Klub 44 M

Termin nadsyłania rozwiązań: 31 VII 2021

Zadania z matematyki nr 821, 822

Redaguje Marcin E. KUCZMA

821. Niech B będzie ustaloną liczbą naturalną; $B \geqslant 3$. Każdą liczbę naturalną można zapisać w układzie pozycyjnym przy podstawie B (cyframi zapisu są elementy zbioru $\{0, \ldots, B-1\}$; cyfra wiodąca różna od zera). Rozważamy liczby naturalne N, których cyfry zapisu tworzą ciąg ściśle rosnący (największa cyfra w rzędzie jedności). Obliczyć maksymalną wartość sumy cyfr iloczynu $(B-1)N$, gdy N przebiega zbiór wszystkich liczb rozważanej postaci.

822. Dany jest trójkąt ABC. Dla dowolnego punktu D na boku BC (różnego od wierzchołków) zakreślamy okrąg ω_D, przechodzący przez D oraz środki okręgów wpisanych w trójkąty ABD i ACD. Udowodnić, że istnieje punkt wspólny wszystkich okręgów ω_D.

Zadanie 822 zaproponował pan Mikołaj Pater.

Czołówka ligi zadaniowej **Klub 44 M** po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań 807 ($WT = 1{,}85$) i 808 ($WT = 1{,}74$) z numeru 10/2020

Jakub Węgrecki	Kraków	41,76
Marcin Małogrosz	Warszawa	41,65
Paweł Burdzy	Warszawa	41,58
Jerzy Cisło	Wrocław	37,04
Marcin Kasperski	Warszawa	32,68
Kacper Morawski	Warszawa	30,53
Tomasz Czajka	Santa Clara	29,88

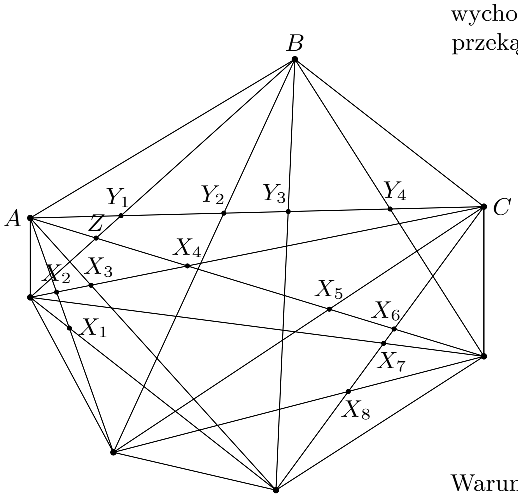
Rozwiązania zadań z numeru 1/2021

Przypominamy treść zadań:

813. Dany jest wielokąt wypukły W (kąty $< 180°$) oraz liczba naturalna m, mniejsza od liczby jego przekątnych. Niech S będzie zbiorem wszystkich punktów przecięć przekątnych (leżących wewnątrz W); zakładamy, że żaden z tych punktów nie należy do trzech przekątnych. Udowodnić, że w zbiorze S można wyróżnić m-elementowy podzbiór M, nie zawierający żadnego cyklu. Przez *cykl* rozumiemy dowolny cykliczny układ punktów (dowolnej długości $\geqslant 3$), w którym każde sąsiednie dwa punkty leżą na jednej przekątnej, ale żadne kolejne trzy nie leżą na jednej przekątnej.

814. W pewnym trójkącie jeden z kątów ma miarę α. Dowieść, że
$$2 \sin \frac{\alpha}{2}\left(1 - \sin \frac{\alpha}{2}\right) \geqslant \frac{r}{R},$$
gdzie, jak zwykle, r i R to promienie okręgów wpisanego i opisanego.

813. Dowód przez indukcję względem n, liczby wierzchołków wielokąta. Dla $n \leqslant 5$ twierdzenie jest oczywiste. Ustalmy $n > 5$ i przyjmijmy słuszność twierdzenia dla wielokątów o $n-1$ wierzchołkach. Weźmy dowolny n-kąt wypukły W_n, w którym żadne trzy przekątne nie mają punktu wspólnego. Wybierzmy dowolne trzy kolejne wierzchołki A, B, C i odetnijmy trójkąt ABC; zostanie wielokąt wypukły W_{n-1}. Jego przekątne – to uprzednie przekątne wielokąta W_n, z wyjątkiem AC oraz tych wychodzących z punktu B; liczba przekątnych spadła o $n-2$. Zbiory punktów przecięć przekątnych (w tych dwóch wielokątach) oznaczmy odpowiednio S_n i S_{n-1}.



Niech m będzie liczbą mniejszą od liczby przekątnych wielokąta W_n; liczba $m-n+2$ jest mniejsza od liczby przekątnych wielokąta W_{n-1}. W myśl założenia indukcyjnego, w zbiorze S_{n-1} istnieje $(m-n+2)$-elementowy podzbiór $\{X_1, \ldots, X_{m-n+2}\}$, nie zawierający cyklu. Chcemy znaleźć w zbiorze S_n podzbiór m-elementowy M o analogicznej własności. Uzyskamy go, dołączając do punktów X_i punkty $Y_1, \ldots, Y_{n-3}$, w których przekątne wielokąta W_n, wychodzące z B, przecinają odcinek AC, oraz jeszcze jeden punkt Z zbioru S_n, wybrany dowolnie na jednej z tych przekątnych; np. na BY_1 (rysunek ilustruje konfigurację dla $n = 7$, $m = 13$).

Wśród punktów X_i nie było cyklu. Aby cykl się pojawił w zbiorze M, musiałby zawierać co najmniej jeden z punktów Y_j. Na prostych BY_j nie leży żaden punkt X_i (nigdzie nie spotykają się trzy przekątne). Warunek definiujący *cykl* wymaga, by tworząca go łamana stale zakręcała. Jeśli jednym z jej punktów jest któryś Y_j, to inny Y_k musi być innym jej punktem; ale z punktów $Y_2, \ldots, Y_{n-3}$ nie ma już odejścia ani do Z, ani do punktów X_i. Nie istnieje więc cykl w zbiorze M. To kończy krok indukcyjny i dowodzi twierdzenia.

814. Niech A będzie wierzchołkiem kąta o mierze α (w rozważanym trójkącie), zaś O oraz I – środkami okręgów opisanego i wpisanego. Jeśli $AI = l$, to $\sin(\alpha/2) = r/l$. Należy zatem udowodnić nierówność
$$\frac{r}{l}\left(1 - \frac{r}{l}\right) \geqslant \frac{r}{2R},$$
równoważną (przez proste przekształcenie) następującej:
$$(l-R)^2 \leqslant R^2 - 2Rr.$$
Wzór Eulera $R^2 - 2Rr = OI^2$ sprowadza więc zadanie po prostu do nierówności trójkąta $|l - R| \leqslant OI$ dla punktów A, O, I.

W numerze 3/2021 rysunek ilustrujący rozwiązanie zadania 809 nie był dobry; w wydaniu elektronicznym tego numeru został już poprawiony. Przepraszamy Czytelników za niedopatrzenie.

Klub 44 F

Termin nadsyłania rozwiązań: 31 VII 2021

Zadania z fizyki nr 718, 719

Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

718. Samochód o masie m z napędem na przednie i tylne koła rusza z miejsca. Silnik samochodu pracuje ze stałą mocą P. Współczynnik tarcia kinetycznego kół o drogę jest równy μ. Znaleźć zależność prędkości samochodu od czasu. Opór powietrza i opory w mechanizmach samochodu zaniedbać.

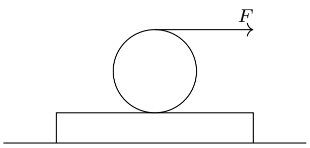
719. Z naczynia o objętości $V = 10^{-3}\,\mathrm{m}^3$ odpompowano powietrze, wprowadzono do niego niewielką ilość wody i zmierzono ciśnienie dla trzech różnych wartości temperatury: przy $t_1 = 60°\mathrm{C}$, $p_1 = 1{,}92 \cdot 10^4\,\mathrm{Pa}$, przy $t_2 = 90°\mathrm{C}$, $p_2 = 4{,}20 \cdot 10^4\,\mathrm{Pa}$, przy $t_3 = 120°\mathrm{C}$, $p_3 = 4{,}55 \cdot 10^4\,\mathrm{Pa}$. Jakie byłyby ciśnienia przy podanych temperaturach, gdyby masę wprowadzonej wody zmniejszono o 20%?

Rozwiązania zadań z numeru 1/2021

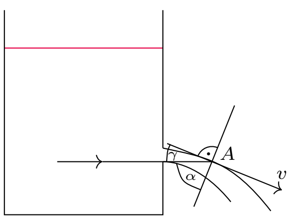
Przypominamy treść zadań:

710. W bocznej ściance prostopadłościennego naczynia wypełnionego cieczą o współczynniku załamania n znajduje się niewielki otwór o promieniu r. Z wnętrza naczynia przez środek otworu skierowano poziomą wiązkę światła. Do jakiego poziomu nad otworem powinna wyciec ciecz, aby promień światła opuścił wyciekającą strugę, ani razu nie ulegając całkowitemu wewnętrznemu odbiciu? Zaniedbać zmiany przekroju poprzecznego strumienia. Współczynnik załamania cieczy jest dostatecznie duży.

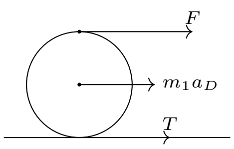
711. Na dwóch równoległych jednakowych deskach o łącznej masie m leży pełny walec o masie m_1 (widok z boku przedstawia rys. 1). Na walec nawinięto nieważki sznurek, którego koniec ciągniemy poziomą siłą F. Oś walca jest prostopadła do desek, a jego środek i siła F znajdują się w płaszczyźnie pionowej przechodzącej pośrodku między deskami. Walec toczy się po deskach bez poślizgu, nie ma tarcia między deskami a podłożem. Znaleźć przyspieszenie desek. Zakładamy, że oś walca nie zmienia swego kierunku podczas ruchu.



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

710. Największy kąt γ z powierzchnią wyciekającego strumienia tworzy promień światła przechodzący przez najniższy punkt otworu, który pada na granicę rozdziału powietrza i cieczy w punkcie A (rys. 2). Kąt graniczny $\alpha = \pi/2 - \gamma$, dla którego nie nastąpi w tym miejscu całkowite wewnętrzne odbicie, spełnia równanie $\sin\alpha = 1/n$. Zatem promień opuści wyciekającą strugę, nie ulegając ani razu całkowitemu wewnętrznemu odbiciu, gdy $\cos\gamma = 1/n$.

Prędkość cząsteczki cieczy $\boldsymbol{v}$ w punkcie A ma składową poziomą v_1, równą prędkości cieczy opuszczającej naczynie tuż przy górnej krawędzi otworu i składową pionową v_2, uzyskaną przy swobodnym spadku z wysokości $2r$. Z zasady zachowania energii wynika, że $v_2 = \sqrt{4gr}$. Wskutek wypływu masy Δm cieczy z naczynia energia potencjalna cieczy zmniejsza się o Δmgh, gdzie h jest wysokością poziomu cieczy nad otworem (możemy założyć, że masa Δm cieczy przemieściła się z powierzchni naczynia do otworu). Zatem prędkość wypływu cieczy z naczynia v_1 wynosi $\sqrt{2gh}$.

Znając v_1 i v_2, możemy wyznaczyć kąt γ utworzony przez styczną do powierzchni cieczy w punkcie A z poziomem

$$\operatorname{tg}\gamma = v_2/v_1 = \sqrt{2r/h}, \qquad \cos\gamma = 1/\sqrt{1+tg^2\gamma} = 1/n.$$

Szukana wysokość słupa cieczy nad otworem dana jest wzorem $h = 2r/(n^2-1)$.

711. Siły działające na walec w kierunku poziomym w układzie związanym z deskami przedstawia rysunek 3, gdzie a_D jest przyspieszeniem desek względem podłoża, a T wypadkową siłą tarcia działającą na deski. Walec toczy się bez poślizgu, możemy więc napisać równanie ruchu obrotowego względem chwilowej osi przechodzącej przez punkty styczności walca z deskami

$$3m_1R^2a/(2R) = 2RF + m_1a_DR,$$

gdzie a jest przyspieszeniem środka walca, oraz równanie ruchu obrotowego względem środka walca:

$$m_1R^2a/(2R) = (F-T)\,R.$$

Równanie ruchu desek ma postać

$$ma_D = T.$$

Rozwiązując ten układ równań, otrzymujemy szukane wyrażenie na przyspieszenie desek

$$a_D = F/(3m + m_1).$$

Skrót regulaminu

Każdy może nadsyłać rozwiązania zadań z numeru n w terminie do końca miesiąca $n+2$. Szkice rozwiązań zamieszczamy w numerze $n+4$. Można nadsyłać rozwiązania czterech, trzech, dwóch lub jednego zadania (każde na oddzielnej kartce), można to robić co miesiąc lub z dowolnymi przerwami. Rozwiązania zadań z matematyki i z fizyki należy przesyłać w oddzielnych kopertach, umieszczając na kopercie dopisek: **Klub 44 M** lub **Klub 44 F**. Można je przesyłać również pocztą elektroniczną pod adresem `delta@mimuw.edu.pl` (preferujemy pliki pdf). Oceniamy zadania w skali od 0 do 1 z dokładnością do 0,1. Ocenę mnożymy przez współczynnik trudności danego zadania: $WT = 4 - 3S/N$, gdzie S oznacza sumę ocen za rozwiązania tego zadania, a N – liczbę osób, które nadesłały rozwiązanie choćby jednego zadania z danego numeru w danej konkurencji (**M** lub **F**) – i tyle punktów otrzymuje nadsyłający. Po zgromadzeniu **44** punktów, w dowolnym czasie i w którejkolwiek z dwóch konkurencji (**M** lub **F**), zostaje on członkiem **Klubu 44**, a nadwyżka punktów jest zaliczana do ponownego udziału. Trzykrotne członkostwo – to tytuł **Weterana.** Szczegółowy regulamin został wydrukowany w numerze 2/2002 oraz znajduje się na stronie `deltami.edu.pl`.