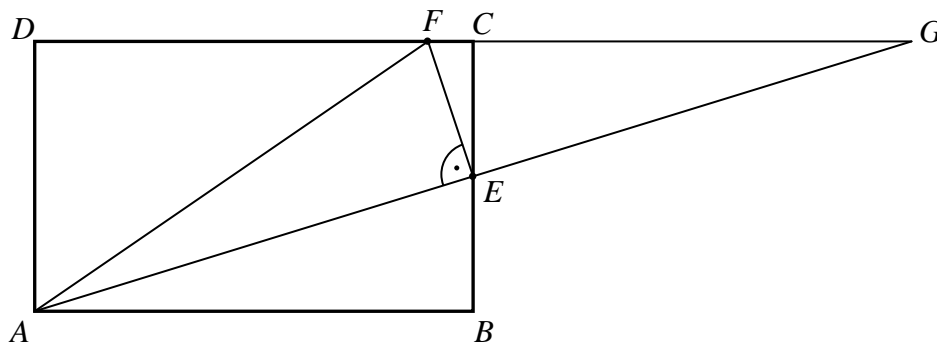
Zapisanie, że trójkąty AEF i AEG są przystające.

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Zapisanie, że $\sphericalangle EAF = \sphericalangle EAB$.

Rozwiązanie (II sposób):

Przedłużamy odcinki AE i DC do przecięcia w punkcie G .



Trójkąty ABE i GCE są przystające (oba są prostokątne, kąty CEG i BEA są równe, gdyż są wierzchołkowe oraz $CE = BE$), skąd $AE = GE$ oraz $\sphericalangle EGC = \sphericalangle EAB$. Prosta EF jest więc

symetralną odcinka AG . Zatem $AF = FG$. Trójkąt AGF jest więc równoramienny, czyli $\sphericalangle EAF = \sphericalangle EGF = \sphericalangle EAB$. To kończy dowód.

Schemat oceniania II sposobu rozwiązania

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.

Zapisanie, że trójkąty ABE i GCE są przystające.

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

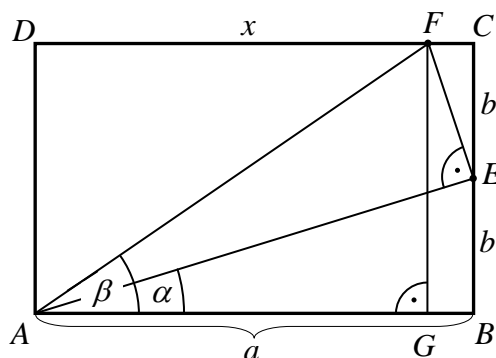
Zapisanie, że $\sphericalangle EGF = \sphericalangle EAB$.

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Zapisanie, że $\sphericalangle EAF = \sphericalangle EAB$.

Rozwiązanie (III sposób):

Przyjmijmy oznaczenia, jak na rysunku.



Trójkąt ABE jest prostokątny, więc $\sphericalangle AEB = 90^\circ - \alpha$, kąt AEF jest prosty, więc $\sphericalangle CEF = 180^\circ - (90^\circ - \alpha) - 90^\circ = \alpha$. Zatem trójkąty ABE i ECF są podobne, skąd

$$\frac{FC}{EC} = \frac{BE}{AB}, \text{ czyli } \frac{a-x}{b} = \frac{b}{a}.$$

Stąd $x = \frac{a^2 - b^2}{a}$.

Z twierdzenia Pitagorasa dla trójkątów ABE i ADF otrzymujemy

$$AE = \sqrt{a^2 + b^2} \text{ oraz } AF = \sqrt{x^2 + (2b)^2}$$

zatem

$$\begin{aligned} AF &= \sqrt{x^2 + 4b^2} = \sqrt{\left(\frac{a^2 - b^2}{a}\right)^2 + 4b^2} = \sqrt{\frac{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2}{a^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{a^4 + 2a^2b^2 + b^4}{a^2}} = \sqrt{\frac{(a^2 + b^2)^2}{a^2}} = \frac{a^2 + b^2}{a} \end{aligned}$$

stąd otrzymujemy

$$\cos \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ oraz } \cos \beta = \frac{AG}{AF} = \frac{x}{AF} = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$$

Następnie $\cos 2\alpha = 2\cos^2 \alpha - 1 = 2 \cdot \frac{a^2}{a^2 + b^2} - 1 = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2} = \cos \beta$, czyli $2\alpha = \beta$, co należało udowodnić.

Schemat oceniania III sposobu rozwiązania:

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp 1 p.

Zapisanie, że $\cos \beta = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania 2 p.

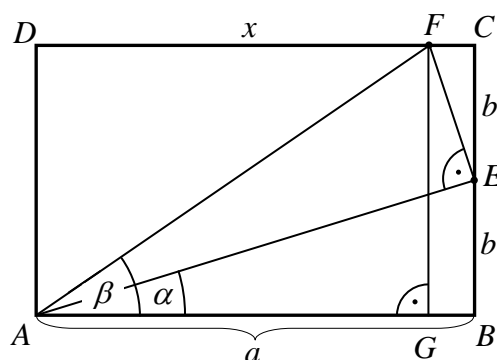
Zapisanie, że $\cos \beta = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$ oraz $\cos \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

Rozwiązanie pełne 3 p.

Zapisanie, że $\cos \beta = \cos 2\alpha$.

Rozwiązanie (IV sposób):

Przyjmijmy oznaczenia, jak na rysunku.



Trójkąt ABE jest prostokątny, więc $\sphericalangle AEB = 90^\circ - \alpha$, kąt AEF jest prosty, więc $\sphericalangle CEF = 180^\circ - (90^\circ - \alpha) - 90^\circ = \alpha$. Zatem trójkąty ABE i ECF są podobne, skąd

$$\frac{FC}{EC} = \frac{BE}{AB}, \text{ czyli } \frac{a-x}{b} = \frac{b}{a}$$

$$\text{Stąd } x = \frac{a^2 - b^2}{a}$$

Z trójkątów ABE i AGF otrzymujemy

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a} \text{ oraz } \operatorname{tg} \beta = \frac{2b}{x} = \frac{2b}{\frac{a^2 - b^2}{a}} = \frac{2ab}{a^2 - b^2}$$

$$\text{Zauważmy, że } \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{2 \cdot \frac{b}{a}}{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} = \frac{\frac{2b}{a}}{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = \frac{2ab}{a^2 - b^2} = \operatorname{tg} \beta, \text{ czyli } 2\alpha = \beta$$

To należało udowodnić.

Schemat oceniania IV sposobu rozwiązania

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp – 1 p.

Zapisanie, że $\operatorname{tg} \beta = \frac{2ab}{a^2 - b^2}$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania – 2 p.

Zapisanie, że $\operatorname{tg} \beta = \frac{2ab}{a^2 - b^2}$ oraz $\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}$

Rozwiązanie pełne – 3 p.

Zapisanie, że $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} 2\alpha$

Zadanie 16. (0–5)

Oblicz prawdopodobieństwo warunkowe, że w trzykrotnym rzucie symetryczną sześcienną kostką do gry otrzymamy co najmniej jedną „jedynekę”, pod warunkiem, że otrzymamy co najmniej jedną „szóstkę”.

III. Modelowanie matematyczne	R10.2. Zdający oblicza prawdopodobieństwo warunkowe.
-------------------------------	--

Rozwiązanie:

Zdarzeniami elementarnymi są wszystkie trzywyrazowe ciągi o wyrazach ze zbioru $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ (czyli trójelementowe wariacje z powtórzeniami tego zbioru). Jest to model klasyczny. $|\Omega| = 6^3 = 216$.

Wprowadźmy oznaczenia dla zdarzeń

A – otrzymamy co najmniej raz jedno oczko,

B – otrzymamy co najmniej raz sześć oczek.

Mamy obliczyć prawdopodobieństwo warunkowe $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{|A \cap B|}{|B|}$.

Moc zdarzenia B obliczymy, korzystając z pojęcia zdarzenia przeciwnego, które polega na tym, że nie otrzymamy ani razu sześciu oczek.

$$|B| = |\Omega| - |B'| = 6^3 - 5^3 = 216 - 125 = 91.$$

Zdarzenie $A \cap B$ jest sumą parami rozłącznych zdarzeń:

- otrzymamy raz jedno oczko, raz sześć oczek i raz liczbę oczek ze zbioru $\{2, 3, 4, 5\}$ – możliwe są $3 \cdot 2 \cdot 4 = 24$ takie wyniki,
- otrzymamy raz jedno oczko i dwa razy sześć oczek; możliwe są 3 takie wyniki,
- otrzymamy dwa razy jedno oczko i raz sześć oczek; możliwe są 3 takie wyniki.

Stąd $|A \cap B| = 30$ i $P(A|B) = \frac{30}{91}$

Uwaga:

$|A \cap B|$ można obliczyć korzystając z prawa de Morgana.

$$|A \cap B| = \left| \left((A \cap B)' \right)' \right| = |\Omega| - |A' \cup B'| = |\Omega| - (|A'| + |B'| - |A' \cap B'|) = \\ = 6^3 - (5^3 + 5^3 - 4^3) = 30$$

Schemat oceniania

Rozwiązanie, w którym postęp jest niewielki, ale konieczny na drodze do pełnego rozwiązania zadania..... 1 p.

Zapisanie wzoru na prawdopodobieństwo warunkowe przy poprawnie wprowadzonych oznaczeniach.

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp 2 p.

Obliczenie $|B| = 91$ lub $P(B)$.

Pokonanie zasadniczych trudności zadania 3 p.

Obliczenie $|A \cap B| = 30$ lub $P(A \cap B)$.

Rozwiązanie prawie pełne 4 p.

Rozwiązanie zadania do końca z błędami rachunkowymi.

Rozwiązanie pełne 5 p.

Obliczenie $P(A|B) = \frac{30}{91}$.

Zadanie 17. (0–6)

Dany jest okrąg o_0 o równaniu $(x-3)^2 + (y-1)^2 = 1$. W pierwszej „ćwiartce” układu współrzędnych istnieją dwa okręgi o_1, o_2 styczne zewnętrznie do okręgu o_0 i jednocześnie styczne do obu osi układu współrzędnych. Oblicz odległość środków okręgów o_1 oraz o_2 .

IV. Użycie i tworzenie strategii	R8.5. Zdający posługuje się równaniem okręgu $(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$ oraz opisuje koła za pomocą nierówności.
----------------------------------	---

Rozwiązanie:

Okrąg o równaniu $(x-3)^2 + (y-1)^2 = 1$ ma środek w punkcie $(3,1)$ i promień 1. Z treści zadania wynika, że okręgi o_1, o_2 leżą w pierwszej „ćwiartce” układu współrzędnych.

Równanie okręgu leżącego w I „ćwiartce” układu współrzędnych i stycznego do obu osi układu jest postaci

$$(x-r)^2 + (y-r)^2 = r^2, \text{ gdzie } r > 0.$$

Zapisujemy warunek styczności okręgów. Okręgi są styczne zewnętrznie, czyli odległość środków tych okręgów jest równa sumie ich promieni, zatem

$$\sqrt{(r-3)^2 + (r-1)^2} = r+1.$$

Przekształcając to równanie, otrzymujemy równanie $r^2 - 10r + 9 = 0$, które ma dwa rozwiązania $r_1 = 1$, $r_2 = 9$.

Środki S_1, S_2 okręgów α_1, α_2 mają współrzędne $S_1 = (1, 1)$, $S_2 = (9, 9)$ i ich odległość jest równa $8\sqrt{2}$.

Schemat oceniania:

Rozwiązanie, w którym postęp jest niewielki, ale konieczny na drodze do pełnego rozwiązania zadania 1 p.

Zapisanie, że okrąg o równaniu $(x-3)^2 + (y-1)^2 = 1$ ma środek w punkcie $(3, 1)$ i promień 1.

Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp 2 p.

Zapisanie postaci równania okręgu leżącego w I „ćwiartce” układu współrzędnych i stycznego do obu osi układu jest postaci $(x-r)^2 + (y-r)^2 = r^2$, gdzie $r > 0$

Pokonanie zasadniczych trudności zadania 3 p.

Zapisanie równania wynikającego z warunku styczności okręgów

$$\sqrt{(r-3)^2 + (r-1)^2} = r+1$$

Rozwiązanie prawie pełne 5 p.

Rozwiązanie pełne 6 p.

Obliczenie odległości środków okręgów: $8\sqrt{2}$.

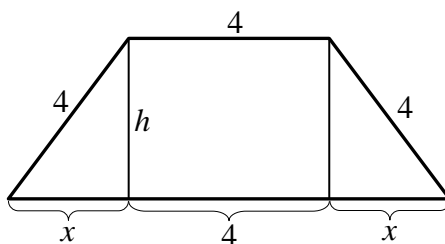
Zadanie 18. (0–7)

Okno na poddaszu ma mieć kształt trapezu równoramiennego, którego krótsza podstawa i ramiona mają długość po 4 dm. Oblicz, jaką długość powinna mieć dłuższa podstawa tego trapezu, aby do pomieszczenia wpadało przez to okno jak najwięcej światła, czyli aby pole powierzchni okna było największe. Oblicz to pole.

V. Rozumowanie i argumentacja	R11.6. Zdający stosuje pochodne do rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych.
-------------------------------	---

Rozwiązanie (I sposób):

Niech x oznacza długość rzutu prostokątnego ramienia trapezu na prostą zawierającą dłuższą podstawę trapezu, a h – wysokość trapezu.



Z geometrycznych warunków zadania wynika, że $0 < x < 4$.

Przy tak przyjętych oznaczeniach pole trapezu jest określone wzorem:

$$P = \frac{2 \cdot 4 + 2x}{2} \cdot h = (4 + x) \cdot h \quad \text{dla } 0 < x < 4$$

Z twierdzenia Pitagorasa otrzymujemy

$$x^2 + h^2 = 4^2,$$

stąd $h = \sqrt{16 - x^2}$.

Pole trapezu, w zależności od zmiennej x , jest określone wzorem:

$$\begin{aligned} P(x) &= (4+x)\sqrt{16-x^2} = \sqrt{(4+x)^2(16-x^2)} = \\ &= \sqrt{(4+x)^3(4-x)} = \sqrt{-x^4 - 8x^3 + 128x + 256} \end{aligned}$$

gdzie $0 < x < 4$.

Należy obliczyć, dla jakiego x spełniającego nierówność $0 < x < 4$, funkcja P określona wzorem $P(x) = \sqrt{-x^4 - 8x^3 + 128x + 256}$ przyjmuje wartość największą.

Funkcja P osiąga wartość największą, gdy funkcja $f(x) = -x^4 - 8x^3 + 128x + 256$ osiąga w przedziale $(0, 4)$ wartość największą. Wystarczy więc zbadać funkcję f . Wyznamy pochodną tej funkcji

$$f'(x) = -4x^3 - 24x^2 + 128$$

Następnie obliczamy miejsca zerowe pochodnej: $x_1 = x_2 = -4$, $x_3 = 2$

Ponadto:

- $f'(x) > 0$ w przedziale $(0, 2)$,
- $f'(x) < 0$ w przedziale $(2, 4)$

Zatem funkcja f jest rosnąca w przedziale $(0, 2)$ i malejąca w przedziale $(2, 4)$.

Ponieważ $P(x) = \sqrt{f(x)}$ dla $x \in (0, 4)$, więc funkcja P jest rosnąca w przedziale $(0, 2)$, a malejąca w przedziale $(2, 4)$. Stąd wynika, że w punkcie $x = 2$ funkcja P przyjmuje wartość największą.

Gdy $x = 2$, to $2x + 4 = 8$, czyli dłuższa podstawa trapezu ma długość 8, a pole tego trapezu jest wówczas równe

$$P(2) = (4+2) \cdot \sqrt{16-2^2} = 6 \cdot 2\sqrt{3} = 12\sqrt{3}.$$

Odpowiedź: Największe pole, równe $12\sqrt{3}$ dm², ma szyba w kształcie trapezu, którego dłuższa podstawa ma długość 8 dm.

Schemat oceniania I sposobu rozwiązania:

Rozwiązanie zadania składa się z trzech etapów.

Pierwszy etap składa się z trzech części:

- a) wybór zmiennej x (długość rzutu prostokątnego ramienia trapezu na prostą zawierającą dłuższą podstawę trapezu) i zapisanie za pomocą tej zmiennej wysokości trapezu: $h = \sqrt{16 - x^2}$
- b) zapisanie pola trapezu w zależności od zmiennej x : $P(x) = (4+x)\sqrt{16-x^2}$
- c) określenie dziedziny funkcji P : $(0, 4)$

Zdający może otrzymać maksymalnie po **1 punkcie** za realizację każdej z części tego etapu, przy czym dziedzina funkcji nie może wynikać jedynie z wyznaczonego wzoru funkcji, ale z geometrycznych warunków zadania.

Drugi etap składa się z trzech części:

a) wyznaczenie pochodnej funkcji wielomianowej $f(x) = -x^4 - 8x^3 + 128x + 256$:

$$f'(x) = -4x^3 - 24x^2 + 128,$$

b) obliczenie miejsc zerowych pochodnej: $x_1 = x_2 = -4$, $x_3 = 2$,

c) uzasadnienie (np. przez badanie monotoniczności funkcji), że funkcja P osiąga wartość największą w punkcie $x = 2$.

Za poprawne rozwiązanie każdej z części tego etapu zdający otrzymuje 1 punkt, o ile poprzednia część etapu została zrealizowana bezbłędnie.

Trzeci etap.

Obliczenie pola trapezu dla $x = 2$: $P(2) = 12\sqrt{3}$.

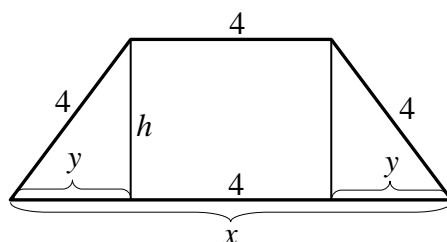
Za poprawne rozwiązanie tego etapu zdający otrzymuje 1 punkt.

Uwaga:

Punkt za trzeci etap przyznajemy tylko w przypadku, gdy zdający wyznaczył poprawnie $x = 2$.

Rozwiązanie (II sposób):

Niech x oznacza długość dłuższej podstawy trapezu, a h – wysokość trapezu.



Długość y rzutu prostokątnego ramienia trapezu na prostą zawierającą dłuższą podstawę trapezu jest wówczas równa $y = \frac{x-4}{2}$.

Z geometrycznych warunków zadania wynika, że $4 < x < 12$.

Przy tak przyjętych oznaczeniach pole trapezu jest określone wzorem:

$$P = \frac{x+4}{2} \cdot h \quad \text{dla } 4 < x < 12$$

Z twierdzenia Pitagorasa otrzymujemy

$$y^2 + h^2 = 4^2,$$

$$\left(\frac{x-4}{2}\right)^2 + h^2 = 4^2.$$

$$\text{stąd } h = \sqrt{16 - \left(\frac{x-4}{2}\right)^2} = \sqrt{16 - \frac{x^2 - 8x + 16}{4}} = \sqrt{\frac{64 - x^2 + 8x - 16}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{-x^2 + 8x + 48}$$

Pole trapezu, w zależności od zmiennej x , jest określone wzorem:

$$P(x) = \frac{x+4}{2} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{-x^2 + 8x + 48} = \frac{1}{4} \sqrt{(x+4)^2 (-x^2 + 8x + 48)} =$$

$$= \frac{1}{4} \sqrt{(x^2 + 8x + 16)(-x^2 + 8x + 48)} = \frac{1}{4} \sqrt{-x^4 + 96x^2 + 512x + 768}$$

gdzie $4 < x < 12$.

Należy obliczyć, dla jakiego x spełniającego nierówność $4 < x < 12$, funkcja P określona wzorem $P(x) = \frac{1}{4} \sqrt{-x^4 + 96x^2 + 512x + 768}$ przyjmuje wartość największą.

Funkcja P osiąga wartość największą, gdy funkcja $f(x) = -x^4 + 96x^2 + 512x + 768$ osiąga w przedziale $(4, 12)$ wartość największą. Wystarczy więc zbadać funkcję f . Wyznamy pochodną tej funkcji

$$f'(x) = -4x^3 + 192x + 512$$

Następnie obliczamy miejsca zerowe pochodnej: $x_1 = x_2 = -4$, $x_3 = 8$.

Ponadto:

- $f'(x) > 0$ w przedziale $(4, 8)$
- $f'(x) < 0$ w przedziale $(8, 12)$

Zatem funkcja f jest rosnąca w przedziale $(4, 8)$ i malejąca w przedziale $(8, 12)$.

Ponieważ $P(x) = \frac{1}{4} \sqrt{f(x)}$ dla $x \in (4, 12)$, więc funkcja P jest rosnąca w przedziale $(4, 8)$, a malejąca w przedziale $(8, 12)$. Stąd wynika, że w punkcie $x = 8$ funkcja P przyjmuje wartość największą.

Dla $x = 8$ pole tego trapezu jest równe

$$P(8) = \frac{4+8}{2} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{-8^2 + 8 \cdot 8 + 48} = 3\sqrt{48} = 12\sqrt{3}$$

Odpowiedź.: Największe pole, równe $12\sqrt{3} \text{ dm}^2$, ma szyba w kształcie trapezu, którego dłuższa podstawa ma długość 8 dm.

Schemat oceniania II sposobu rozwiązania:

Rozwiązanie zadania składa się z trzech etapów.

Pierwszy etap składa się z trzech części:

- a) wybór zmiennej x (długość dłuższej podstawy trapezu) i zapisanie za pomocą tej zmiennej wysokości trapezu: $h = \sqrt{16 - \left(\frac{x-4}{2}\right)^2}$
- b) zapisanie pola trapezu w zależności od zmiennej x : $P(x) = \frac{x+4}{4} \cdot \sqrt{-x^2 + 8x + 48}$
- c) określenie dziedziny funkcji P : $(4, 12)$.

Zdający może otrzymać maksymalnie po 1 punkcie za realizację każdej z części tego etapu, przy czym dziedziną funkcji nie może wynikać jedynie z wyznaczonego wzoru funkcji, ale z geometrycznych warunków zadania.

Drugi etap składa się z trzech części:

- a) wyznaczenie pochodnej funkcji wielomianowej $f(x) = -x^4 + 96x^2 + 512x + 768$:
 $f'(x) = -4x^3 + 192x + 512$,
- b) obliczenie miejsc zerowych pochodnej: $x_1 = x_2 = -4$, $x_3 = 8$,
- c) uzasadnienie (np. przez badanie monotoniczności funkcji), że funkcja P osiąga wartość największą w punkcie $x = 8$.

Za poprawne rozwiązanie każdej z części tego etapu zdający otrzymuje 1 punkt, o ile poprzednia część etapu została zrealizowana bezbłędnie.

Trzeci etap.

Obliczenie pola trapezu dla $x = 8$: $P(8) = 12\sqrt{3}$.

Za poprawne rozwiązanie tego etapu zdający otrzymuje 1 punkt.

Uwaga:

Punkt za trzeci etap przyznajemy tylko w przypadku, gdy zdający wyznaczył poprawnie $x = 8$.